

**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**РАСПОРЯЖЕНИЕ
от 16 апреля 2015 г. N 15-р**

Об утверждении методических рекомендаций по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации

В целях реализации [пункта 4](#) плана мероприятий по обеспечению к 2020 году сокращения объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 процентов объема указанных выбросов в 1990 году, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 02.04.2014 N 504-р:

1. Утвердить прилагаемые методические [рекомендации](#) по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации (далее - методические рекомендации).

2. Департаменту управления делами и кадров Минприроды России разместить на официальном сайте Минприроды России методические [рекомендации](#).

3. Департаменту государственной политики и регулирования в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды Минприроды России довести в письменной форме до сведения субъектов Российской Федерации информацию об утверждении и размещении на официальном сайте Минприроды России методических [рекомендаций](#).

Министр
С.Е.ДОНСКОЙ

Утверждены
распоряжением Минприроды России
от 16 апреля 2015 г. N 15-р

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ДОБРОВОЛЬНОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ОБЪЕМА ВЫБРОСОВ
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ВВЕДЕНИЕ

1. Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации (далее - методические рекомендации) разработаны в целях реализации [пункта 4](#) плана мероприятий по обеспечению к 2020 году сокращения объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 процентов объема указанных выбросов в 1990 году, утвержденного распоряжением Правительства

Российской Федерации от 02.04.2014 N 504-р <1>.

<1> Собрание законодательства Российской Федерации, 2014, N 15, ст. 1778.

2. Настоящие методические рекомендации предназначены для использования уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Рекомендуется проводить инвентаризацию объема выбросов парниковых газов (далее - инвентаризация) один раз в год.

3. Настоящие методические рекомендации включают оценки выбросов парниковых газов <2> только для тех категорий источников выбросов (видов деятельности), которые будут вносить наибольший вклад в совокупный выброс для большинства субъектов Российской Федерации.

<2> Перечень парниковых газов и их потенциалы глобального потепления приведены в [таблице 1 Приложения 2](#). Инвентаризации подлежат только антропогенные (связанные с человеческой деятельностью) выбросы парниковых газов.

4. Настоящие методические рекомендации включают оценки выбросов парниковых газов для секторов "Энергетика" ([раздел I](#)), "Промышленные процессы и использование продукции" (ППИП) ([раздел II](#)), "Сельское хозяйство" ([раздел III](#)) и "Отходы" ([раздел IV](#)).

5. Выбросы парниковых газов выражаются в единицах массы, как правило, в гигаграммах (Гг = 1000 тонн). Совокупные выбросы различных парниковых газов, например, совокупный региональный выброс, выражаются в Гг CO₂-эквивалента. Для пересчета массовых выбросов индивидуальных газов в CO₂-эквивалент используют специальные пересчетные коэффициенты, отражающие сравнительную интенсивность парникового эффекта, создаваемого этими газами в атмосфере Земли, - потенциалы глобального потепления.

I. Энергетика

К сектору "Энергетика" относятся выбросы парниковых газов от сжигания углеродосодержащего топлива в энергетических целях, т.е. для получения энергии - тепловой, электрической или механической, вне зависимости от того, в каких отраслях экономики и на каких предприятиях это сжигание происходит. К данному сектору также относятся выбросы парниковых газов, происходящие в результате технологических выбросов и утечек в атмосферу, включая испарение топлива (фугитивные выбросы), а также выбросы от сжигания топлива в тех случаях, когда энергия, выделяющаяся при сжигании, не используется. Такие выбросы сопровождают процессы добычи, хранения, первичной переработки, транспортировки и потребления нефти, угля и газа. Пошаговая процедура расчета объема выбросов парниковых газов содержится в рабочих формулярах к Справочному [руководству](#) по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации к методическим рекомендациям, приведенному в приложении 1 к методическим рекомендациям (далее - Справочное руководство). В целях недопущения при проведении инвентаризации двойного учета или недоучета выбросов парниковых газов целесообразно согласовать инвентаризации в секторах "Энергетика", "Промышленные процессы и использование продукции" и "Отходы".

I.1 Стационарное сжигание топлива

При проведении инвентаризации выбросы парниковых газов от сжигания различных видов топлива стационарными источниками рассчитываются по видам экономической деятельности (таблица 1.1 <3>). Выбросы от производства тепла и энергии для собственных нужд следует относить к той категории источников выбросов, к которой относится основной вид продукции, производимой на предприятии. Учитывая сложность производственных процессов, не всегда можно провести четкое разделение между сжиганием топлива в целях производства тепла и энергии для собственных нужд и потреблением топлива для основной производственной деятельности. Поэтому наибольшее значение имеет полнота учета сжигаемого топлива и, соответственно, полнота расчета выбросов, а сами выбросы могут быть отражены в наиболее подходящих для этого категориях источников.

<3> Все таблицы приведены в [приложении 2](#) к методическим рекомендациям.

Для определения объема выбросов парниковых газов рекомендуется использовать методологию, основанную на характеристиках сжигаемого топлива. Выбросы парниковых газов из всех источников горения могут быть рассчитаны на основе данных о количествах и видах сожженного топлива и соответствующих коэффициентов выбросов. Расчет выбросов парниковых газов выполняется по формуле 1:

$$E_i = A_i \times EF_i, \text{ (формула 1)}$$

где:

E_i = выброс в атмосферу i -ого газа;

A_i = данные о деятельности (количественная характеристика деятельности, приводящей к выбросу за определенный период, обычно за год);

EF_i = коэффициент выброса (удельный выброс i -ого парникового газа на единицу деятельности);

R_i = количество газа, уловленного (собранного) с целью дальнейшего использования, уничтожения или захоронения.

Совокупный объем выбросов парниковых газов от сектора в целом определяется суммированием величин выбросов парниковых газов по категориям источников, видам газов и типам топлива. Для ключевых категорий источников и, если возможно, для других категорий рекомендуется использование более точных методов расчета, описание которых дано в Справочном [руководстве](#) и Руководящих принципах МГЭИК <4>. Разделение на группы - жидкие, твердые и газообразные производится не на основе агрегатного состояния вторичных видов топлива, а исходя из того, из какого первичного топлива они произведены. Торф рассматривается как ископаемое топливо, и выбросы от его сжигания включаются в совокупный выброс региона.

<4> Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 г. Подготовлены Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. С. Игглестона, Л. Буэндиа, К. Мива, Т. Нгара и К. Танабе. Т. 1 - 5. - ИГЕС, Япония, 2006

(<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html>).

Для обеспечения прозрачности и сопоставимости расчетов и их результатов, необходимо использовать единые подходы к классификации и учету топливно-энергетических ресурсов, единиц измерения, источников данных о деятельности, а также обеспечить согласованность временного ряда <5>.

<5> Подробные разъяснения и определения видов топлива приведены в Справочном [руководстве](#), Руководящих принципах МГЭИК и справочнике МЭА (Международное энергетическое агентство. Организация экономического сотрудничества и развития. Руководство по энергетической статистике. - Париж, ОЭСР/МЭА, 2007).

Список видов топлива, учитываемых при определении объема выбросов парниковых газов, приведен в [таблице 1.2](#).

Данные о количестве и видах сожженного топлива могут быть получены в территориальных органах Росстата, в Минэнерго России, от предприятий и компаний, поставщиков (продавцов) топлива, а также из статистических данных о продаже топлива. При работе с данными о потреблении топлива рекомендуется использовать, где это возможно, данные о количестве фактически сожженного топлива, а не топлива, поставленного потребителю, проводить проверку полноты и сопоставимости данных, полученных из разных источников. Более подробные рекомендации по источникам данных о деятельности приведены в Справочном [руководстве](#).

Различные виды топлива используются не только в качестве энергетического сырья, но и в качестве сырья, смазочных материалов, растворителей и др. Выбросы парниковых газов, происходящие при неэнергетическом использовании ископаемых углеводородов, относятся к сектору "Промышленные процессы и использование продукции". Использование статистических данных по сжиганию различных видов топлива, а не данных по их поставкам, позволяет избежать двойного учета при оценке выбросов в секторах "Энергетика", "Промышленные процессы и использование продукции" или "Отходы".

Выбросы парниковых газов от использования кокса в черной металлургии учитываются в секторе "Промышленные процессы и использование продукции" (черная металлургия).

В российской статистике потребление кокса в черной металлургии, обычно, относится к топливному использованию, поэтому, для того, чтобы избежать двойного учета, рекомендуется исключить данные о неэнергетическом использовании кокса из сектора "Энергетика" и проводить перекрестную проверку данных с сектором "Промышленные процессы и использование продукции", избегая двойного учета.

Выбросы диоксида углерода (CO₂), относящиеся к использованию доменного газа, учитываются в секторе "Промышленные процессы и использование продукции" (черная металлургия), поэтому, для того, чтобы избежать двойного учета, рекомендуется исключить доменный газ из расчетов в категории "Сжигание топлива". Однако, выбросы метана (CH₄) и закиси азота (N₂O) от сжигания доменного газа должны быть включены в сектор "Энергетика".

При сжигании отходов в установках, где тепло, выделяемое при сгорании, используется в качестве энергии, отходы рассматриваются в качестве топлива и выбросы парниковых газов должны быть отнесены к энергетическому сектору. В общий (совокупный) региональный выброс

включаются только выбросы CO₂, образующиеся при сжигании отходов ископаемого топлива, а CO₂, образующийся из углерода биогенного происхождения, в совокупный региональный выброс не включается, но фиксируются отдельно, как справочные данные. Методология оценки выбросов при сжигании отходов приведена в разделе "Отходы", а более подробное описание мер предотвращения двойного учета выбросов - в Справочном [руководстве](#) и Руководящих принципах МГЭИК <6>.

<6> Разработчик инвентаризации должен позаботиться о предотвращении двойного учета и пропусков при комбинировании данных из разных источников.

В энергетической статистике не всегда можно разделить топливо, сжигаемое мобильными и стационарными источниками. В некоторых категориях источников (например, сжигание в сельском хозяйстве) могут возникнуть затруднения при отделении топлива, используемого в стационарном оборудовании, от топлива, используемого в мобильной технике. Учитывая различные коэффициенты выбросов для иных, чем CO₂ газов по этим двум источникам, эффективная практика <7> заключается в получении доли энергии каждого из этих источников с использованием косвенных данных (например, число насосов, средний расход, потребности для перекачки воды и т.д.). В случаях, когда провести границу между мобильным и стационарным сжиганием не представляется возможным, выбросы могут быть отнесены к той категории источников, которая дает большую часть выбросов.

<7> Под эффективной практикой понимается комплекс организационно-технических и методических мероприятий по подготовке высококачественной инвентаризации парниковых газов, в которой их выбросы не являются ни переоцененными (завышенными), ни недооцененными (заниженными), насколько можно судить по использованным методам и подходам, и в которой неопределенности оценок уменьшены настолько, насколько это практически возможно.

В секторе "Энергетика" учитывается только та часть биомассы, которая сжигается в целях получения энергии. При этом выбросы CO₂ не включаются в совокупный региональный выброс, а фиксируются как справочные данные. Выбросы CH₄ и N₂O от сжигания биомассы оцениваются и включаются в суммарные выбросы по сектору "Энергетика" и в совокупный региональный выброс.

Единицей энергии в системе СИ является джоуль (Дж). В российской статистике исходные данные о потреблении топливных ресурсов представляются в физических единицах (тыс. т, млн. м³ и др.) или в унифицированных энергетических единицах - тоннах условного топлива (т.у.т.). Для преобразования этих данных в энергетические единицы используются значения низшей теплотворной способности топлива (калорийные эквиваленты), взятые с учетом свойств отечественных видов топлива. Справочная информация о калорийных эквивалентах топлив приведена в [столбце 3 таблицы 1.2](#).

Если исходные данные о потреблении топлива приведены в тысячах тонн условного топлива, то для перевода в ТДж используется коэффициент перевода, равный 29,3076 ТДж/тыс. тонны условного топлива (т.у.т.). Перевод физических единиц в энергетические производится по формуле 2:

$$AD_i (\text{ТДж}) = AD_i (\text{ед.}) \times C_i (\text{ТДж/ед.}), (2)$$

где:

AD_i (ТДж) - потребление топлива в ТДж;

AD_i (ед.) - потребление топлива в физических единицах;

C_i (ТДж/ед.) - коэффициент пересчета, приведенный в [столбце 4 таблицы 1.2](#).

Поскольку объемы выбросов других парниковых газов, кроме CO_2 , существенно зависят от применяемых технологий сжигания топлива, то для получения точных оценок выбросов требуются достаточно подробные данные по технологиям сжигания. Эффективная практика заключается в сборе данных в единицах использованного топлива и их детализации, насколько это возможно, чтобы разделить сжигаемые топлива по основным типам используемых технологий.

- Коэффициенты выбросов (CO_2) сильно зависят от содержания углерода в топливе. Условия сжигания (эффективность сжигания, превращение углерода в шлак и золу и т.д.) имеют сравнительно небольшое значение. Коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O зависят от технологии сжигания и условий функционирования оборудования и могут существенно различаться между отдельными установками для сжигания, а в некоторых случаях и от года к году. Для всех категорий стационарных источников и видов топлива в [таблице 1.2](#) приведены рекомендуемые значения коэффициентов выбросов для постоянных и оптимальных условий без учета влияний запусков, отключений или сжигания при частичной загрузке. Часть параметров являются национальными. Они разработаны для Ежегодного Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом" <8>, с учетом состава топлив, применяемых в Российской Федерации, и рекомендуются к использованию субъектами Российской Федерации при отсутствии региональных данных о составе и свойствах топлив.

<8> Российская Федерация. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. - М., 2006 - 2014 (http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/nationalinventoriessubmissions/items/3734.php).

Коэффициенты выбросов CO_2 отражают полное содержание углерода при условии, что потери на неокисленный углерод равны нулю. Для некоторых твердых видов топлива (в частности, угля), доля неокисленного углерода не обязательно ничтожна, поэтому при наличии информации о коэффициенте недожога топлива следует вносить поправку в рекомендуемые коэффициенты выбросов.

Угли разных марок и видов отличаются друг от друга по характеристикам и особенностям добычи. В российской статистике исходные данные о потреблении угля по видам деятельности доступны только в целом для каменных углей и для бурого угля, либо с разделением углей по бассейнам и месторождениям, поэтому при разработке инвентаризации рекомендуется использовать статистику по потреблению углей различных месторождений и применять коэффициенты выбросов по месторождениям ([таблица 1.2](#)), или рассчитать средний региональный коэффициент по методике, приведенной в Справочном [руководстве](#).

I.2 Выбросы от транспорта

(сжигание топлива мобильными источниками)

При использовании топлива транспортными средствами происходят выбросы CO_2 , CH_4 и N_2O . Структура источников, учитываемых в категории "Транспорт" сектора "Энергетика" приводится в [таблице 1.3](#).

I.2.1 Дорожный транспорт

В категорию источников "**Дорожный транспорт**" включены следующие типы автотранспортных средств: легковые автомобили, грузовые автомобили малой грузоподъемности и большой грузоподъемности, автобусы, а также мотоциклы (включая мопеды, скутеры и мотоциклы с коляской), работающие на разных видах жидкого и газообразного топлива. Оценки выбросов парниковых газов от дорожного транспорта могут основываться на двух независимых массивах данных: данных о потреблении топлива или данных о расстоянии, пройденном транспортным средством.

Расчет выбросов CO_2 для всех автотранспортных средств (далее - АТС) рекомендуется выполнять на основе данных о потреблении (продаже) различных видов топлива. По возможности, рекомендуется учитывать разделение топлива по экологическим классам. Методика расчета представляет собой произведение количества сожженного топлива определенного вида (в пересчете на тепловые единицы) и соответствующего коэффициента выбросов CO_2 ([формула 1](#)). Результаты расчетов по отдельным видам топлива затем суммируются для оценки выброса CO_2 по субъекту в целом.

Выбросы CH_4 и N_2O гораздо сложнее оценить, чем выбросы CO_2 , потому что коэффициенты выбросов зависят от технологии сжигания топлива, используемой транспортным средством, вида топлива и эксплуатационных характеристик автотранспортного средства. Расчет выбросов CH_4 и N_2O целесообразно производить по данным о расстоянии, пройденном автотранспортными средствами каждого класса. Но можно использовать и альтернативные подходы оценки выбросов - по количеству топлива (в тепловых единицах), сожженного автотранспортными средствами без или с разбиением их на классы. Подробное описание методологии расчета выбросов приведено в [Справочном руководстве](#) и Руководящих принципах МГЭИК.

В российской национальной статистике к моторным топливам относятся только три вида топлива: бензин, дизельное топливо и другие виды моторного топлива. Для расчета выбросов парниковых газов некоторые другие топлива также должны быть отнесены к моторным: в категориях водного и железнодорожного транспорта - это мазут, а в категории дорожного транспорта - сжиженный газ. При определении объемов выбросов парниковых газов можно распределять потребление моторного топлива между транспортом и стационарными источниками в зависимости от имеющейся у них информации. При перемещении через границы регионов транспортные средства могут перевозить часть топлива, проданного в одном регионе, для использования в другом регионе. Выбросы от дорожного транспорта следует учитывать там, где было продано топливо, т.е. данные о деятельности должны отражать топливо, проданное на территории региона.

Большая часть исходных данных, необходимых для расчета выбросов парниковых газов, может быть получена у Федеральной службы государственной статистики (Росстат), например, информация о продаже бензина и дизельного топлива входит в отчетность по [форме "1-автобензин](#)

(торг)" - сведения о продаже и запасах автомобильного бензина. Данные о производстве и поставках на рынок автомобильного бензина и дизельного могут быть получены в Министерстве энергетики Российской Федерации, а о продажах моторного топлива - в Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации. Следует собрать данные о других видах топлива, используемых в регионе, менее распространенных и, обычно, не входящих в статистику продаж (например, сжиженный нефтяной газ, компримированный природный газ или биотопливо).

При отсутствии или недостаточности данных о продажах топлива, следует использовать данные о его потреблении автотранспортными средствами в различных отраслях экономики. Первичные данные от субъектов хозяйственной деятельности поступают в Росстат ([форма N 4-ТЭР](#), 11-ТЭР), где обобщаются и анализируются по отраслевому принципу.

Следует помнить, что обязательной статистической отчетности подлежат только юридические лица (за исключением субъектов малого предпринимательства), в то время как большая часть парка принадлежит физическим лицам, не представляющим статистическую отчетность.

Информация по проданному топливу тоже может отсутствовать или быть ненадежной, т.к. дает ограниченную информацию о его потреблении на транспорте, особенно, автомобильном. В этом случае оценки использования топлива должны проводиться на основании данных о размере и структуре парка автотранспортных средств, зарегистрированных в регионе. Если доступны массивы данных и о потреблении топлива, и о пройденном расстоянии, важно проверить их согласованность, иначе оценки выбросов парниковых газов могут быть противоречивыми. Эффективная практика при использовании данных о продажах топлива заключается в том, чтобы убедиться, что они не включают топливо, используемое для внедорожных перевозок и для работы прочих механизмов, а также использование топлива в сельскохозяйственных целях. Важно проверить, используется ли топливо, проданное населению, в иных целях (например, как топливо для стационарных бойлерных) и уточнить, как регистрируется использование смазок в качестве присадок в двухтактных двигателях.

Рекомендуемые коэффициенты выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O приведены в таблице 1.4. Коэффициенты выбросов CO_2 основываются на содержании в топливе углерода и предполагают его 100-процентное окисление в процессе сжигания или непосредственно после него и последующую эмиссию в атмосферу в форме CO_2 , CH_4 , оксид углерода (CO), ЛНОС и твердых частиц. Рекомендуемые коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O имеют высокую неопределенность, поскольку в значительной степени зависят от технологий сжигания топлива и ограничения выбросов выхлопных газов, применяемых в транспортных средствах. Если выбросы CH_4 и N_2O от автотранспортных средств настолько велики, что являются ключевыми категориями, следует использовать коэффициенты выбросов, детализированные по классам АТС и применяемой технологии контроля выбросов. Методика проведения детализированных расчетов выбросов на основе сожженного топлива или пройденного расстояния приведена в Справочном [руководстве](#) и Руководящих принципах МГЭИК.

1.2.2 Внедорожный транспорт

Внедорожный [транспорт](#) включает транспортные средства, используемые в сельском хозяйстве, строительстве и техобслуживании, обеспечении промышленных предприятий и в жилом секторе. К этой категории относятся средства наземного обеспечения в аэропортах, сельскохозяйственные тракторы и другие машины, бензопилы, погрузчики и снегоходы.

Расчет выбросов парниковых газов от внедорожных транспортных средств аналогичен расчету для дорожного транспорта. Методологии оценки выбросов по данным о потреблении топлива с детализацией по видам топлива и категориям внедорожных транспортных средств и по данным о деятельности внедорожных транспортных средств (количестве часов использования оборудования и зависящих от оборудования параметрах, таких, как номинальная мощность, коэффициент загрузки) приведены в Справочном [руководстве](#) и Руководящих принципах МГЭИК.

Статистические данные о потреблении топлива внедорожными транспортными средствами часто отсутствуют. Форма статистической отчетности Росстата о дорожно-строительной технике "Сведения о наличии основных строительных машин" ([форма N 12-строительство](#)) представляется юридическими лицами и их подразделениями (кроме субъектов малого предпринимательства). В ней отражена информация о структуре и количестве эксплуатируемой дорожной и строительной техники. Данные о деятельности внедорожного транспорта могут быть включены в статистику продаж или потребления моторных топлив. Для уточнения доли топлива, использованного внедорожными транспортными средствами, рекомендуется проводить специальные исследования и сравнительные оценки, описание которых приводится в Справочном руководстве и Руководящих принципах МГЭИК. Рекомендуемые коэффициенты выбросов CO₂, CH₄ и N₂O для внедорожной транспортной техники приведены в [таблице 1.4](#).

1.2.3 Железнодорожный транспорт

Основные выбросы парниковых газов на железнодорожном [транспорте](#) связаны с эксплуатацией локомотивов. Существует три типа железнодорожных локомотивов: дизельные, электрические или паровые. Электрические локомотивы работают на электроэнергию, производимой стационарными электростанциями и другими источниками. Выбросы, связанные с производством электроэнергии стационарными электростанциями, рассматриваются в [разделе "Сжигание топлива стационарными источниками"](#). Паровые локомотивы используются очень ограниченно, их вклад в общий объем выбросов парниковых газов незначителен, и выбросами можно пренебречь. При необходимости, такие выбросы могут быть оценены с помощью подхода, для оценки выбросов от обычных парогенераторов, который приведен в разделе "Сжигание топлива стационарными источниками".

Оценка выбросов CO₂, CH₄, и N₂O от железнодорожного транспорта может быть выполнена по потребленному топливу с использованием рекомендуемых коэффициентов выбросов с допущением, что все топливо одного вида потреблено локомотивами одного типа и по потребленному топливу с учетом региональных коэффициентов выбросов. Расчет аналогичен расчету, применяемому для дорожных транспортных средств ([формула 1](#)).

Для оценки выбросов парниковых газов необходимы данные о потреблении топлива на уровне субъекта Российской Федерации. Железнодорожные компании могут предоставить данные о потреблении топлива локомотивами при линейных перевозках и маневрах. Методика оценки потребления топлива маневровыми локомотивами приведена в Справочном [руководстве](#) и Руководящих принципах МГЭИК.

Дизельное топливо - наиболее часто используемый вид топлива на железных дорогах, однако необходимо не допустить пропуска или двойного учета других видов топлива, которые могут использоваться в дизельных локомотивах: в некоторых типах двигателей локомотивов дизтопливо может использоваться в смеси с топочным мазутом, горючими маслами или другими дистиллятами и синтетическим топливом. Дизельные локомотивы могут также сжигать природный газ или уголь. Необходимо избегать недоучета или двойного учета выбросов от топлива, используемого для отопления вагонов на железных дорогах. Хотя эти источники

выбросов формально относятся к мобильным, методы оценки выбросов от сжигания топлива для обогрева описываются в [разделе "Сжигание топлива стационарными источниками"](#). Дизельные локомотивы также потребляют значительные количества смазочных масел. Выбросы парниковых газов, связанные с потреблением смазочных масел, отнесены к разделу "Производственные процессы и использование продукции". Если невозможно разделить данные об эксплуатации локомотивов от других видов использования топлива на железнодорожном транспорте, следует отметить это.

В [таблице 1.5](#) приведены рекомендуемые коэффициенты выбросов CO₂, CH₄ и N₂O для оценки выбросов парниковых газов от железнодорожного транспорта [3].

1.2.4 Водный транспорт

Выбросы парниковых газов CO₂, CH₄, N₂O от внутренних и международных рейсов рекомендуется, по возможности, рассчитывать отдельно. Разделение на международные и внутренние (каботажные) перевозки необходимо проводить на основании порта отбытия и порта прибытия, а не по национальной принадлежности и флагу судна. Выбросы от международных рейсов охватывают грузопассажирские перевозки с территории Российской Федерации за рубеж, независимо от национальной юрисдикции судна. Не подлежат учету выбросы парниковых газов от грузовых и пассажирских перевозок из зарубежных стран в Российскую Федерацию. Выбросы от внутренних рейсов охватывают грузовые и пассажирские перевозки в пределах территории России независимо от национальной юрисдикции судна. Данные о выбросах от топлив, использованных в международных морских и речных перевозках, не включаются в общие объемы выбросов субъектов Российской Федерации, и представляются в качестве справочной информации. Все выбросы от топлива, заправленного в выполняющие внутрироссийские перевозки морские и речные суда, следует считать происходящими в том регионе, где осуществлялась заправка топливом.

Расчет выбросов парниковых газов производится по [формуле 1](#) на основе региональных данных об использованном топливе при внутренних/международных морских и речных перевозках, коэффициентов пересчета и рекомендуемых МГЭИК коэффициентов выбросов. Данные о деятельности водного транспорта могут быть получены из: администрации морских портов, территориальных органов Федеральной таможенной службы, Ространснадзора, государственной статистики (Росстат), годовых отчетов судоходных компаний, поставщиков топлива, рыболовецких компаний. Для полного охвата судоходной деятельности нужно комбинировать различные источники данных.

Коэффициенты пересчета исходных данных в энергетические единицы по видам топлива представлены в [столбце 4 таблицы 1.2](#). Рекомендуемые МГЭИК коэффициенты выбросов для CO₂, CH₄, N₂O (при окислении углерода 100%) в зависимости от вида топлива приведены в [таблице 1.6](#).

1.2.5 Гражданская авиация

Выбросы парниковых газов CO₂, CH₄, N₂O от внутренних и международных авиаперевозок должны, по возможности, рассчитываться отдельно. Разделение на международные и внутренние полеты необходимо производить на основе мест взлета и посадки для каждого этапа полета, а не по национальной принадлежности авиакомпании или воздушного судна. Выбросы парниковых газов в результате деятельности внутренней гражданской авиации охватывают все полеты между двумя аэропортами в пределах территории России, независимо от национальной принадлежности перевозчика.

Выбросы от международной авиации охватывают все полеты, выполняемые с территории Российской Федерации за рубеж, независимо от национальной принадлежности перевозчика. Данное правило применяется и к отдельным этапам полетов с более чем одним взлетом и посадкой. При этом выбросы, образующиеся в результате авиаперевозок из зарубежных стран в Российскую Федерацию, учету не подлежат. Данные о выбросах от топлива, использованного в международных авиационных перевозках, не включаются в общие объемы выбросов субъектов Российской Федерации и представляются в качестве справочной информации. Все выбросы от топлива, заправленного в выполняющие внутрироссийские перевозки воздушные суда, следует считать происходящими в том регионе, где осуществлялась заправка топливом.

Расчет выбросов парниковых газов производится по [формуле 1](#) на основе региональных данных об израсходованном топливе при внутренних/международных авиаперевозках, коэффициентов пересчета и рекомендуемых МГЭИК коэффициентов выбросов. В случае отсутствия региональной статистической отчетности, потребление топлива российскими и иностранными авиаперевозчиками при внутренних и международных перелетах можно оценить с помощью методики на основе региональных данных о налете самолето-часов российскими и иностранными авиакомпаниями в пределах территории Российской Федерации и за рубежом. Более подробно эта методика рассмотрена в Справочном [руководстве](#). Источники данных о деятельности воздушного транспорта могут включать авиакомпании; Федеральное агентство воздушного транспорта; территориальные органы государственной статистики. Коэффициенты пересчета исходных данных в энергетические единицы по видам топлива представлены в [столбце 4 таблицы 1.2](#). Рекомендуемые МГЭИК коэффициенты выбросов для CO₂, CH₄, N₂O (при окислении углерода 100%) в зависимости от вида топлива приведены в [таблице 1.7](#).

1.3 Фугитивные выбросы

1.3.1 Выбросы при добыче, обработке, хранении и транспортировке угля

Выбросы CH₄ и CO₂ происходят при добыче угля открытым и подземным способами, последующем обращении с углем, добытым подземным способом и, в отдельных случаях, при самовозгорании угля. Выбросы от сжигания шахтного метана, производимых в целях получения тепла и энергии, учитываются в [разделе "Сжигание топлива стационарными источниками"](#), и общее количество утилизированного шахтного метана вычитается из величины выбросов при добыче угля подземным способом. Закрытые подземные шахты не являются источниками CH₄ и CO₂ благодаря применяемой технологии их консервации, и выбросы парниковых газов от них не оцениваются.

В Методических рекомендациях приводится оценка выбросов наиболее значимого парникового газа CH₄. Выбросы CO₂ могут оцениваться при наличии соответствующих данных. В расчет необходимо включить выбросы парниковых газов по всем угольным бассейнам, расположенным в пределах субъекта Российской Федерации. Расчеты выбросов метана выполняются по [формуле 1](#) отдельно для подземного и открытого способов добычи угля с использованием коэффициента пересчета объемных долей CH₄ в массовые доли ($0,67 \times 10^{-6} \cdot \text{Гг/м}^3$ для $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ и давления 1 атм.). Данные о добыче угля и утилизации шахтного метана собираются угледобывающими предприятиями и Федеральным государственным унитарным предприятием "Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса". В [таблице 1.8](#) приведены значения коэффициентов выбросов CH₄ от угледобычи в отдельных федеральных округах и угольных бассейнах Российской Федерации. Значения выбросов от добычи подземным способом корректируются с учетом фактических объемов утилизации шахтного метана.

1.3.2 Выбросы парниковых газов от нефти и природного газа

Нефтегазовая отрасль представляет собой систему, связывающую объекты разведки, добычи, подготовки, транспорта и хранения, переработки, распределения и использования нефти и газа, а также перегонки нефти и распределения нефтепродуктов. Учету подлежат все выбросы, образующиеся при разведке (бурение и опробование скважин), добыче (включая обслуживание действующих скважин), первичной переработке/подготовке, транспортировке, хранении, переработке, распределении и использовании нефти и природного газа, а также перегонке нефти и распределении нефтепродуктов. Выбросы CO_2 , CH_4 и N_2O от категории источников (сегмента) нефтегазовой отрасли определяются как произведение соответствующих данных о деятельности (например, объема добычи нефти в субъекте Российской Федерации) на коэффициент выбросов (формула 1).

Выбросы по отрасли в целом вычисляются как сумма выбросов по всем подлежащим оценке категориям источников. Источники данных о деятельности могут включать: предприятия нефтегазовой отрасли, территориальные органы государственной статистики и Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор); Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса".

В российской статистике жидкие углеводороды учитываются не в объемных, а в массовых единицах. Также важно учитывать термодинамические условия (температура и давление). Для пересчета массовых единиц в объемные рекомендуется использовать средневзвешенные плотности углеводородов, рассчитанные по данным отдельных месторождений в субъектах Российской Федерации или использовать национальные значения (таблица 1.10). Для приведения газообразных объемов к требуемым условиям необходимо умножить объем при исходных условиях на пересчетный коэффициент из таблицы 1.11.

Рекомендуемые МГЭИК коэффициенты выбросов для наиболее распространенных видов углеводородов и операций с ними представлены в таблице 1.9. Коэффициенты выбросов в таблице 1.9 предусматривают использование данных о деятельности в единицах объема. Соответственно данные о деятельности также рекомендуется собирать в исходных объемных единицах. Более полная информация о коэффициентах выбросов представлена в Справочном руководстве. Применяя коэффициенты выбросов, следует обращать внимание на порядок их величин и на размерности.

II. Промышленные процессы и использование продукции

В разделе "Промышленные процессы и использование продукции (ППИП)" рассмотрены выбросы, связанные с промышленными процессами, использованием парниковых газов в составе различной продукции и с неэнергетическим использованием ископаемого топливного углерода. Эти процессы сопровождаются выбросами различных парниковых газов: диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4), диоксида азота (N_2O), гидрофторуглеродов (ГФУ) и перфторуглеродов (ПФУ). Полный перечень источников выбросов парниковых газов в разделе ППИП представлен в таблице 2.1.

Трифторид азота (NF_3) в Российской Федерации не производится, применение его имеет весьма ограниченный характер (электронная промышленность, производство дисплеев), в связи с чем выбросы NF_3 в данном разделе не рассматриваются.

В данную главу включены методики расчета для наиболее существенных категорий источников выбросов в секторе ПШИП, которые, как ожидается, будут вносить наибольший вклад в совокупные региональные выбросы для большинства регионов Российской Федерации. Методики для других категорий источников выбросов содержатся в Справочном [руководстве](#) и Руководящих принципах МГЭИК.

Неэнергетическое использование ископаемого топлива включает его применение в качестве исходного сырья, восстановителей и неэнергетических продуктов, но не с целью сжигания для получения энергии. В [таблице 2.2](#) представлены примеры использования топлива в этих трех категориях, выбросы от которых должны учитываться в секторе ПШИП.

Распределение выбросов от ископаемого топлива между сектором энергетики и сектором ПШИП может быть затруднительно. Применение топлива в качестве исходного сырья или восстановителя часто приводит к образованию газов, которые можно сжигать с целью получения энергии процесса. Равным образом часть исходного сырья может сжигаться для получения тепла. Это может стать причиной неопределенности и неоднозначности в отчетах. Для того чтобы преодолеть это противоречие, в данных Методических рекомендациях рассмотрены практические рекомендации о том, в каких случаях выбросы CO₂ от сжигания топлива относить к категории "сжигание топлива" [раздела "Энергетика"](#), а в каких - к категории промышленных процессов. Более подробно критерии отнесения выбросов CO₂ от использования ископаемого топлива к секторам "Энергетика" или ПШИП описаны в Справочном [руководстве](#).

Сжигание топлива определяется по функциональному признаку как:

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

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

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

В этих видах деятельности выбросы парниковых газов могут быть связаны как со сжиганием топлива, так и с промышленными процессами. Следует отметить, что осуществление отдельных расчетов по этим двум типам выбросов зачастую бывает трудновыполнимо и невозможно. При выполнении расчетов следует применять следующее правило:

выбросы от сжигания топлива, полученного прямо или косвенно из исходного сырья для ПШИП, как правило, относят к той части категории источника, к которой относится процесс переработки исходного сырья. Обычно это категории источника 2В и 2С. Тем не менее, если полученное топливо транспортируют для сжигания в другой категории источников, то выбросы относят к соответствующей части категории источника в [разделе "Энергетика"](#) (обычно 1А1 или 1А2).

Два примера в качестве иллюстрации этого правила:

Если доменный газ полностью сжигается в границах сталелитейной промышленности (например, для нагрева воздуха дутья, энергетических нужд предприятия или для металлообработки), то выбросы относят к подкатегории 2С1 источника ППИП. Если часть газа транспортируют на электростанцию или в расположенный поблизости кирпичный завод для производства тепла, то выбросы относят к подкатегории источников (1А2 или 1А1).

Если избыток метана или водорода, выделяющийся при паровом крекинге нефти, сжигают внутри нефтехимического предприятия для проведения других процессов, то выбросы относят к ППИП, категория 2В8. Напротив, если газы транспортируют в расположенный недалеко нефтеперегонный завод для использования в качестве топлива, то связанные с этим выбросы относят к подкатегории 1А1 (нефтеперегонка).

В категориях ППИП - особенно в случаях крупных точечных источников выбросов выбросы могут улавливаться с целью извлечения и использования парниковых газов или с целью их разрушения. Эффективной практикой является учет улавливаемых выбросов. Расчет выбросов в атмосферу в таких случаях производится по формуле 1а:

$$E_i = (A_i \cdot EF_i) - R_i \text{ (формула 1а),}$$

где:

E_i = выброс в атмосферу i -ого газа;

A_i = данные о деятельности (количественная характеристика деятельности, приводящей к выбросу за определенный период, обычно за год);

EF_i = коэффициент выброса (удельный выброс i -ого парникового газа на единицу деятельности);

R_i = количество газа, уловленного (собранного) с целью дальнейшего использования, уничтожения или захоронения.

II.1 Источники данных для сектора ППИП

Данные для расчета выбросов парниковых газов от сектора ППИП должны быть получены из надежных источников, такими как:

- Федеральная служба государственной статистики (Росстат). На сайте Росстата (<http://www.gks.ru>) представлены электронные версии публикаций Росстата, откуда по ссылке можно перейти на сайт Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), где представлены, в частности, данные о промышленном производстве в целом по Российской Федерации и по федеральным округам. На этом же сайте можно найти ссылки на сайты территориальных органов Росстата.

- Ежегодные Государственные доклады о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации, размещенные на сайте Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации в разделе "Государственные доклады и программы" (<http://www.mnr.gov.ru/regulatory/>).

- Данные органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

- Официальные сайты промышленных компаний и предприятий и представленные на них годовые отчеты для акционеров и инвесторов.

- Ежегодный Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом.

II.2 Производство минеральных материалов

В этом разделе рассмотрены методы оценки выбросов CO_2 от использования карбонатного сырья в производстве и от использования различных минеральных материалов. Главный процесс, приводящий к высвобождению CO_2 , - это кальцинирование карбонатов, в ходе которого, при нагревании, образуется оксид металла и диоксид углерода.

Расчет выбросов CO_2 от производства минеральной продукции и использования карбонатов должен выполняться по [формуле 1](#). Коэффициенты выбросов, а также данные о деятельности, необходимые для расчетов, представлены в [таблицах 2.3 - 2.5](#).

II.3 Выбросы химической промышленности

Выбросы парниковых газов, происходящие в результате производства различных органических и неорганических веществ, вносят значительный вклад в национальные и региональные выбросы парниковых газов. В разделе "Химическая промышленность" Российской Федерации парниковые газы представлены: диоксидом углерода (CO_2), метаном (CH_4), оксидом азота (N_2O), гексафторидом серы (SF_6), гидрофторуглеродами (ГФУ) и перфторуглеродами (ПФУ).

Выбросы CO_2 , CH_4 , N_2O в разделе "Химическая промышленность" оцениваются по [формуле 1](#). Коэффициенты выбросов и перечень данных о деятельности, необходимых для расчета выбросов, представлены в [таблицах 2.6 - 2.8](#).

Выбросы ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 должны оцениваться по [формуле 1а](#), а выбросы от производства других фторсодержащих соединений - по [формуле 1](#). В период 1990 - 2012 гг. на предприятиях России производились следующие фторсодержащие соединения, относящиеся к парниковым газам:

ГФУ - трифторметан (ГФУ-23), пentaфторэтан (ГФУ-125), дифторэтан (ГФУ-152a), гептафторпропан (ГФУ-227ea);

ПФУ - тетрафторметан (CF_4), октафторпропан (C_3F_8), октафторциклобутан (с- C_4F_8).

На двух химических комбинатах (ОАО "Галополимер Пермь" и ООО "Галополимер Кирово-Чепецк") производился гексафторид серы (SF_6). Коэффициенты выбросов и источники данных о деятельности, необходимые для выполнения расчетов выбросов ГФУ, ПФУ и SF_6 , приведены в [таблицах 2.9 и 2.10](#).

II.4 Выбросы металлургической промышленности

II.4.1 Выбросы черной металлургии

Источниками выбросов в черной металлургии являются:

- предприятия по производству агломерата и окатышей;
- интегрированные предприятия по производству чугуна и стали;
- вторичные предприятия по производству стали из стального лома;
- предприятия по производству железа прямого восстановления, в некоторых случаях интегрированные с предприятиями по производству стали;
- предприятия по производству доменного кокса;
- предприятия по производству ферросплавов.

Оценка выбросов CO_2 и CH_4 выполняется по [формуле 1](#). Коэффициенты выбросов и перечень данных о деятельности, необходимых для оценки выбросов представлены в [таблице 2.11](#).

Выбросы от производства доменного кокса следует относить к категории 1А [раздела "Энергетика"](#). Все остальные выбросы должны учитываться в секторе ПШИП.

Выбросы CO_2 от производства чугуна и агломерата связаны с использованием кокса, который имеет две функции в металлургическом процессе - в первую очередь это восстановитель в реакции восстановления оксидов железа до железа; он также является источником энергии, поскольку реакция углерода кокса и кислорода сопровождается выделением тепла.

Кроме того, железо можно получать в процессе прямого восстановления. Прямое восстановление заключается в восстановлении железной руды при температуре ниже $1000\text{ }^\circ\text{C}$ до металлического железа в твердом состоянии. Восстановителем в этом случае является углерод природного газа. В процессе прямого восстановления образуется твердый продукт, который называется железом прямого восстановления (ЖПВ). В российской статистике (до 2010 г.) ЖПВ учитывалось как металлизированные окатыши и горячебрикетированное железо.

При оценке выбросов от этой категории источников существует опасность двойного учета или пропуска выбросов либо в секторе ПШИП, либо в секторе "Энергетика". В российской статистике использование кокса, природного газа и других видов топлива в качестве восстановителя в металлургии учитывается как топливное (не сырьевое) использование. Это необходимо иметь в виду и не допустить двойного учета топлива в металлургии и в энергетике.

II.4.2 Выбросы цветной металлургии

Основными источниками выбросов парниковых газов в цветной металлургии являются производство первичного алюминия, производство свинца, производство цинка.

Производство первичного алюминия

Первичный алюминий производится по методу электролитического восстановления. Различают четыре типа технологии: центральное предварительное спекание (CWPB/PFPB), боковое предварительное спекание (SWPB), горизонтальный метод Содерберга (HSS) и вертикальный метод Содерберга (VSS). Наиболее значительными выбросами являются:

- выбросы CO_2 в результате реакции углерода углеродных анодов с оксидом алюминия с образованием металлического алюминия;

- выбросы ПФУ - выбросы CF_4 и C_2F_6 , происходящие в результате анодных эффектов.

Выбросы от производства первичного алюминия рассчитываются по [формуле 1](#). Коэффициенты выбросов для различных технологий производства алюминия приводятся в [таблице 2.12](#). Следует иметь в виду, что в настоящее время коэффициенты выбросов ПФУ от производства алюминия уменьшились более чем на 80% по сравнению с 1990 г. Для расчета необходимы данные об объемах производства первичного алюминия с использованием различных технологий, которые могут быть получены в ОК "РУСАЛ" или непосредственно на предприятиях-производителях.

Производство свинца

Выбросы CO_2 рассчитывают исходя из коэффициентов выбросов по умолчанию и объемов производства свинца в регионе по [формуле 1](#). Выбросы CO_2 сопровождают как первичное, так и вторичное (из свинцового лома) производство свинца. В настоящее время в Российской Федерации свинец производится в основном из свинцового лома. Данные об объемах производства могут быть получены в промышленных компаниях и на предприятиях по производству свинца. Коэффициенты выбросов от производства первичного и вторичного свинца представлены в [таблице 2.12](#).

Производство цинка

Электролитический процесс, который относится к гидрометаллургии, используется на двух работающих в настоящее время российских предприятиях - производителях цинка: ОАО "Челябинский Цинковый Завод" и ОАО "Электроцинк" (до 2003 г. производство цинка существовало также на ОАО "Беловский ЦЗ"). Электролитический процесс не дает неэнергетических выбросов CO_2 . Однако неэнергетические выбросы CO_2 происходят в процессе вельцевания, которому подвергается 14 - 20% цинкового концентрата. Данные об объемах производства могут быть получены только в промышленных компаниях и на предприятиях. Расчеты выбросов выполняются по [формуле 1](#). Коэффициенты выбросов от производства цинка с учетом российских условий представлены в [таблице 2.12](#).

II.4.3 Выбросы от использования неэнергетической продукции, произведенной из топливных продуктов

Выбросы от использования неэнергетической продукции, произведенной из топливных продуктов, подразумевают выбросы CO_2 от первого использования смазочных материалов и твердых парафинов. Выбросы от дальнейшего применения или утилизации продуктов после использования (например, сжигание отработанных масел и смазок) учитываются в [разделе "Отходы"](#), если они сжигаются без использования выделяющейся энергии, и в [разделе "Энергетика"](#), если энергию используют. Для расчета необходимы данные о количестве использованных в регионе смазочных материалов и твердых парафинов. Эти данные могут быть получены в территориальных органах Росстата (рекомендации о статистическом учете топливных продуктов приведены в разделе "Энергетика").

Выбросы CO_2 рассчитываются по [формуле 1](#). Применяется единый коэффициент выбросов для всех смазочных материалов и для твердых парафинов: 0,59 тонн CO_2 /тонну использованных в регионе смазочных материалов или твердых парафинов.

III. Сельское хозяйство

III.1 Выбросы от скота и в результате сбора и хранения навоза и помета

В данном разделе представлены указания по методам оценки выбросов метана в результате внутренней ферментации у домашнего скота, а также метана и закиси азота в результате сбора и хранения навоза и помета.

Методологии оценки выброса от менее значительных сельскохозяйственных источников: CH_4 при выращивании риса, CO_2 при известковании почв, CH_4 и N_2O при сжигании растительных остатков, а также методика оценки баланса углерода в почвах обрабатываемых земель приведены в Справочном руководстве.

Виды и категории скота и птицы: Должен быть подготовлен полный перечень всех поголовий скота и птицы, для которых имеются коэффициентов выбросов (например, коровы, остальное поголовье крупного рогатого скота (далее - КРС), овцы, козы, верблюды, олени, лошади, кролики, мулы и ослы, свиньи и домашняя птица), если эти категории соответствуют региону. При наличии данных могут использоваться более подробные категории. Например, можно более точно оценить выбросы, если провести дальнейшее подразделение поголовья домашней птицы (например, несушки, цыплята, индейки, утки и прочая домашняя птица), так как характеристики выбросов по этим поголовьям значительно варьируют.

Среднегодовое поголовье: Желательно использовать данные о поголовье из официальной статистики Росстата или отраслевых источников. Учитывая, что статистические данные Росстата представляют поголовье по состоянию на определенную дату года (например, 31 декабря), а в течение года могут наблюдаться колебания поголовья скота, эти данные могут быть не репрезентативны в качестве среднегодовой популяции. Для соответствующей корректировки годовой численности поголовья могут быть использованы средние поправочные коэффициенты для поголовья скота: для коров этот коэффициент в среднем в стране составляет 1,019; для остального поголовья КРС - 1,051; для свиней - 1,067 и для овец и коз поправочный коэффициент равен 1,091 [2]. Эти величины должны быть умножены на соответствующие данные по общей численности поголовья по состоянию на определенную дату (по данным Росстата).

Приведенный ниже метод уровня 1 для оценки выбросов от животноводства является упрощенным. Расчеты по данному методу не позволяют учесть какие-либо эффекты сокращения выбросов парниковых газов от источников в сельском хозяйстве за исключением изменения в данных о деятельности. Для учета изменений в коэффициентах выбросов или других параметрах кормления и содержания животных следует использовать методологии, представленные в Справочном руководстве. В таблице 3.1 представлены постоянные коэффициенты выбросов, используемые по умолчанию для расчета по каждой из категорий животных вне зависимости от условий их содержания. Расчеты выполняются поочередно по соответствующим этапам.

Этап 1: Поголовье животных:

Данные о среднегодовом поголовье животных должны быть получены с использованием описанного выше подхода.

Этап 2: Расчет выбросов:

В таблице 3.1 показаны коэффициенты выбросов метана в результате внутренней ферментации ($EF_{\text{ФЕРМ}}$), выбросов метана ($EF_{\text{CH}_4\text{-MMS}}$) и закиси азота (прямой ($EF_{\text{N}_2\text{Odir-MMS}}$) и косвенный $\langle 9 \rangle$ ($EF_{\text{N}_2\text{Oindir-MMS}}$) выбросы) от систем сбора и хранения навоза для каждого вида животных и птицы. Расчет выполняется по формуле 1 для каждого вида.

<9> Косвенные выбросы происходят в результате улетучивания NH_3 и NO_x из систем сбора и хранения навоза и помета и последующим повторным выпадением их продуктов NH_4^+ и NO_3^- в почвы и воду.

Этап 3: Суммирование выбросов:

Полученные результаты суммируются.

После хранения или обработки почти весь навоз будет вноситься в почву. Выбросы, которые возникают в результате внесения навоза в почву, должны учитываться в рамках категории "выбросы N_2O из обрабатываемых почв". Поэтому, аналогично приведенным выше этапам, следует рассчитать количество азота в навозе, которое вносится в обрабатываемые почвы (F_{ON}), и количество азота в навозе и помете, оставленных на пастбищах и огороженных выгулах (F_{PRP}). Величина F_{PRP} должна оцениваться в качестве двух сумм: 1. по коровам, остальному поголовью КРС, домашней птице и свиньям (СРР); 2. по овцам и прочим животным (SO). Полученные данные будут использованы в разделе 4.2 "Выбросы N_2O из обрабатываемых почв".

III.2 Выбросы N_2O из обрабатываемых почв

В данном разделе представлены методы и уравнения для оценки суммарных региональных антропогенных выбросов N_2O (прямых и косвенных) из обрабатываемых почв.

Представленная методология позволяет оценить выбросы N_2O , используя данные результирующих величин внесения азота в почвы (например, минеральные или органические удобрения; навоз, оставленный животными на пастбищах; растительные остатки) или минерализации азота в почвенном органическом веществе в результате осушения/обработки органогенных почв и в результате культивирования/изменения землепользования на минеральных почвах (например, лесные площади/пастбища/поселения, переустроенные в обрабатываемые земли).

Необходимо иметь в виду, что выбросы N_2O в результате антропогенных поступлений азота или минерализации азота происходят как прямым путем (т.е. непосредственно от почв, в которые поступает азот), так и по двум косвенным путям: в результате улетучивания NH_3 и NO_x из обрабатываемых почв и последующим повторным выпадением их продуктов NH_4^+ и NO_3^- в почву и воду, и в результате вымывания и стока азота, в основном в виде NO_3^- , из обрабатываемых почв.

Как указывалось выше, данная методология не позволяет учесть какие-либо эффекты сокращения выбросов парниковых газов за исключением изменений в данных о деятельности. Для учета изменений в коэффициентах выбросов, типах почв, урожайности культурных растений, баланса почвенного углерода в почвах пашен или других параметров следует использовать методологии, представленные в Справочном [руководстве](#).

В самом простом виде прямые выбросы N_2O из обрабатываемых почв оцениваются с помощью формулы:

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{Прям.-N}} = \text{N}_2\text{O-N}_{\text{Поступл.}} + \text{N}_2\text{O-N}_{\text{OS}} + \text{N}_2\text{O-N}_{\text{PRP}}, (3)$$

где:

$$N_2O-N_{N_{\text{поступл.}}} = [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot EF_1] + \\ + [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \cdot EF_{1FR}]$$

$$N_2O-N_{OS} = \sum_{C, G} (F_{OSC, G} \cdot EF_{2C, G})$$

$$N_2O-N_{PRP} = [F_{PRP, CPP} \cdot EF_{3PRP, CPP}] + \\ + (F_{PRP, SO} \cdot EF_{3PRP, SO}),$$

где:

$N_2O-N_{\text{Прям.}-N}$ = годовые прямые выбросы N_2O-N из обрабатываемых почв, кг N_2O-N /год;

$N_2O-N_{N_{\text{поступл.}}}$ = годовые прямые выбросы N_2O-N в результате антропогенного внесения азота в обрабатываемые почвы, кг N_2O-N /год;

N_2O-N_{OS} = годовые прямые выбросы N_2O-N из органогенных почв пашен и кормовых угодий, кг N_2O-N /год;

N_2O-N_{PRP} = годовые прямые выбросы N_2O-N в результате поступлений мочи и помета в почвы на пастбищах, кг N_2O-N /год;

F_{SN} = годовое количество азота минеральных удобрений, внесенных в почвы, кг N/год (количество внесенных азотных удобрений под рис оценивается отдельно). Данные о годовом внесении удобрений могут быть получены из официальных региональных статистических данных Росстата;

F_{ON} = годовое количество азота навоза, внесенного в почвы, кг N/год (см. [табл. 4.1](#)) (при наличии данных количество внесенного навоза под рис оценивается отдельно);

F_{CR} = годовое количество азота в растительных остатках (надземных и подземных) культурных растений, в том числе от азотфиксирующих культур и от обновления/восстановления кормовых культур, пастбищ и сенокосов, возвращаемое в почвы, кг N/год (количество растительных остатков риса, вносимых в почвы оценивается отдельно);

F_{SOM} = годовое количество азота в минеральных почвах, которое минерализуется в связи с потерей углерода из почвенного органического вещества в обрабатываемых почвах, кг N/год (при наличии данных количество минерализованного азота в почвах под рисом оценивается отдельно) - см. Справочное [руководство](#). По умолчанию коэффициент для всех полей может быть принят равным 30 кг N/га;

F_{OS} = годовая площадь осушенных органогенных [<10>](#) почв на пашнях и кормовых угодьях (сенокосы и пастбища), га (примечание: подстрочные индексы C, G относятся соответственно к обрабатываемым землям (пашням) и кормовым угодьям);

F_{PRP} = годовое количество азота мочи и помета, оставленное на пастбище, выпасе и в загоне пастбищными животными и птицей, кг N/год (примечание: нижние индексы CPP и SO относятся соответственно к коровам, крупному рогатому скоту, домашней птице и свиньям (CPP); и к овцам и прочим животным (SO) (см. [табл. 4.1](#)));

EF_1 = коэффициент выбросов N_2O от антропогенного внесения азота в почвы, кг N_2O-N /кг поступающего N (таблица 3.2);

EF_{1FR} = коэффициент выбросов N_2O от антропогенного внесения азота на рисовые поля, кг N_2O-N /кг поступающего N (таблица 3.2);

EF_2 = коэффициент выбросов для выбросов N_2O от осушенных органогенных почв на обрабатываемых землях и кормовых угодьях, кг N_2O-N /га x год (таблица 3.2) (примечание: подстрочные индексы C, G относятся соответственно к обрабатываемым землям, сенокосам и пастбищам);

EF_{3PRP} = коэффициент выбросов N_2O от азота мочи и помета, оставленного на пастбище, выпасе и в загоне пастбищными животными и птицей, кг N_2O-N /кг поступающего N (таблица 3.2) (примечание: нижние индексы CPP и SO относятся соответственно к крупному рогатому скоту, домашней птице и свиньям (CPP); и к овцам и прочим животным (SO)).

<10> Почвы являются органогенными, если удовлетворяют приведенным ниже требованиям:

- толщина 10 см и более. Почвенный горизонт толщиной менее 20 см должен содержать 12% или более органического углерода при перемешивании до глубины 20 см;

- если почва насыщается водой единожды в течение нескольких дней и содержит более 20% (по массе) органического углерода (около 35% органического вещества);

- если почва эпизодически насыщается водой и содержит: i) по крайней мере, 12% (по массе) органического углерода (около 20% органического вещества), и она не содержит глины; или ii) по крайней мере, 18% (по массе) органического углерода (около 30% органического вещества) и она имеет 60% или более глины; или iii) промежуточное, пропорциональное количество органического углерода для промежуточных количеств глины.

Данные по слагаемому F_{CR} получают на основе статистики Росстата по посевным площадям всех культурных растений, включая однолетние и многолетние травы, в данном регионе. Следует отметить, что иногда статистические данные представляются в расчете на зеленую массу. Пересчет в массу сухого вещества может быть выполнен с помощью коэффициента 4,6. Количество азота растительных остатков, поступающего в почвы аграрного сектора, определяется умножением площадей культурных растений на соответствующие коэффициенты из таблицы 3.3. Для отсутствующих в таблице 3.3 видов растений могут быть использованы коэффициенты сходных видов. В целом по региону результаты суммируются. Составителям кадастров следует отдельно вычислить F_{CR} для рисовых полей.

Слагаемое F_{SOM} обозначает количество азота, минерализованного в результате потерь в почвенном органическом углероде в обрабатываемых почвах. Для расчетов по умолчанию может быть использован коэффициент 30 кг N/га, который следует умножить на общую площадь пахотных земель в регионе по данным региональной статистики Росстата и/или Росреестра. Методика более точных расчетов приведена в Справочном [руководстве](#).

Слагаемое FOS обозначает общую годовую площадь (га) осушенных органогенных почв с подразделением на осушенные земли обрабатываемых земель и земель кормовых угодий. Данные о площади осушенных органогенных почв (FOS) на территории пахотных земель и кормовых

угодий могут быть получены из официальной статистики Росреестра или по региональным данным. При отсутствии точных данных для оценки площади осушенных/обрабатываемых площадей может быть использовано экспертное заключение.

Косвенные выбросы N_2O из обрабатываемых почв оцениваются по формулам 4 и 5. Выбросы N_2O в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв, рассчитываются как:

$$N_2O_{(ATD)}-N = [(F_{SN} \cdot Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \cdot Frac_{GASM})] \cdot EF_4, (4)$$

где:

$N_2O_{(ATD)}-N$ = годовое количество N_2O-N , которое образуется в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв, кг $N_2O-N/год$;

$Frac_{GASF}$ = часть азота минеральных удобрений, которая улетучивается в виде NH_3 и NO_x , кг улетучившегося N/кг внесенного N (таблица 3.2);

$Frac_{GASM}$ = часть азота внесенных органических азотных удобрений (F_{ON}), а также азота мочи и навоза (помета), оставленных пастбищными животными (F_{PRP}), которая улетучивается в виде NH_3 и NO_x , кг улетучившегося N/кг внесенного или оставленного N (таблица 3.2);

EF_4 = коэффициент косвенных выбросов N_2O в результате осаждения азота из атмосферы на почву и водные поверхности, кг N- N_2O /кг улетучившихся $NH_3-N + NO_x-N$ (таблица 3.2).

Выбросы N_2O в результате вымывания и стока азота из обрабатываемых почв рассчитываются по формуле:

$$N_2O_{(L)}-N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot Frac_{Leach-(H)} \cdot EF_5, (5)$$

где:

$N_2O_{(L)}-N$ = годовое количество N_2O-N , образующееся в результате вымывания и стока антропогенных азотных соединений в обрабатываемые почвы, кг $N_2O-N/год$;

$Frac_{Leach-(H)}$ = часть всего добавленного к обрабатываемым почвам или минерализованного в обрабатываемых почвах азота, которая теряется через вымывание и сток, кг N/кг добавок N (таблица 3.2);

EF_5 = коэффициент косвенных выбросов N_2O от вымывания и стока азота, кг $N_2O-N/кг$ вымываемого и стекающего N (таблица 3.2).

Преобразование выбросов N_2O-N в выбросы N_2O для целей отчетности производится при помощи формулы 6:

$$N_2O = N_2O-N \cdot 44/28. (6)$$

IV. Отходы

В данном разделе приводятся методы оценки выбросов двуокси углерода (CO₂), метана (CH₄) и закиси азота (N₂O), происходящие при захоронении и сжигании твердых отходов. Методы оценки менее существенных выбросов, связанных с биологической переработкой (компостированием) твердых отходов, а также с очисткой и сбросом сточных вод, описаны в Справочном [руководстве](#).

Необходимо иметь в виду, что выбросы CO₂, связанные с захоронением твердых отходов, а также со сжиганием биологических отходов содержат только углерод органического происхождения. Такие выбросы не учитываются в секторе "Отходы" и не включаются в совокупный региональный выброс парниковых газов. Разработчикам инвентаризации следует также обратить внимание на то, что все выбросы от сжигания отходов, происходящие с использованием выделяющейся при сжигании энергии, учитываются в секторе "Энергетика".

Выбросы от вторичного использования отходов и стоков в качестве топлива и сырья в сектор "Отходы" не включаются, а относятся к секторам "Энергетика" или ПШИП. Выбросы, источниками которых являются не сами отходы, а деятельность по обращению с ними (например, использование топлива при их транспортировке и переработке), также следует относить к соответствующим секторам.

IV.1 Методологические вопросы выбора данных о деятельности

Обращение с отходами включает деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов. Деятельность по обезвреживанию отходов включает, в том числе, сжигание отходов, а размещение - хранение (складирование отходов в специализированных объектах сроком более чем одиннадцать месяцев в целях утилизации, обезвреживания, захоронения) и захоронение отходов (изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду).

Выбросы, образующиеся от отходов во время проведения других операций (сбора и предварительной подготовки, сортировки, транспортировки, стабилизации и т.д.), считаются незначительными и в оценку выбросов не включаются.

Различные виды отходов обычно объединяют в категории по их происхождению и особенностям учета: твердые бытовые (коммунальные) отходы (ТБО), отстой сточных вод, промышленные и некоторые другие. Эффективная практика заключается в учете всех этих категорий отходов в кадастре парниковых газов с разбиением их по категориям источников выбросов, при этом необходимо избегать как недоучета, так и двойного учета отходов. Значения отдельных характеристик состава для различных категорий/типов отходов, рекомендуемые для расчета выбросов как CO₂, так и CH₄, приведены в [таблице 4.1](#).

Значения, приведенные в [таблице 4.1](#) в процентах при выполнении расчетов, следует перевести в доли (путем деления на 100). Региональный элементный состав отдельных видов отходов и компонентный состав категорий (например, ТБО) являются важными факторами, оказывающими влияние на выбросы парниковых газов. При наличии региональных данных можно провести более точную оценку выбросов согласно методикам, приведенным в Справочном [руководстве](#).

Эффективная практика заключается в использовании при расчетах региональных данных

(ежегодных или периодически полученных) по образованию, составу и управлению отходами (по возможности, с учетом ввоза и вывоза отходов с территории региона). Данные могут быть получены из статистической отчетности по обращению с отходами, отчетов (в т.ч. различных региональных органов власти и компаний, ответственных за сбор и утилизацию отходов, промышленных предприятий и ассоциаций по обращению с отходами), утвержденных региональных документов по управлению отходами (нормативов, схем санитарной очистки и др.).

Для оценки количества отходов, образующихся у населения, не охваченного централизованными системами сбора отходов, могут быть использованы усредненные показатели образования ТБО на душу населения, приведенные в [таблице 4.2](#). При отсутствии отдельных данных по городским и сельским населенным пунктам о количестве такого населения, рекомендуется использовать данные таблицы 4.2 для сельского населения.

В зависимости от наличия исходных данных учет образования и утилизации промышленных отходов можно проводить как по отдельным видам отходов, так и по видам промышленности. Для промышленных отходов показатели переработки/повторного использования зачастую являются высокими, поэтому эффективной практикой является использование данных по фактическому захоронению и сжиганию отходов. При этом лишь те виды отходов, которые могут содержать способный к разложению органический или ископаемый углерод, включают в оценку выбросов парниковых газов. Некоторые виды отходов ввиду специфики их происхождения, состава и управления ими иногда выделяются в отдельные подкатегории, данные о которых могут включаться как в промышленные отходы (чаще всего), так и в ТБО, а также рассматриваться отдельно. К таким отходам относятся отходы медицинских учреждений (опасные отходы подвергаются сжиганию), сельскохозяйственные отходы (за исключением обращения с навозом, выбросы от которого относятся к [разделу "Сельское хозяйство"](#)), отстой сточных вод (осадок и ил, удаляемый из водоочистных сооружений).

При необходимости, данные о количестве отходов должны быть пересчитаны из объемных в массовые (используя данные о плотности) и из влажного веса в сухой (используя данные о влажности отходов).

IV.2 Выбросы CH_4 от захоронения твердых отходов

Оценка выбросов CH_4 от анаэробного биологического разложения твердых органических отходов, размещенных на полигонах захоронения и свалках (далее - СТО), включает выбросы от следующих категорий отходов:

- твердые бытовые отходы;
- отстой сточных вод;
- промышленные и сельскохозяйственные твердые отходы.

Выбросы CO_2 , связанные на СТО, главным образом, с разложением органического материала биологического происхождения (например, древесины, бумаги, картона) при проведении региональной инвентаризации не оцениваются и не учитываются. Не учитываются, ввиду их малости, также выбросы парниковых газов, происходящие при сжигании собираемого на СТО биогаза (если сбор и сжигание предусмотрены технологией работы СТО).

Выбросы CH_4 от захоронения твердых отходов на СТО рассчитываются по формуле:

$$\text{Выброс } CH_4 = \sum_{ij} [(W_{ij} \cdot DOC_i \cdot DOC_f \cdot MCF_j \cdot F \cdot 16/12) - R_j], \quad (7)$$

где:

Выброс CH_4 = масса поступившего в атмосферу CH_4 , Гг;

W_{ij} = масса отходов категории/вида i , захороненных на СТО типа j , Гг;

DOC_i = доля способного к разложению органического углерода в отходах категории/вида i ;

DOC_f = доля DOC , способного к разложению;

MCF_j = поправочный коэффициент CH_4 для СТО типа j ;

i = категория/вид отходов;

j = тип СТО;

F = объемная доля CH_4 в образованном на свалках газе;

$16/12$ = соотношение молекулярных весов CH_4 и C ;

R_j = масса собранного (рекуперированного) CH_4 , Гг.

Данные о захоронении ТБО на СТО могут быть получены из статистической отчетности по управлению отходами и вывозе ТБО. При отсутствии региональных данных по захоронению ТБО рекомендуется принять, что все образующиеся в регионе ТБО размещаются на региональных СТО. Данные о захоронении промышленных и прочих отходов также могут быть получены из статистической отчетности. Данные по образованию таких отходов могут быть использованы только при наличии информации о доле отходов, утилизируемых путем захоронения.

Способный к разложению органический углерод (DOC) - это углерод биологического происхождения в составе отходов, который способен к биохимическому разложению в анаэробных условиях на СТО. Его содержание измеряется в ГгС/Гг отходов, выражаемое в расчетах в массовых долях. При наличии данных рекомендуется использовать региональные значения DOC для каждой категории/вида размещаемых отходов. Значения рекомендуемого для расчета содержания DOC в разных категориях/типов отходов приведены в [таблице 4.1](#).

Доля фактически разложившегося органического углерода (DOC_f) - учитывает, что часть органического углерода на СТО не разлагается или разлагается очень медленно. Рекомендуемое значение для DOC_f составляет 0,5.

Поправочный коэффициент для CH_4 (MCF) - отражает влияние структуры свалки и практики управления отходами на условия разложения отходов и образование CH_4 . Эффективная практика предполагает, использование отдельных данных для количества отходов, захороненных на СТО различных категорий. Рекомендованные значения MCF приведены в [таблице 4.3](#). Рекомендуется принимать, что ТБО, образующиеся у населения, не охваченного централизованными системами сбора и удаления отходов, захораниваются на неуправляемых неглубоких СТО.

Доля CH_4 в газе, образованном на свалках (F), является показателем содержания CH_4 в свалочном газе (биогазе). Рекомендуемое значение F равно 0,5.

Количество рекуперированного метана (R) - это масса CH_4 , извлеченного в составе биогаза из СТО для утилизации или сжигания в факелах. Рекомендуемое значение R равно нулю, если сбор свалочного газа не применяется на СТО региона (что является типичной ситуацией для большинства регионов РФ в настоящее время).

Приведенная выше методика расчета является упрощенной: в ней условно принимается, что все выбросы CH_4 от захоронения отходов происходят в год захоронения, а также не учитываются выбросы от закрытых в предыдущие годы СТО. Более совершенная и сложная методика, для реализации которой требуются данные о захоронении отходов за период не менее 30 лет (метод затухания первого порядка), описан в Справочном [руководстве](#) и Руководящих принципах МГЭИК.

IV.3 Выбросы от сжигания отходов

Сжигание (инсинерация) отходов является одним из методов их обезвреживания и утилизации, а также одним из способов получения энергии. Ниже приводится методика оценки выбросов CO_2 и N_2O от сжигания на мусоросжигающих заводах и в специальных установках отходов следующих категорий:

- бытовые твердые отходы;
- отстой сточных вод;
- промышленные отходы.

Следует учитывать, что все выбросы, образующиеся при сжигании отходов с использованием выделившейся энергии (в том числе тепла), учитываются не в секторе "Отходы", а в секторе "Энергетика", а выбросы CO_2 от сжигания отходов, содержащих углерод биологического происхождения, не включаются ни в выбросы в секторе "Отходы", ни в совокупный региональный выброс, а приводятся в виде справочной информации. Выбросы от сжигания газа, нефти или других видов топлива, используемых в качестве топлива в процессе инсинерации отходов, рассматриваются в секторе "Энергетика".

Расчет выбросов CO_2 при сжигании отходов основывается на оценке количества ископаемого углерода в сожженных отходах и эффективности процесса его окисления по формуле 8:

$$\text{Выброс } \text{CO}_2 = \sum_i (IW_i \times FCF_i \times OF_i) \times 44/12, \quad (8)$$

где:

Выброс CO_2 = выбросы CO_2 в атмосферу, Гт/год;

IW_i = масса сожженных отходов категории/вида i (вес влажного вещества, Гт/год;

FCF_i = доля ископаемого углерода (во влажном веществе) сжигаемых отходов категории/вида;

OF_i = коэффициент окисления;

44/12 = коэффициент перехода от C к CO_2 ;

i = категории/виды отходов, подвергаемых сжиганию.

По формуле (8) можно также производить расчет выбросов CO_2 от отходов, содержащих органический углерод (данные о таких выбросах приводятся в региональном кадастре в качестве справочных). Такой расчет выполняется только в случае, если сжигание происходит с использованием выделяющейся энергии. При этом вместо доли ископаемого углерода (FCF) в расчете следует использовать долю биогенного углерода в сжигаемых отходах.

Расчет выбросов N_2O производится по формуле 9:

$$\text{Выброс } N_2O = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}, \quad (9)$$

где:

Выброс N_2O = выброс N_2O в атмосферу, Гг/год;

IW_i = масса сожженных отходов категории/вида i (вес влажного вещества), Гг/год;

EF_i = коэффициент выбросов N_2O (кг N_2O /Гг отходов) для отходов категории/вида i ;

10^{-6} = коэффициент для перевода килограммов в гигаграммы;

i = категория/вид отходов, подвергаемых сжиганию.

Эффективной практикой является разделение сжигаемых отходов на отдельные категории/виды в зависимости от их состава. При сборе данных следует учитывать, что разные виды промышленных отходов часто утилизируются отдельно. При отсутствии прямых данных о количестве сжигаемых отходов использование данных об образовании отходов в соответствующих категориях возможно только при наличии информации о доле сжигаемых отходов. Данные по сжиганию отходов могут быть получены из статистической отчетности по обращению с отходами, также можно использовать данные промышленных организаций - источников таких отходов и организаций, специализирующихся на их утилизации путем сжигания. При необходимости, вес сжигаемых отходов должен быть пересчитан соответствующим образом во влажный или сухой вес.

Доля ископаемого углерода (FCF) - определяет количество ископаемого углерода в разных категориях/видах отходов для оценки выбросов CO_2 от сжигания отходов, содержащих углерод ископаемого происхождения. При отсутствии данных о компонентном и/или элементном составе сжигаемых отходов, следует использовать рекомендуемые данные из [таблицы 4.1](#). При наличии данных о региональном компонентном составе ТБО (а также об элементном составе этих компонентов) можно использовать более точную методологию расчетов, приведенную в [Справочном руководстве](#).

Коэффициент окисления углерода (OF) - показывает, какая часть углерода в сжигаемых отходах окисляется до CO_2 . Рекомендуемое значение OF для всех категорий отходов составляет 1, при отсутствии дополнительной информации. В [Справочном руководстве](#) представлены данные и методология для возможного учета применяемых в регионе разных технологий сжигания.

Коэффициент выбросов N_2O (EF). Величина выбросов N_2O при сжигании отходов зависит от их состава, использованных технологий и методов сокращения выбросов NO_x . При отсутствии региональных данных для EF рекомендуется использовать данные [таблицы 4.4](#). Более подробно

этот вопрос изложен в Справочном [руководстве](#).

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

СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО ПО ПРОВЕДЕНИЮ ДОБРОВОЛЬНОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ОБЪЕМА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Часть I. Общие рекомендации и требования к отчетности

ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация, являясь Стороной Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН), приняла обязательства по формированию национальной политики и реализации мер, направленных на ограничение антропогенных выбросов парниковых газов из источников и увеличения их поглощения. Обязательства Российской Федерации составляют не превышение в период 2008 - 2012 гг. 100% от уровня антропогенных выбросов парниковых газов в 1990 году. Они зафиксированы в Киотском протоколе к РКИК ООН, и, в соответствии с данными подготовленного в 2014 г. Национального кадастра парниковых газов, Российская Федерация успешно выполнила принятые обязательства с 2008 по 2012 год. В 2013 г. Президент Российской Федерации установил новую цель по сокращению выбросов парниковых газов на период до 2020 г. на уровне, не превышающем 75% от уровня выбросов парниковых газов в 1990 г. ([Указ](#) Президента Российской Федерации N 752 от 30 сентября 2013 г. "О сокращении выбросов парниковых газов"). Во исполнение Указа Президента Правительством Российской Федерации был разработан [План](#) мероприятий по обеспечению к 2020 г. сокращения объема выбросов парниковых газов (утвержден Распоряжением Правительства Российской Федерации N 504-р от 2 апреля 2014 г.), которым предусмотрено формирование системы учета антропогенных выбросов парниковых газов.

В соответствии с [пунктом 3](#) Плана мероприятий Правительства Российской Федерации (далее - План мероприятий) Министерство природных ресурсов и экологии должно разработать Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации. Настоящие Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации (далее - Методические рекомендации) разработаны во исполнение [п. 3](#) и являются инструктивно-методическим документом, который позволяет определить объем антропогенных выбросов парниковых газов в количественном выражении во всех секторах экономической деятельности, осуществляемой в субъектах Российской Федерации. В Методических рекомендациях представлены методики, показатели и формы отчетной документации, необходимые для осуществления периодической добровольной инвентаризации выбросов парниковых газов. Использование Методических рекомендаций субъектами Российской

Федерации позволит определить объемы текущих антропогенных выбросов парниковых газов в пределах их административных границ, подготовить и представить отчеты для информирования федеральных и региональных органов исполнительной власти, территориальных органов управления, компаний и иных потребителей. Подготовленные отчеты составят основу формирования долгосрочных целей по сокращению выбросов парниковых газов на период до 2020 г. и перспективу на 2030 - 2050 гг. с учетом специфики хозяйственной деятельности субъектов Российской Федерации и приоритетов их социально-экономического развития. Получение регулярных оценок антропогенных выбросов парниковых газов субъектами Российской Федерации позволит судить о ходе достижения национальной цели по сокращению выбросов парниковых газов в Российской Федерации, установленной на период до 2020 г. [Указом](#) Президента Российской Федерации N 752 от 30 сентября 2013 г., и на перспективу после 2020 года.

1.1 НАЗНАЧЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ И ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Методические рекомендации по добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации разработаны на основе обобщения международного и российского опыта по методическому обеспечению количественных оценок антропогенных выбросов парниковых газов. При их подготовке были использованы инструктивно-методические руководства Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) и Национальные кадастры антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов Российской Федерации (Межправительственная..., 2006; Российская, 2014). В Методические рекомендации включены материалы национальных кадастров стран Приложения I к РКИК ООН, пилотных проектов по инвентаризации парниковых газов в регионах России и зарубежных стран и материалы независимого рецензирования национальных кадастров российскими организациями и международными группами экспертов. В них также учтены рекомендации ежегодных совещаний ведущих экспертов РКИК ООН и докладов Секретариата РКИК ООН по оценке национальных кадастров, что позволило актуализировать параметрическую информацию и методологические подходы к оценке выбросов парниковых газов применительно к условиям Российской Федерации. Таким образом, Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации полностью согласуются с международными методологиями подготовки кадастров парниковых газов и представления отчетности в органы РКИК ООН. Они также гармонизированы с Национальным кадастром антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов Российской Федерации. Методические рекомендации адаптированы к национальным условиям России и учитывают специфику хозяйственно-экономической деятельности ее субъектов.

В основу настоящих Методических рекомендаций положен сопоставимый с международной терминологией единый понятийно-терминологический аппарат, используемый при формировании системы мониторинга, отчетности и проверки объема выбросов парниковых газов в Российской Федерации, разрабатываемой Министерством экономического развития Российской Федерации во исполнение [пункта 1](#) Плана мероприятий Правительства России. Применяемые в Методических рекомендациях термины и их определения приводятся ниже.

Парниковые газы - газообразные составляющие атмосферы природного и антропогенного происхождения, которые поглощают и повторно излучают инфракрасную радиацию. В настоящих Методических рекомендациях приводятся методологии инвентаризации (количественной оценки) антропогенных выбросов парниковых газов, подлежащих обязательному учету в соответствии с решением Конференции Сторон РКИК ООН 24/СР.19. Согласно решению Конференции Сторон

РКИК ООН 24/СР.19 потенциалами глобального потепления для расчета антропогенных выбросов парниковых газов в эквиваленте диоксида углерода являются значения, приведенные в исправленной таблице 2.14 материалов Рабочей группы I МГЭИК для Четвертого доклада об оценке с учетом их воздействия в течение столетнего периода. Перечень парниковых газов, подлежащих обязательной оценке, и величины потенциалов их глобального потепления приводятся в [Приложении 2](#).

Антропогенные выбросы и поглощения парниковых газов - выбросы и поглощения парниковых газов, являющиеся результатом деятельности человека и включенные в национальные кадастры. Различие между природными и антропогенными выбросами и поглощениями заключается в данных о деятельности, используемых для их количественной оценки.

Инвентаризация антропогенных выбросов парниковых газов - процесс, включающий сбор данных об антропогенной деятельности, приводящей к выбросам парниковых газов, поиск и выбор коэффициентов выбросов и других параметров, количественную оценку величин антропогенных выбросов парниковых газов и анализ качества, пространственных и временных изменений полученных величин.

Мониторинг выбросов парниковых газов - система оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, включающая сбор сведений (отчетов) об объемах антропогенных выбросов парниковых газов предприятиями и организациями в процессе осуществления ими хозяйственной и иной деятельности на территории Российской Федерации, реализации мероприятий (проектов) по сокращению выбросов парниковых газов, в том числе с использованием механизмов государственной поддержки, а также предпринимаемых мерах адаптации к климатическим изменениям. Определение согласуется с [Концепцией](#) формирования системы мониторинга, отчетности и проверки объема выбросов парниковых газов, разрабатываемой во исполнение [Плана](#) мероприятий по обеспечению к 2020 г. сокращения объема выбросов парниковых газов, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации N 504-р от 2 апреля 2014 г.

Территория охвата означает учет и инвентаризацию всех антропогенных парниковых газов, выбросы которых имеют место в пределах границ территории субъекта Российской Федерации.

Год инвентаризации и временной ряд. Оценка антропогенных выбросов (или поглощения) выполняется за календарный год, в течение которого они произошли. Этот календарный год называется годом инвентаризации. В отдельных случаях выбросы могут быть оценены с помощью данных по другим годам с применением специальных методов. Последовательность ежегодных инвентаризаций (оценок выбросов) парниковых газов (например, за каждый год с 1990 до 2000) называется временным рядом. Ввиду важности тенденций выбросов необходимо, чтобы временные ряды их оценок были как можно более согласованными.

Кадастр выбросов парниковых газов (далее - кадастр парниковых газов) в контексте Методических рекомендаций является формой итогового отчета о результатах ежегодной инвентаризации выбросов парниковых газов в пределах территории охвата субъекта Российской Федерации. Кадастр выбросов (и поглотителей) парниковых газов субъекта Российской Федерации состоит из отчета о выбросах в форме доклада и стандартизованных таблиц совокупных выбросов парниковых газов субъекта Российской Федерации. Доклад о кадастре содержит описание методологии, данных и параметров, использованных для инвентаризации (количественной оценки) объема антропогенных выбросов парниковых газов, обсуждение и анализ полученных оценок, их точности и тенденций изменений. Таблицы совокупных выбросов охватывают парниковые газы и категории источников, подлежащие инвентаризации.

Сектор - значительная часть экономики субъекта, обладающая сходными общими характеристиками, экономическими целями, функциями и поведением, что позволяет отделить ее от других частей экономики в теоретических или практических целях. В целях инвентаризации антропогенных выбросов парниковых газов и подготовки кадастра парниковых газов субъекта Российской Федерации выделены следующие экономические сектора: энергетика, промышленные процессы и использование продукции, сельское хозяйство и отходы. Методические рекомендации по инвентаризации в каждом из выделенных секторов обобщены в отдельный том.

Категории источников (поглотителей) парниковых газов объединяют близкие виды хозяйственно-экономической деятельности и (или) производственно-технологические процессы, от которых в атмосферу поступают парниковые газы. Каждый экономический сектор состоит из отдельных категорий и подкатегорий источников. Подготовка кадастра парниковых газов субъекта Российской Федерации начинается с инвентаризации (оценки) выбросов парниковых газов от отдельных подкатегорий и категорий источников, входящих в сектор. Для каждой категории (подкатегории) источников в Методических рекомендациях приведены: методика оценки (расчета) объема антропогенных выбросов парниковых газов, вспомогательные данные (коэффициенты выбросов и другие параметры, необходимые для выполнения расчета) и рабочие формулы.

Методические рекомендации устанавливают единые для всех секторов и категорий источников принципы и порядок подготовки отчетности об объемах выбросов парниковых газов в пределах территории субъектов Российской Федерации, к которым относятся эффективная практика, уровни оценок, полнота, прозрачность, точность, согласованность, сравнимость и другие. Они соответствуют общепринятым международным подходам к количественной оценке выбросов парниковых газов и представлению отчетности о них, которые разработаны МГЭИК (Межправительственная, 2006) и РКИК ООН (решение Конференции Сторон РКИК ООН 24/CP.19) <1>. Их определения приведены ниже.

<1> Документ FCCC/CP/2013/10/Add.3,
<http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/rus/10a03r.pdf>.

Эффективная практика - комплекс организационно-технических и методических мероприятий по подготовке кадастра парниковых газов, обеспечивших высококачественную инвентаризацию парниковых газов, в которой их выбросы не являются ни переоцененными (завышенными), ни недооцененными (заниженными), насколько можно судить по использованным методам и подходам, и в которой неопределенности оценок уменьшены настолько, насколько это практически возможно.

Уровни оценок представляют собой комплекс подходов к расчету выбросов парниковых газов, различающихся по степени методологической сложности. Обычно предусматривается три уровня сложности расчетов. Методы Уровня 1 - простые методы расчетов, методы Уровня 2 - усложненные, предполагающие большую степень детализации расчетов, и методы Уровня 3 - наиболее сложные методически с точки зрения трудоемкости, потребности в данных и параметрах. Уровни 2 и 3 называются методами более высокого уровня и, как правило, являются более точными. В настоящих Методических рекомендациях представлена методология инвентаризации выбросов парниковых газов, соответствующая методам 1 и 2 Уровня. Информацию о методах третьего уровня оценки выбросов можно получить в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Рекомендуемые МГЭИК данные, параметры или коэффициенты - общедоступная

международная информация, включая статистические и иные данные о деятельности и показатели, необходимые для выполнения инвентаризации выбросов парниковых газов в отдельных секторах, а также разработанные МГЭИК на основе среднемировых данных коэффициенты выбросов, пригодные для использования во всех странах. В большинстве случаев использование рекомендуемых МГЭИК данных, параметров и коэффициентов возможно только при применении методов Уровня 1, а получаемые оценки выбросов парниковых газов характеризуются высокой неопределенностью и достаточно низкой достоверностью.

Ключевые категории дают наибольший вклад или оказывают значительное влияние на кадастр парниковых газов в части абсолютной величины выбросов (поглощений) парниковых газов, их тенденции или неопределенности. Ключевым категориям следует уделять приоритетное внимание при сборе данных о деятельности и параметрической информации их обобщения, а также обеспечении и контроле качества, отчетности и распределении ресурсов в целях совершенствования инвентаризации.

Полнота - выполнение оценок всех парниковых газов и категорий источников, выбросы которых имеют место в пределах территории субъекта Российской Федерации и для которых существуют методические рекомендации по инвентаризации. В случаях, когда оценки каких-либо категорий или газов не выполнены, их отсутствие должно быть документально подтверждено, а причины невыполнения инвентаризации объяснены и обоснованы.

Точность означает такие оценки выбросов парниковых газов, которые не являются ни систематически завышенными, ни заниженными относительно их реальных величин, насколько об этом можно судить, а неопределенности их оценки снижены насколько это практически возможно.

Прозрачность означает, что использованные в инвентаризации источники данных, допущения и методологии ясно объяснены в кадастре парниковых газов, благодаря чему может быть выполнено повторное воспроизведение расчетов выбросов и их анализ пользователями представленной в кадастре информации. Прозрачность кадастра является основой его успешного представления и рассмотрения.

Согласованность означает, что ежегодная инвентаризация парниковых газов должна согласовываться по всем годам, парниковым газам, категориям и другим элементам, включенным в отчетность. Кадастр является согласованным, если инвентаризация выбросов для всех лет выполнена с использованием одной и той же методологии и согласующихся данных о деятельности. Оценки должны быть произведены так, чтобы различия в результатах между годами и категориями отражали фактические различия в выбросах. Инвентаризации разных лет, выполненные с использованием разных методологий, могут считаться согласованными, если величины выбросов были пересчитаны прозрачным образом с использованием методологических руководств МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Сравнимость (сопоставимость) означает, что кадастр парниковых газов подготовлен таким образом, что содержащиеся в нем оценки выбросов могут быть сравнимы с кадастрами других субъектов Российской Федерации и других стран. Для этого при подготовке кадастров необходимо использовать единые и согласованные методические рекомендации и стандартизованные таблицы отчетности, классификации и определения категорий источников. Представление категорий источников должно соответствовать установленному табличному формату.

1.2 СТРУКТУРА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ

Методические рекомендации состоят из пяти частей (разделов):

Общие [рекомендации](#) и требования к отчетности;

[Энергетика](#);

[Промышленные](#) процессы и использование продукции;

[Сельское хозяйство](#);

[Отходы](#).

В [разделе](#) "Общие рекомендации и требования к отчетности" содержатся общие руководящие указания по порядку подготовки кадастра парниковых газов субъектами Российской Федерации. В него включены рекомендации по оценке неопределенности, методика выделения ключевых видов деятельности и категорий источников, описание порядка обеспечения и контроля качества, согласованности временного ряда и отчетности. Представлена общая структура доклада о кадастре парниковых газов субъекта Российской Федерации, приведены сокращения, коэффициенты пересчета основных используемых физических величин, потенциалы глобального потепления парниковых газов и другая справочная информация.

К проекту Методических рекомендаций прилагается комплект стандартизованных таблиц отчетности о совокупных выбросах парниковых газов субъекта Российской Федерации в электронной форме (в формате MS Excel). Стандартизованные таблицы совокупных выбросов парниковых газов обеспечивают прозрачное, согласованное и поддающееся сравнению (сопоставимое) изложение данных инвентаризации согласно единому перечню категорий источников выбросов.

Анализ неопределенностей характеризует диапазон и вероятность возможных значений кадастра в целом и его компонентов. Знание неопределенности параметров и величин выбросов позволяет понимать степень достоверность сведений на этапах сбора и обобщения данных. Оценка неопределенностей также способствует определению категорий, вносящих наибольший вклад в точность кадастра, и помогает устанавливать приоритеты его будущих улучшений.

В [томах 2 - 5](#) приведены рекомендации по инвентаризации выбросов парниковых газов в разрезе отдельных секторов экономической деятельности с детализацией по категориям и подкатегориям источников (видам экономической деятельности). В рекомендации для каждого сектора включены:

- набор расчетных методов определения объема выбросов парниковых газов для отдельных видов хозяйственно-экономической деятельности, составляющих категорию источников выбросов;

- рекомендации по выбору метода (методического уровня) количественного определения выбросов парниковых газов, применяемого для различных видов деятельности и категорий источников в зависимости от их вклада в совокупный выброс и доступности исходных данных для выполнения расчетов;

- описание последовательности количественного определения (расчета) выбросов первого и второго уровней для каждой категории источников;

- необходимые параметры для количественного определения выбросов, включая значения

коэффициентов выбросов для основных видов топлива, сырья и осуществляемых видов деятельности;

- рекомендации по порядку сбора данных о деятельности, определения коэффициентов выбросов, выполнения расчетов и обработки результатов;

- дополнительная информация, необходимая для оценки неопределенности расчетов выбросов парниковых газов по категориям источников и по субъекту Российской Федерации в целом;

- дополнительная информация, необходимая для разработки и осуществления обеспечения и контроля качества инвентаризации выбросов парниковых газов.

В приложениях к [томам 2 - 5](#) Методических рекомендаций содержатся рабочие формуляры инвентаризации выбросов, которые представляют собой таблицы для пошаговых расчетов выбросов. Рабочие формуляры обеспечивают удобный расчет по методологиям Уровня 1 и, в ряде случаев, Уровня 2.

Порядок отчетности организован в соответствии с экономическим сектором, в котором фактически производятся выбросы. Объем выбросов парниковых газов получается суммированием выбросов каждого парникового газа от всех категорий и подкатегорий, входящих в сектор по фактической величине. Совокупный объем выбросов по субъекту Российской Федерации рассчитывается суммированием выбросов по секторам и приводится в фактических единицах массы и в пересчете в эквивалент CO₂ в специально разработанных стандартизованных таблицах отчетности, которые прилагаются к Методическим рекомендациям в электронном виде. Выбросы от использования топлива при осуществлении международных морских и воздушных грузопассажирских перевозок не включаются в совокупные выбросы по региону, а представляются отдельно в виде справочной информации.

1.3 ПОРЯДОК ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Инвентаризация парниковых газов - поэтапный процесс, включающий выбор метода оценки, сбор данных о деятельности, коэффициентов выбросов и других параметров, оценку выбросов, контроль и обеспечение качества выполненных работ, проверку достоверности (верификацию) расчетов, оценку их неопределенности и, наконец, подготовку отчета в форме доклада о кадастре парниковых газов комплекта стандартизованных таблиц отчетности.

В общем виде методологический подход к инвентаризации (количественной оценке) антропогенных выбросов парниковых газов заключается в сборе информации о хозяйственно-экономической деятельности и (или) продукции (данные о деятельности), производство которых сопровождается выбросами парниковых газов, и параметрических показателей, которые определяют удельную величину выбросов парниковых газов на единицу выполненной деятельности и (или) произведенной продукции. Параметрические показатели называются коэффициентами выбросов. Таким образом, в обобщенном виде величина антропогенных выбросов парниковых газов в атмосферу представляет произведение данных о деятельности и соответствующих коэффициентов выбросов:

$$E = AD \cdot EF,$$

где:

E - величина эмиссии парникового газа (CO_2 , CH_4 , N_2O , ГФУ, ПФУ, SF_6 или NF_3), Гт;

AD - количественная информация о хозяйственно-экономической деятельности или произведенной продукции, ед.;

EF - коэффициент выбросов парникового газа (CO_2 , CH_4 , N_2O , ГФУ, ПФУ, SF_6 или NF_3) на единицу выполненной деятельности или произведенной продукции, Гт/ед.

Например, в энергетическом секторе потребление топлива представляет собой данные о деятельности, а масса CO_2 , выброшенного на единицу потребленного топлива, является коэффициентом выбросов. Формула расчета может быть изменена для включения иных параметров, кроме коэффициентов выбросов. Такими параметрами могут быть коэффициенты пересчета в единицы массы, теплотворные характеристики топлив и др. В случаях, когда имеют место временные задержки, например, период разложения материала на свалке или утечка хладагента из холодильных установок, предусмотрены другие методы расчета, такие как уравнение разложения первого порядка. В Методических рекомендациях приводятся и более сложные подходы к инвентаризации, так называемые более высокие уровни оценки выбросов, предусматривающие использование баланса массы вещества, математическое моделирование и проч.

Перед тем как приступить к оценке выбросов и поглощений необходимо ознакомиться с общими руководящими указаниями и отчетностью, представленными в данной части Методических рекомендаций. После этого следует обратиться к следующим частям для выполнения инвентаризации соответствующих секторов и конкретных категорий источников выбросов парниковых газов.

Последующие пересмотры кадастра должны основываться на уже выполненных оценках. При этом пересмотр должен совмещаться с усовершенствованием оценок выбросов от отдельных категорий источников. В этом случае приоритетными направлениями усовершенствований являются ключевые категории источников. Таким образом, создается итерационный процесс, в ходе которого кадастр парниковых газов совершенствуется с каждым новым составлением. При составлении пересмотренного кадастра следует осуществлять проверки его согласованности и обновлять все годовые оценки с учетом достигнутых улучшений в методологии, сборе данных о деятельности и иной параметрической информации. Полученные данные инвентаризации выбросов парниковых газов позволят органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации определить основные факторы изменения выбросов, оценить потенциал их сокращения и определить целевой показатель сокращения выбросов к 2020 году и на период до 2030 - 2034 гг. и на перспективу до 2050 года.

ГЛАВА 2. СБОР ДАННЫХ И ДРУГОЙ ИНФОРМАЦИИ

2.1 ВВЕДЕНИЕ

В контексте подготовки региональных кадастров парниковых газов данные можно определить как параметрическую информацию, используемую для расчетов и анализа их результатов. Сбор данных - комплекс формализованных мероприятий, адаптированных к условиям региона, который необходим для обнаружения и обработки информации из разных источников, включая специальные исследования или измерения. В настоящей главе представлены общие руководства по сбору и актуализации данных об экономической деятельности и коэффициентах выбросов. Рекомендации по выбору коэффициентов выбросов ориентированы на использование данных измерений и исследований. Порядок сбора данных для отдельных секторов

представлен в томах по секторам. Составитель кадастра должен осуществлять обеспечение и контроль качества собираемых данных (более подробная информация об обеспечении и контроле качества представлена ниже). Эффективной практикой управления данными являются:

- Сбор данных и информации в той степени детализации, которая соответствует используемому методу расчета.
- Обеспечение согласованности и непрерывности представления данных.
- Внедрение мероприятий по актуализации используемых данных (определение приоритетов, планирование, реализация, документирование, пересмотр мер сбора и т.д.).
- Выбор таких процедур сбора, которые повышают качество расчетов.
- Улучшение оценок ключевых категорий, которые являются крупнейшими, имеют наибольший потенциал к изменению или обладают наибольшей неопределенностью.

2.2 ПОРЯДОК СБОРА И УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ

2.2.1 Сбор доступных данных

Источники данных

Основными источниками данных для расчета выбросов парниковых газов в регионах являются субъекты хозяйственно-экономической деятельности, непосредственно ответственные за выбросы парниковых газов, и статистические учреждения (подразделения Росстата и (или) управления статистики органов исполнительной власти). Коэффициенты выбросов и другую параметрическую информацию можно взять из настоящего руководства либо из Национального доклада о кадастре Российской Федерации. Дополнительными источниками данных и информации могут быть научно-технические публикации, результаты исследований и международные организации (Организация Объединенных Наций (ООН), Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), Международное энергетическое агентство (МЭА), Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Евростат и др.). Некоторые данные могут быть получены на основе экспертных заключений или в результате использования электронных ресурсов информации (Интернет).

В большинстве случаев предпочтительно использовать региональную информацию (данные об экономической деятельности, коэффициенты эмиссии и конверсионные коэффициенты), так как она является наиболее точной и адекватно отражает хозяйственную деятельность в регионе. В случае недоступности региональной информации, следует использовать национальные или международные данные. Большинство международных данных зависят от национальных данных, и, в некоторых случаях, данные из известных международных организаций могут быть более доступными. Перекрестная проверка региональных, национальных и международных данных может помочь при оценке их полноты, точности и достоверности.

Порядок сбора данных

Для расчета выбросов парниковых газов зачастую используется информация, которая, как правило, собирается в целях, не связанных с подготовкой кадастра. Поэтому сбор данных лучше начинать с анализа их источников. Официальные статистические учреждения, региональные органы исполнительной власти и субъекты хозяйственно-экономической деятельности несут

ответственность за репрезентативность и точность информации и измерений. Порядок сбора информации и измерения в этих организациях унифицированы в соответствии с принятыми национальными (международными) стандартами и протоколами, чем гарантируется их достоверность и согласованность. Данные из других источников могут использоваться при условии, что их достоверность задокументирована и может быть проверена в соответствии с порядком обеспечения качества.

После выбора источника данных разрабатывается формализованный запрос на их представление. В запросе указывается перечень необходимых данных с указанием размерности, временного и пространственного охвата, сделанных допущений, точности (ссылки на стандарты или протоколы измерений, выполненные процедуры контроля) и сроки их представления. При установлении постоянного источника данных (например, предприятие, осуществляющее хозяйственно-экономическую деятельность в регионе, либо региональное отделение Росстата) целесообразно заключить соглашение о представлении данных на постоянной основе. Разработанные запросы и ответы на них необходимо сохранять в специальном архиве кадастра. Эффективная практика заключается в использовании одних и тех же периодов обобщения данных во временном ряду. Оптимальным периодом является один календарный год. Перечень данных и их источники следует периодически пересматривать в целях актуализации, при внедрении новых производственных технологий или методов расчета выбросов парниковых газов.

Суррогатные данные

Под суррогатными понимают альтернативные информацию и данные, имеющие высокую степень корреляции с теми данными, которые они заменяют. В случае отсутствия непосредственных данных суррогатные данные могут помочь заполнить пробелы и получить последовательный временной ряд или среднее значение. Эффективная практика при работе с суррогатными данными сводится к:

1. Документальному подтверждению соотношений между выбросами и суррогатными данными о деятельности.
2. Подтверждению (документации) статистически значимой корреляции между выбросами и суррогатными данными.
3. Расчету (как правило, при помощи регрессионного анализа) коэффициентов или соотношений между выбросами и суррогатными данными.

2.2.2 Получение новых данных

В случае отсутствия данных, коэффициентов эмиссий или других параметров, необходимых для расчета выбросов парниковых газов, требуется их получение. Получение новых данных может быть связано с непосредственными измерениями. Эту операцию следует выполнять специалистам, обладающим соответствующим опытом (например, измерения должны выполняться компетентными организациями с помощью откалиброванного оборудования, а сбор сведений и обзоры - государственными статистическими учреждениями).

Получение данных измерений

Надежные и сопоставимые результаты могут быть получены с помощью организованной программы измерений с обозначенными целями, методами, инструкциями, процедур обработки данных и отчетности, а также адекватной документации. Измерения целесообразно использовать

для определения или пересмотра величин выбросов и (или) их сокращений, коэффициентов выбросов, калибровки или проверки моделей, используемых для получения данных. При использовании данных измерений эффективная практика заключается в оценке, насколько использованные методы измерения и измеренные величины репрезентативны, то есть типичны и приемлемы для анализируемой категории источников и был ли использован подходящий метод измерений. Наилучшими методами измерения являются те, которые были разработаны официальными организациями стандартизации и испытаны для определения их технических характеристик. Применение стандартизированных методов измерения улучшает согласованность измеренных данных и предоставляет составителю кадастра дополнительную методическую информацию (уровни статистических неопределенностей, пределы обнаружения, чувствительность и т.д.). Подобные измерения соответствуют принятым стандартам и протоколам, например Стандартам Международной организации по стандартам (ISO), Европейским стандартам (EN) или соответствующим национальным стандартам. Эффективная практика заключается в том, чтобы документировать использованные стандарты измерений и управление их качеством.

2.2.3 Адаптация данных для кадастра

Используя существующие данные, производя новые измерения или комбинируя их, важно обеспечить требуемый уровень детализации и охват данных. Кадастры парниковых газов требуют последовательных оценок в рамках временного ряда и между категориями. Пробелы во временном ряду появляются тогда, когда доступные данные поступают реже, чем ежегодно (например, необходимы оценки за период 1990 - 2004 гг., а данные имеются только за 1995 г. и 2000 г.). Методы сращивания и экстраполяции, служащие для заполнения таких пробелов, подробно рассматриваются в главе Согласованность временного ряда. Включение улучшенных данных может происходить в случае, если были использованы более современные методы сбора данных (включая непосредственные измерения). При этом не обязательно, что новые данные могут подходить для более ранних лет. Например, при внедрении программ непосредственной выборки и измерений, во временном ряду могут возникнуть несогласованности, так как новая программа не в состоянии измерить прошлые условия. Иногда новые данные могут быть более детализованы (например, если коэффициенты выбросов для современного предприятия с газоулавливающим оборудованием отличаются от коэффициентов для предприятия без уловителей), а исторические данные о деятельности могут быть получены с использованием экспертных заключений или суррогатных данных. Методы согласованного включения улучшенных данных во временном ряду подробно изложены в главе о согласованности временного ряда.

Методы сращивания, описанные в главе о согласованности временного ряда, могут использоваться для управления рядами данных, которые ухудшились со временем. Ухудшение может произойти в результате изменения приоритетов, экономической реструктуризации, истощения ресурсов или использования других источников данных. Если данные неполные, например, измерения выполнены для 3 из 10 предприятий или информация доступна для 80 процентов территории региона, их, тем не менее, можно использовать, но они должны комбинироваться с другими данными. При использовании данных, которые не являются однородными (например, из-за внедрения технологии сокращения выбросов на каких-либо нескольких предприятиях), оценки должны быть выполнены на основе однородных массивов, а итоговая величина выбросов будет представлять собой сумму отдельных оценок.

2.2.4 Коэффициенты эмиссии и другие параметры

В поиске коэффициентов выбросов или других параметров обычно полагаются на доступную

научно-техническую литературу. В качестве источника коэффициентов выбросов и другой параметрической информации можно использовать Базу данных коэффициентов выбросов МГЭИК, данные международных организаций или другие полученные из литературы значения, которые адекватно отражают региональные или национальные обстоятельства. Эффективная практика заключается в использовании национальных или региональных литературных источников, прошедших рецензирование и апробацию. Некоторые из таких источников приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ

Название источника	Адрес в Интернете	Пояснения
Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 г.	http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html	Представлены рекомендуемые МГЭИК коэффициенты выбросов и другие параметры для упрощенных оценок (Уровень 1). Могут быть нерепрезентативными для региональных оценок.
База данных коэффициентов выбросов МГЭИК	http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/FDB/main.php	См. описание ниже. Могут быть нерепрезентативными для региональных оценок и (или) ключевых категорий.
Руководство ЕМЕП/CORINAIR по подготовке кадастра выбросов	http://www.emisia.com/copert/ http://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook/emep	Представлены коэффициенты выбросов и другие параметры для упрощенных оценок (Уровень 1), используемые в Европейском Союзе (ЕС). Может быть нерепрезентативным для региональных оценок и неподходящим для ключевых категорий.
Национальные доклады о кадастре, подготовленные Сторонами, входящими в Приложение I РКИК ООН, в том числе представленные Российской Федерацией	http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php	Представлены коэффициенты выбросов и другая параметрическая информация, которые можно использовать в кадастре. Но необходимо удостовериться в репрезентативности для региональных оценок и ключевых категорий.

База данных коэффициентов выбросов МГЭИК

База данных коэффициентов выбросов МГЭИК - непрерывно пополняемый интернет-форум информационного обмена коэффициентами выбросов и другими параметрами для оценки выбросов или поглощений парниковых газов. По существу, это библиотека информационно-справочной документации и ссылок, где пользователи могут найти новые коэффициенты выбросов и другие параметры. Критериями для включения данных в базу являются:

- Устойчивость: значение вряд ли изменится в пределах принятой методологии в случае повторения первоначальной программы измерений или моделирования.

- Применимость: параметры применимы, если категория источников, эксплуатационные и экологические условия, технологии сокращения и контроля выбросов, использованные для их измерения, являются четкими, а процедура их использования прозрачна.

- Документация: в базе данных представлена информация о доступе к техническим и справочным материалам.

Приведенные критерии позволяют судить о применимости коэффициента выбросов или другого параметра для использования в кадастре, но ответственность за использование информации ложится на пользователей.

Данные измерений

Когда выбросы зависят от производственных процессов и технологий (например, выделение метана и оксида азота в результате горения), то непосредственные измерения и мониторинг, вероятно, будут наиболее точными способами определения выбросов. Важно чтобы измерения были репрезентативными для конкретной деятельности. Например, измерения в дымовых трубах могут не учитывать потери от испарения или недожог топлива. Эффективная практика заключается в использовании приборов и инструментов, которые откалиброваны, прошли техническое обслуживание и регулярную проверку. Измерительное оборудование может быть различного качества и очень важно, чтобы процедуры технического обслуживания и калибровки проводились регулярно в соответствии с принятыми регламентами. Например, Стандарт ISO 17025:2005 "Общие требования к компетентности испытательных и поверочных лабораторий" описывает порядок обеспечения и контроля качества при проведении испытаний и измерений. Стандарты ISO также определяют: порядок отбора проб для автоматизированного определения концентрации газов (ISO 10396:2006); общие требования к испытательным и поверочным лабораториям (ISO/IEC 17025:2005); требования к процессам измерения и измерительному оборудованию (ISO 10012:2003).

Материалы ограниченного доступа и конфиденциальность

Доступ к информации может быть ограничен в связи с ее конфиденциальностью, коммерческой ценностью, необходимостью защиты авторских прав, отсутствием публикаций или по другим причинам. Защита информации и данных является одним из фундаментальных условий работы системы сбора и обобщения статистической информации. Учреждения статистики соблюдают обязательства по защите конфиденциальной информации. Следовательно, данные для инвентаризации выбросов парниковых газов должны использоваться таким образом, чтобы избежать раскрытия конфиденциальных сведений.

Заключения экспертов

Экспертные заключения по выбору методологии и исходных данных полезны для заполнения пробелов в данных, выбора данных из диапазона возможных значений или оценки их точности (неопределенности). Эксперты с необходимым опытом и квалификацией могут быть привлечены из государственных учреждений, торгово-промышленных компаний, научно-исследовательских институтов. Целью экспертной оценки может быть выбор методологии; наиболее подходящих данных о деятельности или параметров; или определение используемых технологий. Экспертные оценки особенно нужны для данных, которые малообъемные, ассиметричные или неполные. Случаи привлечения экспертов должны документироваться. Оформляются специальные протоколы экспертных заключений, образцы которых приводятся в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

ГЛАВА 3. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Оценки неопределенности - существенный элемент полного кадастра выбросов и поглощений парникового газа. Они должны быть получены как для совокупного регионального выброса парниковых газов, так и для его составляющих - секторов и категорий. Оценки неопределенностей являются инструментом совершенствования инвентаризации, поскольку они позволяют определить приоритеты и направления приложения усилий. В данной главе содержатся указания по оценке неопределенности, связанной как с оценками годовых выбросов, так и с тенденциями изменений выбросов во времени. Детальное изложение методов оценки неопределенности содержится в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006), в данных Методических рекомендациях приводятся только основные положения. В [томах 2 - 5](#) настоящих Методических рекомендаций для некоторых категорий источников выбросов приводится конкретная информация и данные, касающиеся оценок неопределенности выбросов. Примеры оценки неопределенности можно найти в национальном кадастре РФ (Российская, 2006).

Основными источниками неопределенностей оценок выбросов парниковых газов являются неопределенности коэффициентов выбросов (а также других параметров расчетных оценок выбросов) и неопределенности данных о деятельности. Данные о величине этих неопределенностей могут быть собраны в организациях, предоставляющих информацию для региональной инвентаризации, в научно-технической литературе, получены у экспертов. Возможно применение данных по умолчанию, представленных в [томах 2 - 5](#) настоящих Методических рекомендаций.

После определения неопределенностей данных о деятельности, коэффициентов выбросов или выбросов по категориям, они могут быть объединены для получения оценки неопределенности для всего кадастра за любой год и тенденции общей неопределенности кадастра во времени. Для этого может быть использован один из двух подходов: метод распространения неопределенностей (метод распространения ошибок) или метод Монте-Карло. Первый из этих методов более прост в практическом применении, метод Монте-Карло требует использования специализированного программного обеспечения. Использование обоих методов описано в (Межправительственная, 2006) <2>. Там же приведен рабочий формуляр (таблица для пошаговых расчетов) для метода распространения неопределенностей и рекомендуемая отчетная таблица. Количественный анализ неопределенности выполняется для 95-процентного доверительного интервала оценок выбросов, как для отдельных категорий, так и для совокупного регионального выброса.

<2> Перевод на русский язык Руководящих принципов МГЭИК содержит достаточно много неточностей и даже ошибок, поэтому в случае затруднений рекомендуется пользоваться англоязычным текстом Руководящих принципов, доступным на том же сайте.

ГЛАВА 4. КЛЮЧЕВЫЕ КАТЕГОРИИ

Ключевая категория - категория, которая оказывает значительное влияние на совокупный выброс парниковых газов по абсолютной величине (уровню выброса), тенденции, или неопределенности оценок его величины в кадастре. Составители кадастра могут установить приоритеты и сконцентрировать усилия на ключевых категориях и, тем самым, повысить его качество. Для ключевых категорий следует использовать методы, позволяющие получить более точные оценки (методы второго и третьего уровня), которые изложены в описании методик по отдельным секторам. В случаях, когда выбор более точной методики затруднителен или невозможен, можно использовать упрощенный метод (метод Уровня 1). Ключевые категории, расчеты для которых производятся с использованием упрощенных методов, должны рассматриваться в качестве приоритета будущих усовершенствований. Определение ключевых категорий будет полезным, когда анализ проводится на уровне категорий, которые подробно описаны, имеют дифференцированные методы оценки и различную точность. Источники можно ранжировать по вкладу в обобщенную ключевую категорию. При этом каждый парниковый газ рассматривается отдельно. Эффективная практика заключается в определении категорий, которые наиболее сильно влияют на неопределенность кадастра. Ключевые категории устанавливаются с использованием двух подходов, основанных на количественном анализе взаимосвязей между уровнем и тенденцией выбросов. При первом подходе ключевые категории определяются с использованием предустановленного интегрального порогового значения выбросов. Категории являются ключевыми, если при их суммировании в порядке убывания абсолютных величин полученное значение составит до 95 процентов от совокупной величины выбросов. Второй подход может использоваться, если имеются неопределенности категорий или параметров. При использовании подхода 2 категории сортируются согласно вкладу в неопределенность. Применение подхода 2 дополняет расчеты, выполнение по подходу 1.

4.1 АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ КАТЕГОРИЙ ПРИ ПОМОЩИ ПОДХОДА 1

При помощи подхода 1 оценивается влияние категорий источников и поглотителей на уровень и, возможно, тенденцию выбросов в кадастре парниковых газов. Эффективной практикой является оценка вклада и в уровень, и в тенденцию выбросов. Если кадастр готовился только за один год, выполняется оценка уровня.

Оценка вклада категории в уровень выбросов

Вклад категории источника (поглотителя) в совокупный уровень выбросов в кадастре рассчитывается по формуле 4.1:

Формула 4.1 Оценка вклада категории в уровень выбросов
(Подход 1)

$$L_{x,t} = \frac{|E_{x,t}|}{\sum_y |E_{y,t}|},$$

где:

$L_{x,t}$ - оценка вклада в уровень выбросов источника x в последнем году кадастра t ;

$|E_{x,t}|$ - абсолютное значение величины выброса или поглощения категории x в году t ;

$\sum_y |E_{y,t}|$ - сумма абсолютных величин выброса и поглощения в году t , рассчитанная с помощью выбранного для анализа степени агрегирования.

Согласно [формуле 4.1](#), к ключевым категориям относятся все категории, которые составляют до 95% суммы абсолютных величин $\sum_y |E_{y,t}|$, при их суммировании в порядке убывания вклада. Порядок анализа ключевых категорий проиллюстрирован в таблицах 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1

ПРИМЕР АНАЛИЗА КЛЮЧЕВЫХ КАТЕГОРИЙ ПО ОЦЕНКЕ ИХ ВКЛАДА
В УРОВЕНЬ ВЫБРОСОВ (ПОДХОД 1)

Код категории и МГЭИК	Наименование категории	Парниковый газ	Оценка за последний год ($E_{x,t}$) в единицах эквивалента CO_2	Абсолютное значение оценки за последний год $ E_{x,t} $	Оценка уровня $L_{x,t}$ (по формуле 4.1)	Сумма величин колонки F нарастающим итогом
A	B	C	D	E	F	G
Всего				$\sum_y E_{y,t} $	1	

В колонки от А до D вводятся данные кадастра. Итог в колонке D представляет собой чистый итог по выбросам и поглощениям. В колонке E берутся абсолютные значения величин из колонки D. Сумма всех значений в колонке E выводится в итоговой строке колонки E (этот итог может не совпадать с величиной нетто-выбросов в кадастре). В колонке F оценка уровня рассчитывается согласно [формуле 4.1](#). Как только расчет значений в колонке F выполнен, категории в таблице должны быть отсортированы в порядке убывания величины в колонке F. После этого в колонке G рассчитывается сумма величин в колонке F нарастающим итогом. Ключевыми категории являются тогда, когда при сложении в порядке убывания величины, они составляют до 95% суммы в колонке G. При корректном применении метода, сумма значений в колонке F должна быть равной 1. Обоснование выбора порогового значения в 95% для подхода 1 представлено в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Оценка уровня должна выполняться за базовый и за последний годы кадастра. Любые категории, отвечающие пороговому значению базового или последнего года, должны быть идентифицированы как ключевые. Если категория является ключевой для всех, или большинства лет по уровню, тенденции выбросов или по обоим показателям, то она должна быть идентифицирована как ключевая.

Оценка вклада категории в тенденцию выбросов

Целью оценки вклада в тенденцию выбросов является определение категорий, отличающихся от тенденции изменения выбросов независимо от того, является ли категория источником или поглотителем и увеличиваются ли выбросы или уменьшаются. Категории, тенденция которых более всего расходится с итоговой тенденцией, должны быть определены как ключевые. Оценка вклада в тенденцию выброса рассчитывается при наличии данных за более чем один год согласно формуле 4.2.

Формула 4.2 Оценка вклада в тенденцию выбросов (Подход 1)

$$T_{x,t} = \frac{|E_{x,0}|}{\sum_y |E_{y,0}|} \cdot \left[\left[\frac{(E_{x,t} - E_{x,0})}{|E_{x,0}|} \right] - \frac{(\sum_y E_{y,t} - \sum_y E_{y,0})}{|\sum_y E_{y,0}|} \right]$$

где:

$T_{x,t}$ - оценка вклада в тенденцию категории источника x в год t в сравнении с годом начала инвентаризации (год 0);

$|E_{x,0}|$ - абсолютное значение выброса категории x в году 0;

$E_{x,t}$ и $E_{x,0}$ - расчетные значения выбросов для категории x в годах t и 0;

$\sum_y E_{y,t}$ и $\sum_y E_{y,0}$ - абсолютные суммы величин выброса в годах t и 0 соответственно.

Тенденция, относящаяся к изменению величины выброса для категории с течением времени, рассчитана как разность значений выброса в первом (0) и последнем (t) годах инвентаризации, которую затем разделили на абсолютную величину выброса в начальном году. Тенденция изменений выбросов с течением времени рассчитана как разность значений выбросов в году начала инвентаризации (0) и последнем году (t), которую разделили на абсолютную величину выброса в году начала инвентаризации.

Таблица 4.2

ПРИМЕР АНАЛИЗА КЛЮЧЕВЫХ КАТЕГОРИЙ ПО ОЦЕНКЕ ИХ ВКЛАДА В ТЕНДЕНЦИЮ ВЫБРОСОВ (ПОДХОД 1)

Код категории и МГЭИК	Наименование категории	Парниковый газ	Значение за базовый год ($E_{x,0}$) в единицах	Значение оценки за последний год ($E_{x,t}$) в	Оценка тенденции и $T_{x,t}$ (по формуле)	Вклад в тенденцию	Сумма величин колонки G нарастающ
-----------------------	------------------------	----------------	--	--	---	-------------------	-----------------------------------

			эквивален та CO ₂	единицах эквивален та CO ₂	4.2)	$\frac{T_{x,t}}{\sum_y T_{y,t}}$ (%)	ИМ ИТОГОМ
A	B	C	D	E	F	G	H
Всего:					$\sum_y T_{y,t}$	1	

Значения в колонках А, В, С и Е идентичны тем, что используются в [таблице 4.1](#). Значение T_{xj} (всегда положительное) вставляется в колонку F в результате расчета по [формуле 4.2](#), а сумму всех значений вносят в итоговую ячейку колонки F. Процентный вклад каждой категории в столбце F должен быть рассчитан и вставлен в столбец G. Категории (строки таблицы) должны быть отсортированы в порядке убывания их величин в колонке G. Процентный вклад каждой категории в итог по столбцу G должен быть рассчитан и введен в столбец H. Категории являются ключевыми, когда при суммировании их в порядке убывания они составляют до 95% итога в колонке F.

4.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ КАТЕГОРИЙ ПРИ ПОМОЩИ ПОДХОДА 2

Подход 2 применяется при определении ключевых категорий и основан на результатах анализа неопределенности. Рекомендуется использовать подход 2 в дополнение к подходу 1. Подход 2 способствует пониманию того, почему отдельные категории являются ключевыми, и позволяет установить приоритеты по улучшению кадастра и уменьшению его неопределенности. Анализ ключевых категорий может быть усовершенствован с помощью внедрения оценок неопределенности. Применение подхода 2 к оценке вклада категории в уровень выбросов показано в формуле 4.3.

Формула 4.3 Оценка вклада категории в уровень выбросов с учетом неопределенности (Подход 2)

$$LU_{x,t} = \frac{(L_{x,t} \cdot U_{x,t})}{\sum_y [(L_{y,t} \cdot U_{y,t})]},$$

где:

$LU_{x,t}$ - оценка уровня выброса категории x за последний год (t) с неопределенностью;

L_{xt} - оценка вклада в уровень выбросов источника или поглотителя x в последнем году t ([формула 4.1](#));

$U_{x,t}$ и $U_{y,t}$ - процентное значение неопределенности категории за год t, рассчитанное как описано в главе о неопределенностях.

После расчета оценки уровня с неопределенностью, результаты следует отсортировать в порядке убывания, так же как при подходе 1. Категории являются ключевыми, если они составляют до 90% суммы всех $LU_{x,t}$. Значение 90% основано на пороговом значении, использованном в анализе с применением подхода 1 (Межправительственная, 2006). Формула 4.4 показывает, как можно оценить тенденции выбросов с применением подхода 2 с учетом неопределенности:

Уравнение 4.4 Оценка вклада в тенденцию выбросов
с учетом неопределенности (Подход 2)

$$TU_{x,t} = (T_{x,t} \cdot U_{x,t}),$$

где:

$TU_{x,t}$ - оценка тенденции для категории x за последний год (t) с учетом неопределенности;

$T_{x,t}$ - оценка вклада в тенденцию категории x в год t в сравнении с годом начала инвентаризации (формула 4.2);

$U_{x,t}$ - неопределенность категории за год t , выраженная в процентах и определенная согласно методологии в разделе о неопределенностях.

Результаты расчета следует сортировать в порядке убывания аналогично сортировке, использованной в подходе 1. Категории являются ключевыми, если они составляют до 90 процентов $TU_{x,t}$, аналогично значению, установленному для анализа с применением подхода 1 (Межправительственная, 2006).

4.3 КАЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ КАТЕГОРИЙ

Эффективной практикой считается использование качественного критерия для определения ключевых категорий. Примеры качественных критериев определения ключевых категорий приведены ниже.

- Методы и технологии сокращения выбросов. При сокращении выбросов (увеличении поглощения) для какой-либо категории благодаря смягчению изменения климата, определение такой категории в качестве ключевой считается эффективной практикой. Такая практика способствует повышению прозрачности и качества кадастра.

- Ожидаемый рост. В качестве ключевых рекомендуется указывать категории, для которых наиболее вероятно увеличение выбросов парниковых газов в будущем.

- Полнота. Ни подход 1, ни подход 2 не дадут корректных результатов, если кадастр неполон. Эффективной практикой является качественное изучение потенциальных ключевых категорий, которые еще не оценены количественно.

4.4 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Эффективная практика заключается в документировании результатов анализа ключевых категорий. Это важно для обоснования выбора метода оценки выбросов для каждой категории. Составителям кадастра следует приводить перечень критериев, по которым каждая категория

была определена как ключевая (например, уровень, тенденция или качественные критерии), а также метод, использованный для проведения анализа ключевой категории (например, подход 1 или подход 2). Для документирования результатов анализа ключевых категорий следует использовать [таблицы 4.1 и 4.2](#). Для обзора результатов анализа ключевых категорий используется [таблица 4.3](#).

Таблица 4.3

ОБЗОР АНАЛИЗА КЛЮЧЕВЫХ КАТЕГОРИЙ

Наименование категории	Парниковый газ	Критерии определения	Примечания

Примечания: Для описания используемого метода оценки применяются следующие условные обозначения: L - ключевая категория по оценке уровня; T - ключевая категория по оценке тенденции; и Q - ключевая категория по качественным критериям. Цифрой указывается подход, использованный для определения ключевой категории (например, L1, L2, T1 или T2). В колонке "Примечания" можно указать причины качественной оценки.

ГЛАВА 5. СОГЛАСОВАННОСТЬ ВРЕМЕННОГО РЯДА

5.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОГЛАСОВАННОСТИ ВРЕМЕННОГО РЯДА

Временные ряды инвентаризации выбросов являются важной частью кадастра парниковых газов субъекта Российской Федерации, так как показывают исторические тенденции выбросов и свидетельствуют об эффективности стратегий их снижения. Все оценки выбросов во временном ряду должны выполняться согласованно. По возможности, временной ряд должен рассчитываться с использованием одного и того же метода, и источников данных.

5.1.1 Пересчеты вследствие методологических изменений и улучшений

Методологические изменения в инвентаризации выбросов - переход от ранее использовавшегося метода одного уровня к методу другого уровня. Изменения методологии происходят при использовании новых данных о деятельности. Примером изменения методологии является переход к использованию метода Уровня 3 вместо метода Уровня 1 благодаря получению данных непосредственных измерений выбросов.

Усовершенствование методологии происходит, когда составители кадастра используют тот же самый уровень оценки выбросов, но применяют его, используя иной источник данных или агрегирование. Примером может быть уточнение выбросов метана при внутренней ферментации у крупного рогатого скота благодаря применению более точных коэффициентов выбросов или использованию однородных категорий животных. При этом инвентаризация по-прежнему проводится с использованием метода Уровня 2, но уже имеет более подробное агрегирование. Усовершенствования методологии являются важным фактором повышения качества кадастра. Эффективная практика заключается в усовершенствовании методов, когда:

- Произошли изменения данных о деятельности. Данные о деятельности определяют выбор метода оценки, и, таким образом, изменения в данных могут привести к изменению или совершенствованию методов.

- Категория источников стала ключевой. Категория источников может не быть ключевой в начале инвентаризации, однако может стать таковой со временем. Например, замена гидрофторуглеродами (ГФУ) и перфторуглеродами (ПФУ) озон-разрушающих веществ, использование которых прекращается согласно Монреальскому протоколу, приведет к росту выбросов, поскольку новые газы имеют более высокие потенциалы глобального потепления.

- Применявшийся ранее метод является недостаточным для отражения деятельности по уменьшению выбросов. По мере внедрения методов и технологий сокращений выбросов, составителям кадастров следует использовать методы, в которых можно показать результаты изменений в выбросах или поглощениях. В тех случаях, когда ранее использовавшиеся методы являются недостаточно прозрачными, эффективная практика заключается в их изменении или совершенствовании.

- Возможности для подготовки кадастра улучшились. Если составителям кадастра удастся улучшить возможности его подготовки, эффективная практика заключается в совершенствовании методов, чтобы получать более точные, полные и прозрачные оценки, особенно для ключевых категорий источников.

- Появились новые методы. Разработка новых методов с учетом совершенных технологий или научных знаний поможет улучшить качество и достоверность данных и установить новые источники выбросов.

- Корректировка ошибок. Осуществление процедур обеспечения и контроля качества может привести к обнаружению ошибок или погрешностей. Эффективная практика заключается в корректировке ошибок в ранее представленных оценках.

5.1.2 Добавление новых данных о выбросах парниковых газов

Добавление в кадастр новых данных о выбросах парниковых газов требует инвентаризации временного ряда с самого начала их оценки в субъекте Российской Федерации. При этом необходимо использовать один и тот же метод и согласованные ежегодные данные. Произвести сбор данных за предыдущие годы может оказаться нелегко. В этом случае для создания согласованного временного ряда рекомендуется использовать руководящие указания по методам сращивания. Добавление в кадастр новых данных может происходить если:

- Появились новые выбросы парниковых газов. Некоторые выбросы, особенно в секторе "Промышленные процессы и использование продукции", происходят в результате определенных технологических процессов. Например, использование новых заменителей озон-разрушающих веществ приводит к выбросам новых парниковых газов.

- Появились новые категории. Внедрение новых или пересмотр действующих технологий способствуют выявлению новых категорий, не охваченных ранее. В Руководящих принципах МГЭИК приведены рекомендации по оценке выбросов от новых категорий источников, отсутствовавших ранее (Межправительственная, 2006). Инвентаризация выбросов от новых категорий должна производиться для всего периода с момента их появления.

Эффективной практикой является объяснение причин изменений временного ряда.

5.1.3 Объяснение изменений временного ряда выбросов

Изменения в деятельности

Как правило, изменения экономической деятельности фиксируются национальной статистикой. Например, переход от угля к природному газу в качестве топлива для производства электроэнергии отражается в национальной статистике о потреблении топлива. Детализация данных о деятельности может способствовать повышению их прозрачности, так как показывает, где именно соответствующие изменения произошли. Для обеспечения согласованности временного ряда следует использовать, по возможности, тот же самый уровень детализации категорий, даже если изменения начались недавно.

Изменения в интенсивности выбросов

Интенсивность выбросов в пересчете на единицу данных о деятельности изменяется на протяжении временного ряда. Показатели, характеризующие изменения в технологиях, могут быть использованы при применении метода более высокого уровня. Например, данные о результативности мероприятий по снижению интенсивности анодных эффектов могут быть использованы для разработки нового коэффициента выбросов. Новый коэффициент может не подходить для оценки выбросов за предыдущие годы временного ряда до изменений в технологии. В этих случаях эффективная практика заключается в том, чтобы использовать обновленный коэффициент выбросов или другие параметры оценки для отражения технологических изменений. Причины использования различных коэффициентов или параметров должны быть обоснованы. Это особенно важно, если обследования происходят периодически, а коэффициенты выбросов или параметры оценки за промежуточные годы интерполируются.

Улавливание, разложение или сжигание выбросов

Большие точечные источники, такие как химические или энергетические предприятия, могут производить выбросы, но препятствовать их высвобождению в атмосферу посредством улавливания и хранения (например, CO₂), разрушения (например, ГФУ-23) или сжигания (например, CH₄). Составитель кадастра должен оценить общий объем выбросов и их сокращение отдельно, а затем вычесть сокращения из общего объема, чтобы получить фактическую величину выбросов в атмосферу.

5.2 УСТРАНЕНИЕ ПРОБЕЛОВ В ДАННЫХ

5.2.1 Вопросы, связанные с наличием данных

Для обеспечения полного и согласованного временного ряда необходимо определить наличие данных за каждый год. Выполнять пересчет предыдущих оценок с использованием метода более высокого уровня или составлять оценки для новых категорий будет трудно, если отсутствуют данные за какой-либо год или большее количество лет. Ниже представлены возможные причины пробелов в данных:

- Периодические данные. В субъекте Российской Федерации некоторые статистические данные могут не собираться не на ежегодной основе, а через определенные интервалы, например, раз несколько лет. Если данные поступают не ежегодно, годы между имеющимися данными необходимо пересчитывать. Для заполнения периода между последними имеющимися данными и поступлением новых данных необходимо выполнять экстраполяцию на основе имеющихся

данных, и затем пересчитывать полученные оценки выбросов при поступлении новых.

- Изменения и пробелы в данных. Доступность некоторых данных может измениться из-за изменений в порядке подготовки статистической отчетности, экономической реструктуризации или других причин. Тогда изменения или пробелы в данных сложно заполнять в силу их различий, а пересчет с использованием более свежих данных также маловероятен.

При использовании данных, отличных от календарного года, эффективная практика заключается в согласованном использовании одного и того же периода сбора во временном ряду. Не следует использовать данные различных периодов сбора в пределах одного и того же временного ряда, так как это может привести к отклонению в тенденциях выбросов, полученных на основе таких данных.

5.2.2 Методы сращивания данных

Понятие "сращивание" означает объединение или соединение нескольких методов формирования полного временного ряда. Если не представляется возможным использовать один и тот же метод или источник данных за все годы, можно использовать разные методы сращивания. Каждый такой метод подходит для определенных ситуаций. Выбор метода требует оценки конкретных обстоятельств. Эффективная практика заключается в выполнении "сращивания" с использованием нескольких методов перед тем, как вынести окончательное решение, и в документировании причины, по которой был выбран конкретный метод. Основные подходы к пересчетам представлены в [таблице 5.1](#).

5.2.2.1 Частичное совмещение

Метод частичного совмещения используется в тех случаях, когда внедряется новый метод инвентаризации выбросов, но отсутствуют данные для его применения к ранним годам временного ряда. Если новый метод нельзя использовать за все годы, может оказаться возможным построить временной ряд, основанный на соотношении (или частичном совмещении), наблюдавшемся между двумя методами в те годы, в которые использовались оба эти метода. По существу, временной ряд строится на основе предположения, что существует последовательное соотношение между результатами ранее использовавшегося и нового метода. Оценочные значения выбросов или поглощений за те годы, в которые новый метод не может использоваться непосредственно, устанавливаются путем пропорциональной корректировки ранее определенных оценочных значений выбросов на основе соотношения, которое наблюдалось в период частичного совмещения. В этом случае выбросы или поглощения, ассоциирующиеся с новым методом, оцениваются согласно формуле 5.1:

Формула 5.1 Пересчет оценок выбросов
с использованием метода частичного совмещения

$$y_0 = x_0 \cdot \left(\frac{1}{(n - m + 1)} \cdot \sum_{i=m}^n \frac{y_i}{x_i} \right),$$

где:

y_0 - пересчитанная величина выброса, вычисленная методом частичного совмещения;

x_0 - величина выброса, вычисленная при помощи ранее применявшегося метода;

y_i и x_i - значения, вычисленные при помощи нового и ранее применявшегося методов за годы с m до n , к которым применен метод частичного совмещения.

Соотношение между ранее применявшимися и новыми методами может быть определено путем сопоставления значений в период частичного совмещения только в рамках одного набора ежегодных оценок выбросов, однако, предпочтительно проводить сравнения значений за многие годы. Это связано с тем, что сопоставление значений только за один год может привести к отклонению и невозможно будет оценить тенденции. При оценке периода частичного совмещения могут быть получены и другие соотношения между оценочными значениями, определенными с использованием старого и нового методов. Например, может наблюдаться постоянная разность. В этом случае выбросы или поглощения, ассоциирующиеся с новым методом, оцениваются путем корректировки предыдущих оценок на постоянную величину, равную среднему значению разницы за годы частичного совмещения.

5.2.2.2 Метод замещения

Метод замещения привязывает выбросы или поглощения к данным о соответствующей деятельности или другим репрезентативным данным. Изменения в данных используются для имитирования тенденции выбросов (поглощений). Оценку следует привязывать к такому источнику данных, который наилучшим образом объясняет изменения во времени рассматриваемой категории источников. Например, выбросы из мобильных источников могут быть привязаны к изменениям пройденного транспортными средствами километража, выбросы от коммунальных сточных вод могут быть привязаны к численности населения, а промышленные выбросы могут быть привязаны к уровням производства в соответствующих отраслях промышленности (формула 5.2):

Формула 5.2 Оценка тенденции выбросов при помощи параметров замещения

$$y_0 = y_t \cdot (s_0 / s_t),$$

где:

y - оценка выбросов в годы 0 и t ;

s - показатель замещающего массива данных в годы 0 и t .

Несмотря на то, что соотношение между выбросами и замещающими их показателями может быть построено на основании данных за один год, использование значений за многие годы может дать лучшее качество оценки. Более точные соотношения можно определить, используя несколько массивов данных. При выборе массивов замещающих показателей целесообразно использовать регрессионный анализ. Использование метода замещения для оценки недоступных данных может повысить точность оценок, полученных при применении интерполяции и экстраполяции тенденции, которые рассматриваются ниже.

5.2.2.3 Интерполяция

В случае необходимости получения ежегодных оценок по данным, собирающимся периодически, то есть раз в несколько лет, значения за промежуточные годы во временном ряду

могут определяться путем интерполяции между известными оценками. Но если имеется информация об общих тенденциях исследуемых данных, сопряженных с ними или обуславливающих их показатели, предпочтительно использовать метод замещения. Для категорий с высокой изменчивостью тенденций выбросов (то есть, при их значительном колебании от года к году), интерполяция не будет соответствовать эффективной практике, и лучше воспользоваться методом замещения данных. Эффективная практика заключается в сравнении интерполированных оценок с замещающими данными в качестве процедур обеспечения и контроля качества.

5.2.2.4 Экстраполяция тенденции

В случае, когда подробные оценки не были определены за предыдущие или самые последние годы в кадастре, можно их определить путем экстраполяции от самых близких оценок. Экстраполяция тенденции концептуально аналогична интерполяции, но о фактической тенденции известно меньше. Экстраполяция может проводиться либо в направлении вперед (для оценки более поздних выбросов), либо в обратном направлении (для получения более ранних оценок). При этом подразумевается, что тенденция в выбросах за период с имеющимися данными остается постоянной. Учитывая это предположение, становится ясным, что экстраполяцию тенденции не следует проводить, если тенденция роста выбросов не является постоянной во времени. В этой ситуации более подходящим будет использование экстраполяций, основанных на замещающих данных. Экстраполяцию не следует также применять для продолжительных периодов времени без проведения подробных проверок в определенные интервалы с целью подтверждения сохраняющегося характера конкретной тенденции. При использовании периодических данных, экстраполяции будут предварительными, и экстраполированные величины будут пересчитываться по мере получения фактических данных. Следует отметить, что неопределенность экстраполированных оценок возрастает пропорционально длительности времени, в течение которого производится экстраполяция.

На практике наиболее часто используются линейные экстраполяции. Использование нелинейных экстраполяций возможно и может быть более подходящим в зависимости от наблюдаемых тенденций изменения величин. При применении нелинейной экстраполяции необходимо ее обосновать и продемонстрировать, что она является более подходящей, чем линейная. Для экстраполяции тенденций в прошлом необходимо использовать комбинации с другими методами сращивания, такими как методы замещающих данных и частичного совмещения.

5.2.2.5 Другие методы

В некоторых случаях может оказаться необходимой разработка специального подхода с целью получения наилучшей оценки выбросов во времени. Например, стандартные альтернативы могут оказаться не подходящими в случае изменения технических условий в рамках временного ряда (например, в результате внедрения технологии сокращения выбросов). В этом случае могут потребоваться пересмотренные коэффициенты выбросов, а также будет необходимо тщательно рассмотреть тенденцию в этих коэффициентах за рассматриваемый период. В случаях использования специализированных подходов эффективная практика заключается в их тщательном документировании, особенно в части согласования со стандартными альтернативными методами.

5.2.2.6 Выбор метода сращивания данных

Выбор метода сращивания данных зависит от экспертной оценки изменчивости тенденции выбросов, наличия значений для двух частично совмещенных методов, адекватности и доступности массивов замещающих данных и количества лет, по которым данные отсутствуют. В таблице 5.1 обобщены требования к каждому из методов и возможные условия их применения. Таблица 5.1 является скорее рекомендацией, чем предписанием.

Таблица 5.1

КРАТКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МЕТОДОВ СРАЩИВАНИЯ

Метод сращивания данных	Условия применения	Примечания
Частичное совмещение	Данные, необходимые для применения ранее использовавшегося и нового метода, должны быть доступны минимум за один год, но предпочтительно - за больший период.	<ul style="list-style-type: none"> - Наибольшая надежность достигается, когда частичное совмещение может быть оценено между двумя или несколькими массивами ежегодных значений выбросов. - Если тенденции выбросов, наблюдавшиеся при использовании ранее применявшихся и новых методов, являются непоследовательными и случайными, этот подход не может быть отнесен к эффективной практике.
Метод замещения	Коэффициенты выбросов или данные о деятельности, используемые в новом методе, имеют высокую корреляцию с другими хорошо известными и более доступными индикационными данными.	<ul style="list-style-type: none"> - Должен быть выполнен корреляционный анализ множественных массивов индикационных данных (единичных или в сочетаниях). - Не должен применяться для продолжительных периодов.
Интерполяция	Данные, необходимые для пересчета с использованием нового метода, имеются за перемежающиеся годы во временном ряду.	<ul style="list-style-type: none"> - Оценки выбросов могут быть линейно интерполированы за периоды, в которые новый метод не может быть применен. - В случае длительных годовых колебаний метод неприменим.
Экстраполяция тенденции	Данные для нового метода собраны не на ежегодной основе и отсутствуют на начало или на конец временного ряда.	<ul style="list-style-type: none"> - Наибольшая надежность обеспечивается, если тенденция носит постоянный характер во времени. - Не следует использовать, если тенденция изменяется (в этом случае наиболее подходящим может быть метод замещения). - Не должен применяться для продолжительных периодов.

Другие методы	Стандартные альтернативы не подходят в случае изменения технических условий в рамках временного ряда (например, в результате внедрения технологий сокращения выбросов).	<ul style="list-style-type: none"> - Тщательно документировать специализированные подходы. - Сравнить результаты со стандартными методами.
---------------	---	--

5.3 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ТЕНДЕНЦИЯХ

Если один и тот же метод и источники данных используются в рамках временного ряда, и при этом не производились пересчеты, то для обеспечения прозрачности достаточно следовать руководству по отчетности для каждой категории источников. Как правило, необходимо объяснить тенденции выбросов от каждой категории, уделяя особое внимание выделяющимся значениям, изменениям тенденций и экстремальным отклонениям. Дополнительные документальные обоснования представляются в случае пересчета (перерасчета) оценок или использования методов срачивания данных.

Пересчеты важно четко документировать. Документация должна объяснять причину выполнения пересчета и влияние его на временной ряд. В кадастр можно включить график или таблицу, показывающие соотношения между предыдущей и новой тенденциями данных. В таблице 5.2 приводится пример документирования пересчетов в целях отчетности или внутреннего контроля.

Таблица 5.2

КОНКРЕТНОЕ ДЛЯ КАТЕГОРИЙ ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ПЕРЕСЧЕТОВ

Категория/Газ	Выбросы (Гг)										
	20...	20...	20...	20...	20...	20...	20...	20...	20...	20...	20...
Предыдущие данные (PD)											
Последние данные (LD)											
Разница в процентах $100 * [(LD-PD) / PD]$											
Объяснение (причины пересчета):											

Методы срачивания должны быть документально обоснованы. В документации должны указываться годы, в которых отсутствовали необходимые данные, методика срачивания, а также используемые замещающие данные или данные частичного совмещения. Объяснение применения методики срачивания может быть выполнено при помощи графических диаграмм.

Уменьшение выбросов должно быть документально подтверждено. Необходимо указать подход, использовавшийся для контроля мероприятий по снижению выбросов, и предоставить

подтверждающие их показатели (например, описание технологий, ее эффективность, вмененные коэффициенты выбросов и др.).

5.4 ОБЕСПЕЧЕНИЕ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СОГЛАСОВАННОСТИ ВРЕМЕННОГО РЯДА

Наиболее эффективным способом обеспечения качества временного ряда является применение как общих, так и конкретных для категорий проверок. Например, проверки резко выделяющихся значений и предполагаемого коэффициента выбросов помогут установить возможные несогласованности во временном ряду. Важны проверки по отдельным категориям, так как они позволяют учитывать их особенности.

Обеспечение и контроль результатов сращивания описаны выше. Если альтернативные методы сращивания дают различные результаты, то необходимо обсудить, какой из них наиболее практичен. В некоторых случаях для проверки "сращенных" временных рядов могут быть использованы дополнительные замещающие данные.

Для проверки качества пересчета целесообразно выполнить параллельное сравнение пересчитанных значений оценок с предыдущими оценками при помощи таблицы (таблица 5.2) или графической диаграммы. Различия в тенденциях не обязательно предполагают проблему с перерасчетной оценкой. Методы более высокого уровня могут дать тенденции, отличные от методов низкого уровня, так как они более точно отражают фактические условия.

Когда можно использовать несколько подходов к анализу результатов мероприятий по уменьшению выбросов, целесообразно сравнить результаты. Если результаты отличаются в большей степени, чем ожидалось, эффективная практика заключается в объяснении причин различий и оценки того, нужно ли использовать другой подход или нет. Для детализированных оценок более высокого уровня вмененные коэффициенты выбросов могут служить удобным инструментом проверки согласованности тенденции и достоверности оценок уменьшения выбросов.

В некоторых случаях сбор данных о деятельности может быть прерван или радикально изменен. Такая ситуация вызывает серьезные проблемы в согласованности временного ряда. В этом случае эффективная практика заключается в тщательном изучении документации предыдущей системы сбора данных для лучшего понимания происшедших изменений, их влияния на данные и последствий несогласованностей временного ряда. Если соответствующей документации не имеется, в качестве альтернативного варианта можно составить показатели (например, количество выбросов на единицу произведенной продукции) и сравнить их между странами с аналогичной экономической структурой, в рамках временного ряда и с частичным совмещением двух методов сбора данных.

В случае выявления несогласованностей эффективная практика заключается в их исправлении и, по необходимости, применении соответствующего метода сращивания, как описано в данной главе.

ГЛАВА 6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА, ВЕРИФИКАЦИЯ

6.1 ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение качества, контроль качества (ОК/КК) и верификация (проверка достоверности) являются частью процесса подготовки кадастра парниковых газов. Итогами процедур обеспечения

и контроля качества и верификации могут быть обновленные и улучшенные оценки выбросов (поглощений) или неопределенности категорий источников. Понятия "контроль качества", "обеспечение качества" и "верификация" часто трактуются по-разному. Контроль качества (КК) определяется как система регулярных технических мероприятий по оценке и поддержанию качества регионального кадастра парниковых газов по мере его разработки. Контроль качества выполняется персоналом, задействованным в составлении кадастра, и включает регулярные и последовательные проверки:

- целостности, корректности, полноты и точности использованных данных о деятельности и параметров;

- соответствия использованных методов и подходов методологическим требованиям МГЭИК, РКИК ООН и Киотского протокола к РКИК ООН;

- корректности выполненных расчетов антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, выявления и устранения ошибок и упущений;

- правильности документирования и архивирования материалов кадастра и его проверок.

Процедуры контроля качества включают проверки порядка получения данных и выполнения расчетов, использования стандартизированных процедур для расчетов выбросов и поглощений, проведения измерений, оценки неопределенностей, архивизации информации и представления отчетности. Контроль качества предусматривает технические обзоры категорий, данных о деятельности, коэффициентов выбросов и других параметров, а также применяемых методов.

Обеспечение качества (ОК) определяется как плановая система процедур рассмотрения (или аудита), выполняемая независимыми лицами или учреждениями, не участвующими в непосредственной подготовке кадастра. Процедуры обеспечения качества применяются к законченному национальному кадастру парниковых газов, чтобы обеспечить по возможности самые точные оценки выбросов и поглотителей парниковых газов с учетом существующего уровня научных знаний и имеющихся данных. Обеспечение качества предусматривает рассмотрение и анализ данных о деятельности и других параметров, использованных при выполнении расчетов, а также эффективности ранее предпринятых мероприятий по контролю качества.

Верификация (проверка достоверности) определяется как комплекс мер и процедур, проводимых во время планирования и разработки кадастра, либо после его составления. Верификация призвана доказать надежность кадастра при применении его в соответствии с установленными целями. В контексте регионального кадастра под верификацией подразумеваются:

- выполнение оценок выбросов парниковых газов независимыми исполнителями и с использованием независимых данных;

- сравнение данных кадастра с оценками, выполненными независимыми специалистами или с использованием альтернативных методов.

В зависимости от использованных методик и этапа, на котором она проводится, независимая верификация может быть частью мероприятий по обеспечению и контролю качества кадастра.

Процедуры обеспечения и контроля качества и верификации должны применяться как к отдельным категориям источников, так и к кадастру в целом. Порядок и периодичность их

применения регламентируются лицами, ответственными за подготовку кадастра, которые должны координировать мероприятия в процессе работы над кадастром. Кроме того, составители кадастра несут ответственность за разработку и соблюдение требований плана по обеспечению и контролю качества. Эффективная практика заключается в определении конкретных обязанностей и мероприятий по планированию, подготовке и управлению процедурами обеспечения и контроля качества и верификации на следующих этапах работы над кадастром:

- Сбор данных о хозяйственно-экономической деятельности для отдельных категорий и секторов;

- Выбор методик расчета выбросов, коэффициентов выбросов и других параметров;

- Расчет величин выбросов или поглощений;

- Оценка неопределенности расчетов;

- Подготовка плана обеспечения и контроля качества;

- Документирование и архивирование.

Ответственность за проведение и документирование процедур обеспечения и контроля качества и верификации может быть передана другим агентствам и (или) организациям, осуществляющим их сбор. Но при этом необходимо удостовериться, что применяемые другими организациями и агентствами процедуры соответствуют общим требованиям обеспечения и контроля качества и верификации, представленным в настоящей главе.

План обеспечения и контроля качества

План обеспечения и контроля качества должен определять организацию, планирование и осуществление конкретных процедур проверки кадастра, а также организационные механизмы и ответственность, связанные с их осуществлением. Он должен включать перечень ежегодно установленных процедур и график их выполнения от начальных этапов подготовки кадастра до его завершения и представления. План является внутренним документом, предназначенным для обеспечения соответствия кадастра поставленным целям и задачам, а также возможности его улучшения. После разработки план может быть использован в качестве справочного источника в последующей работе над кадастром либо модифицирован в соответствии с результатами рассмотрения либо верификации кадастра.

Международная организация стандартизации (ИСО или ISO) ввела спецификации количественных показателей, мониторинга и отчетности по выбросам и поглощению парниковых газов для организаций (ISO 14064, <http://www.iso.org/>):

ISO 14064-1:2006 Парниковые газы - Часть 1: Описание руководящих принципов на организационном уровне для численной оценки и отчетности о выбросах и поглощениях парниковых газов.

ISO 14064-2:2006 Парниковые газы - Часть 2: Описание руководящих принципов на проектном уровне для мониторинга и отчетности об улучшениях, касающихся выбросов и поглощений парниковых газов.

ISO 14064-3:2006 Парниковые газы - Часть 3: Описание руководящих принципов для проверки правильности и достоверности суждений о парниковых газах.

В сферу охвата стандартов ИСО входят порядок составления кадастров парниковых газов, независимая проверка их корректности и достоверности, документирование данных и аудит, как часть системы управления качеством, и, наконец, порядок аккредитации. Отдельно следует отметить стандарты, посвященные эффективной практике управления качеством, которые могут быть полезными в качестве исходного материала при разработке планов обеспечения и контроля качества кадастров парниковых газов:

ISO 9000:2000 Системы управления качеством - Основы и терминология

ISO 9001:2000 Системы управления качеством - Требования

ISO 9004:2000 Системы управления качеством - Руководящие принципы совершенствования производительности

ISO 10005:1995 Системы управления качеством - Руководящие принципы для качества планов

ISO 10012:2003 Системы управления количественными измерениями - Требования к процессам проведения количественных измерений и к измерительному оборудованию

ISO/TR 10013:2001 Руководящие принципы документирования для систем управления качеством

ISO 19011:2002 Руководящие принципы для аудита систем управления качеством и/или борьбой с загрязнением окружающей среды

ISO 17020:1998 Общие критерии оперирования различными типами субъектов при выполнении инспекции.

6.2 ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Процедуры контроля качества включают проверку расчетов и данных, их полноту и документирование. Они должны регулярно применяться ко всем категориям. Процедуры контроля качества можно назначать ежегодно или раз в несколько лет в зависимости от объема работ и их содержания. Рекомендуется сочетать ручные и автоматизированные проверки. Например, проверку корректности ввода данных по отдельным категориям можно сочетать с автоматизированной проверкой их сумм. Примерный перечень процедур приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1

ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КАДАСТРА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Название процедуры	Содержание
Проверка документации о выборе данных, предположений, коэффициентов выбросов и других параметров	- Выполнить перекрестную проверку описаний данных о деятельности, коэффициентов выбросов и других параметров. Контроль корректности регистрации и архивирования информации о категориях

Проверка ошибок при копировании входных данных и ссылок	<ul style="list-style-type: none"> - Подтвердить корректность ссылок и библиографических данных во внутренней документации; - Провести выборочную перекрестную проверку введенных данных (либо измерений или параметров, использованных в расчетах) для каждой категории источников для определения ошибок копирования
Проверка правильности расчета выбросов	<ul style="list-style-type: none"> - Повторить комплекс расчетов выбросов; - Использовать метод простых приближений, дающий аналогичные результаты для проверки отсутствия ошибок ввода и (или) вычислений
Проверка корректности единиц измерения параметров, выбросов и переводных коэффициентов	<ul style="list-style-type: none"> - Проверить правильность единиц измерения в формулах расчетов; - Проверить использование единиц измерений от начала до конца расчетов; - Проверить правильность конверсионных коэффициентов; - Проверить правильность использования временных, пространственных и корректировочных коэффициентов
Проверка целостности базы данных	<ul style="list-style-type: none"> - Проверить последовательность ввода и управления данными; - Подтвердить правильность иерархической структуры базы данных; - Проверить корректность обозначения полей данных и их описания; - Обеспечить архивирование документации о базе данных и моделях
Проверка согласованности данных между категориями	<ul style="list-style-type: none"> - Установить общие для нескольких категорий параметры (например, данные о деятельности, постоянные величины) и подтвердить согласованность их величин в расчетах выбросов
Проверка последовательности обработки данных кадастра	<ul style="list-style-type: none"> - При подготовке резюме проверить корректность агрегирования по уровням отчетности данных о выбросах; - Проверить правильность переноса данных о выбросах и поглощениях между промежуточными расчетами и разделами кадастра
Проверка анализа неопределенности расчетных величин	<ul style="list-style-type: none"> - Проверить квалификацию лиц, выполняющих оценку неопределенности; - Проверить записи предположений и экспертных заключений; - Проверить полноту и корректность расчета неопределенностей; - При необходимости, выборочно повторить расчеты распределения вероятностей при анализах методом Монте-Карло
Проверка	<ul style="list-style-type: none"> - Проверить временную согласованность исходных данных

согласованности временного ряда	<p>каждой категории;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Проверить согласованность метода расчета по всему временному ряду; - Проверить изменения методологии, данных, ведущие к пересчетам; - Убедиться, что результаты мероприятий по снижению выбросов отражены в расчетах временного ряда
Проверка полноты	<ul style="list-style-type: none"> - Подтвердить, что оценки представлены по всем категориям (подкатегориям) и годам с базового года до года подготовки кадастра; - Определить понятия дополнительных категорий типа "Прочее"; - Проверить документирование пробелов в данных, приводящих к неполноте оценок
Проверка тенденции	<ul style="list-style-type: none"> - Для каждой категории источников сравнить оценки последнего и предыдущего кадастров. В случае изменений или отклонений от ожидаемых тенденций провести повторную проверку оценок и объяснить различия. Значительные изменения по сравнению с предыдущими годами могут указывать на возможные ошибки в исходных данных или расчетах; - Проверить совокупные выбросы, параметры и данные о деятельности по всему временному ряду; - Установить выделяющиеся или необычные значения или тенденции в данных о деятельности или расчетах во временном ряду и объяснить их
Обзор внутренней документации и архивов	<ul style="list-style-type: none"> - Проверить наличие подробной внутренней документации оценок выбросов и неопределенностей; - Проверить архивирование данных кадастра, вспомогательных других данных для содействия проведению подробного обзора; - Убедиться в надежности хранения архива после завершения кадастра; - Проверить целостность архивации данных внешними организациями, участвующими в подготовке кадастра

6.3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОТДЕЛЬНЫХ КАТЕГОРИЙ

Контроль качества отдельных категорий дополняет общие процедуры контроля и направлен на данные и методы расчета для отдельных категорий. Как правило, при таком контроле приоритет отдается ключевым категориям. При этом особое внимание уделяется коэффициентам выбросов, непосредственным измерениям и данным о деятельности.

6.3.1 Контроль качества коэффициентов выбросов

При использовании коэффициентов выбросов, рекомендуемых МГЭИК, эффективной практикой является оценка их применимости к условиям региона. Для этого региональные

условия сравнивают с условиями, при которых были установлены коэффициенты выбросов. Недостаток информации о рекомендуемых коэффициентах должен быть учтен при оценке неопределенности выбросов, рассчитанных на их основе.

Региональные и национальные коэффициенты выбросов могут быть разработаны на основе применяемой технологии, научных данных, местных характеристик и прочих критериев. Если осуществляемая в регионе хозяйственно-экономическая деятельность является типичной для страны в целом, в региональном кадастре можно использовать национальные коэффициенты выбросов. Если коэффициенты выбросов получены на основе измерений (на уровне источника), следует проверить, были ли включены в программу измерений процедуры контроля качества. Коэффициенты выбросов могут быть основаны на источниках вторичных данных, таких как научные исследования, статьи в научно-технических журналах, справочные издания и прочая литература. В таких случаях следует удостовериться в соответствии процедур контроля качества, предпринятых при подготовке материалов к публикации (либо изданию), изложенным в [таблице 6.1](#), а также наличии ограничений на использование вторичных данных. Целесообразно установить, подвергались ли вторичные данные независимой экспертизе и были ли конфликты интересов при их получении. При использовании математических моделей процедуры обеспечения и контроля качества должны включать:

(i) Проверку доступности документации модели (описание, допущения, логическое обоснование и научные доказательства, верификация результатов моделирования);

(ii) Проверку пригодности допущений, экстраполяций, интерполяций, калибровочных модификаций, характеристик данных к методам подготовки кадастров парниковых газов и региональным условиям;

(iii) Периодическое обновление или замену применяемых допущений благодаря новым измерениям и данным. Применение анализа чувствительности для определения ключевых допущений.

Непосредственные измерения выбросов могут быть использованы для разработки коэффициентов выбросов для отдельного источника или категории в целом. С другой стороны, если на предприятии осуществляется постоянное измерение (мониторинг) выбросов парниковых газов, нет необходимости устанавливать обратную связь с параметрами производственной деятельности, чтобы получить коэффициент выбросов. Использование стандартных методов измерения повышает согласованность данных. При наличии стандартных методов измерений выбросов, составителям кадастра следует их использовать. При этом необходимо подтвердить использование национальных или международных стандартов измерения качества воздуха, калибровки, обслуживания и использования измерительных приборов, обеспечивающие репрезентативные результаты (например, стандарты ISO 10012).

6.3.2 Контроль качества данных о деятельности

В основе методов оценки выбросов парниковых газов для многих категорий лежит использование данных о деятельности и связанных с ними переменных, которые представлены вторичными данными или являются результатами измерений. При использовании данных о деятельности из вторичных источников эффективная практика заключается в проверке и документировании связанных с ними процедур обеспечения и контроля качества. Необходимо удостовериться, соответствуют ли процедуры контроля качества вторичных данных мероприятиям, перечисленным в [таблице 6.1](#). В случае их соответствия достаточно указать источник данных и их приемлемость для регионального кадастра.

В случае несоответствия контроля качества вторичных данных процедурам, представленным в настоящем руководстве, составитель кадастра должен самостоятельно выполнить мероприятия по контролю качества данных. Неопределенность оценок должна быть пересмотрена в свете вновь полученных данных. Следует также пересмотреть порядок использования данных и возможности получения более точных оценок выбросов при помощи альтернативных, в том числе международных массивов данных. Одним из способов обеспечения и контроля качества является сравнение региональных (национальных) данных с независимыми источниками. Независимыми источниками являются торгово-промышленные ассоциации, университетские исследования и научная литература.

6.3.3 Контроль качества вычислений

Расчеты выбросов парниковых газов должны быть воспроизводимы, то есть повторяемы. Эффективная практика состоит в документировании не только исходных данных, параметров и их источников, но и алгоритма преобразований, порядка выполнения расчетов выбросов и полученных результатов. Последовательная проверка ввода исходных данных и процедур расчетов позволит избежать повторов, ошибок преобразования и прочих ошибок вычислений. Проверки могут быть выполнены как пошаговым повтором выполненных расчетов, так и путем независимых вычислений. Если оригинальные и проверочные вычисления не согласуются, эффективной практикой считается их анализ и выяснение причин расхождений. Все мероприятия по контролю качества вычислений должны быть задокументированы. Документация о выполненных процедурах должна храниться в архиве кадастра.

6.4 ПРОЦЕДУРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА

Обеспечение качества - деятельность, выходящая за рамки составления кадастра. Эффективная практика в отношении процедур обеспечения качества требует проведения объективной оценки кадастра и выявления областей, в которых могут быть сделаны усовершенствования. Обзор кадастра может проводиться в целом или по частям. Обеспечение качества дополняет контроль качества и подразделяется на процедуры Уровня 1 и Уровня 2. Их цель заключается в привлечении рецензентов, которые могут провести беспристрастный обзор кадастра. Эффективная практика заключается в использовании лиц, которые не участвовали в подготовке кадастра. Предпочтительно, чтобы это были независимые эксперты из других учреждений, национальные или международные эксперты, а также группы, которые не имеют прямого отношения к составлению кадастров. Мероприятия по обеспечению качества могут быть выполнены сотрудниками подразделений составляющего кадастр учреждения, которые не имеют отношения к той части кадастра, которая является предметом обзора.

Эффективная практика заключается в проведении независимого экспертного рецензирования (процедура Уровня 1) ко всем категориям источников до представления кадастра, чтобы своевременно выявить потенциальные проблемы и внести правки там, где это возможно. При этом приоритетное внимание следует уделять ключевым категориям источников и тем категориям параметры, данные и методы расчета которых были существенно изменены. Процедуры обеспечения качества Уровня 2 включают дополнительное проведение более обширных независимых экспертных рецензирования или аудитов кадастра, или его частей.

НЕЗАВИСИМОЕ ЭКСПЕРТНОЕ РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ

Независимое экспертное рецензирование включает обзор расчетов или предположений экспертами в отдельных областях. Экспертные обзоры целесообразно проводить по всем

категориям источников. Как правило, они осуществляется посредством обзора документации, связанной с методами расчета и результатами, но исключает сертификацию данных или справочной информации, которая проводится в рамках аудита. Эффективная практика заключается в привлечении квалифицированных экспертов к обзору системы сбора данных о деятельности, параметров и методов выполнения расчетов. Цель независимого экспертного рецензирования - удостовериться, что результаты, предположения и методы расчета правдоподобные, о чем выносятся суждения лицами, имеющими соответствующую компетенцию. Если уровень неопределенности какой-либо категории источников высокий, результаты независимого экспертного рецензирования могут быть основанием повышения точности расчета или улучшения количественной оценки неопределенности. Все независимые экспертные рецензии должны собираться и храниться в архиве кадастра. Для документации выполненных процедур целесообразно использовать формализованные листы проверок, образцы которых представлены в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

АУДИТ

Эффективной практикой является проведение аудитов для оценки эффективности соблюдения процедур, предусмотренных планом контроля качества. Аудиты могут проводиться по предыдущему кадастру, в ходе подготовки текущего кадастра или после его завершения. Аудитор должен быть независимым от составителя кадастра. Составителю кадастра целесообразно разработать график аудитов на важных этапах подготовки кадастра. Например, могут проводиться аудиты, связанные со сбором первоначальных данных, проведением измерений, копированием данных, расчетами и документацией.

6.5 ВЕРИФИКАЦИЯ

Верификация (проверка достоверности) расчетов выбросов парниковых газов основывается на сравнении массивов данных, полученных разными способами. Эти сравнения позволяют выявить ошибки в расчетах и игнорирование важных категорий источников. Сравнения могут быть с оценками других организаций или в других странах. Расхождения между данными кадастра и другими данными не обязательно рассматривать как ошибку. При анализе расхождений, важно учитывать, что значительные неопределенности могут быть связаны с самими альтернативными расчетами. Объектами для сравнения могут быть результаты расчета, полученные при помощи более простых и более сложных методологических подходов МГЭИК (применение методов более низких или более высоких уровней), альтернативных методологий оценки одной и той же категории, а также результатов независимых оценок.

Данные измерений концентраций парниковых газов в атмосфере могут быть использованы для моделирования выбросов, включая обратное моделирование. Модельные расчеты можно выполнить для локальных, региональных, национальных или глобальных условий, и они могут дать информацию как по уровню, так и по тенденции выбросов. В свою очередь, обратные модели рассчитывают потоки выбросов на основе измерений концентрации и моделей атмосферного переноса. Надо признать, что модели атмосферных концентраций сложны и могут иметь ограниченный характер применения. Обратные модели - сложные математические и статистические системы, для которых требуются непрерывные или почти непрерывные измерения. Кроме того, они требуют ресурсов и специальных знаний в области моделирования, чтобы корректно соотнести атмосферные данные с кадастром для сравнения. Оценки потоков при помощи обратного моделирования включают эффект природных источников и поглотителей, а также международный перенос. Неопределенности атмосферных моделей также слишком велики, чтобы они могли служить эффективным инструментом проверки достоверности расчетов. В

случаях, когда неопределенность результатов моделирования меньше рассчитанной неопределенности кадастра, модель может быть использована для улучшения кадастра. Сильное расхождение результатов моделирования с кадастром может указывать на отсутствующие источники и, возможно, серьезные ошибки в расчетах.

6.6 ДОКУМЕНТАЦИЯ, АРХИВАЦИЯ И ОТЧЕТНОСТЬ

Эффективная практика заключается в ежегодном документировании и архивировании всей информации, необходимой для подготовки региональных кадастров выбросов парниковых газов и их обзора. Ведение и архивирование документации надо организовать так, чтобы любую оценку можно было полностью документировать и воспроизводить в случае необходимости. Документируемые данные должны включать:

- предположения и критерии отбора данных о деятельности и коэффициентов выбросов;
- используемые коэффициенты выбросов, включая ссылки на руководства МГЭИК, опубликованные материалы или другую документацию по коэффициентам выбросов, используемых в методах более высокого уровня;
- данные о деятельности или ссылки на их источники;
- информацию о неопределенности, связанную с данными о деятельности и коэффициентами выбросов;
- использованные методы расчета и оценки неопределенности, а также обоснование их выбора;
- изменения в использованных данных о деятельности или методах расчета по сравнению с предыдущими годами;
- информация о лицах, обеспечивающих экспертное заключение о неопределенностях;
- подробные сведения об электронных базах данных или программном обеспечении, используемых для подготовки кадастра, включая издания, наставления по эксплуатации, требования к аппаратным средствам и любая другая информация, необходимая для обеспечения их последующего использования;
- рабочие тетради и промежуточные расчеты оценок категорий источников и укрупненных оценок, а также любые другие пересчеты предыдущих оценок;
- доклад о кадастре и любой анализ тенденций предшествующих лет;
- планы процедур обеспечения и контроля качества и результаты их осуществления.

Эффективная практика для документов о деятельности по обеспечению и контролю качества заключается в занесении информации о проверках, аудитах и обзорах, которые были проведены, их датах и исполнителях, а также поправках и изменениях в кадастре в результате деятельности по обеспечению и контролю качества. Эффективная практика заключается в составлении краткого отчета об обеспечении и контроле качества и основных выводах в качестве дополнения к региональному кадастру. В отчет должны быть включены ссылки на план обеспечения и контроля качества, график его выполнения и ответственность за его осуществление, а также описание выполненных мероприятий, проанализированных категорий и полученных рецензий. Также в

отчете должно быть представлено описание основных выводов и проблем в отношении качества исходных данных, методов, оценок выбросов парниковых газов и перерасчетов по каждой категории и пути их решения.

ГЛАВА 7. ПРЕКУРСОРЫ И КОСВЕННЫЕ ВЫБРОСЫ

Монооксид углерода (CO), оксиды азота (NO_x), летучие неметановые органические соединения и диоксид серы (SO₂) вносят определенный вклад в парниковый эффект, несмотря на то, что эти вещества не являются парниковыми газами прямого действия. В присутствии солнечного света монооксид углерода (CO), оксиды азота (NO_x) и летучие неметановые органические соединения (ЛНОС) вносят вклад в образование парникового газа озона (O₃) в тропосфере, и в связи с этим их часто называют "прекурсорами озона". Кроме того, выбросы NO_x играют важную роль в круговороте азота в природе. Выбросы диоксида серы приводят к образованию частиц сульфатов, которые также играют свою роль в изменении климата. Аммиак (NH₃) является прекурсором аэрозолей, но он имеет меньшее значение для образования аэрозолей, чем SO₂. В силу того, что парниковое воздействие, вызываемое указанными газами, является косвенным, потенциалы глобального потепления для них не определены. В рамках региональной инвентаризации выбросы CO, NO_x, летучих неметановых органических соединений и SO₂ не рассматриваются и не учитываются.

Большая часть углерода, содержащегося в выбросах иных, чем CO₂ газов, в том числе в выбросах CO, CH₄, летучих неметановых органических соединений, в конечном итоге окисляется в атмосфере до CO₂. Количественный подход к оценке массы образующегося таким путем CO₂ описан в (Российская, 2006). Однако в рамках региональной методики инвентаризации образование CO₂ в атмосфере в результате окисления других газов не рассматривается и не учитывается.

Не подлежат учету также косвенные выбросы N₂O, образование которых связано с химической и микробиологической трансформацией азота, поступающего в почву в результате выпадения из атмосферы антропогенных NO_x и NH₃. Однако выбросы N₂O в результате сельскохозяйственной обработки почв и внесения органических удобрений должны оцениваться и учитываться. Эти выбросы рассмотрены в томе 4 настоящих Методических рекомендаций. Косвенные выбросы N₂O, связанные с жидкими отходами, должны оцениваться и учитываться при проведении региональных инвентаризаций. Данные выбросы рассмотрены в разделе "Отходы" настоящих Методических рекомендаций.

ГЛАВА 8. ОТЧЕТНОСТЬ

8.1 ВВЕДЕНИЕ

В главе изложены основные рекомендации по обеспечению полной, согласованной и прозрачной отчетности по региональным инвентаризациям парниковых газов, безотносительно к методам, используемым для оценки выбросов. Рекомендации согласованы с основными подходами Руководящих принципов МГЭИК (Межправительственная, 2006) и российского национального кадастра (Российская, 2006). Отчетным документом региональной инвентаризации является доклад о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов субъекта Российской Федерации. Примерная структура доклада приведена в [Приложении 1](#).

8.2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОТЧЕТНОСТИ

8.2.1 Охват

Антропогенные выбросы и поглощения

Инвентаризации подлежат только антропогенные выбросы парниковых газов. Понятие "антропогенные выбросы" означает, что выбросы парниковых газов, включаемые в региональную инвентаризацию, являются результатом деятельности человека. Выбросы, являющиеся результатами ненарушенных человеком природных процессов, учету не подлежат.

Региональный кадастр выбросов парниковых газов

Региональный кадастр (кадастр парниковых газов субъекта Российской Федерации) должен включать выбросы парниковых газов, происходящие в пределах территории соответствующего региона. В то же время, необходимо учитывать следующее:

- Выбросы, связанные с использованием топлива на морских и воздушных судах, осуществляющих международные грузовые и пассажирские перевозки, не должны включаться в общий (совокупный) региональный выброс. Для обеспечения полноты отчетности данные об этих выбросах должны быть приведены отдельно в информационно-справочных целях.

- Выбросы CO₂ от автомобильного транспорта подлежат учету в регионе, в котором топливо было продано конечному потребителю. Такой же территориальный подход может использоваться в отношении других газов, в зависимости от методологического уровня, используемого для оценки выбросов.

- Категория рыболовства включает выбросы, связанные с использованием топлива при ведении рыболовного промысла во внутренних водоемах, в прибрежных районах и в открытом море. Все выбросы, связанные с рыболовством, учитываются в регионе, в котором топливо было продано конечным потребителям (физическим или юридическим лицам, осуществляющим рыбный промысел).

- Выбросы от потребления топлива в военных целях и при осуществлении деятельности силовых ведомств учитываются только, если заправка автомобильной или другой техники непосредственно осуществляется коммерческими организациями (на бензоколонках и т.д.). Отдельная оценка таких выбросов не производится, они оцениваются вместе с другими выбросами в соответствующих категориях источников. Выбросы от использования топлива, поставляемого для осуществления деятельности силовых ведомств централизованно, не учитываются.

- Фугитивные (летучие) выбросы, связанные с трубопроводным транспортом, например, при транспортировке нефти, или газа должны быть отнесены к региону, по территории которого проходит трубопровод или его участок. Таким образом, выбросы из одного трубопровода могут распределяться между различными регионами, в соответствии с прохождением его трассы.

- Методология для учета выбросов углерода <3>, входящего в состав не относящейся к топливу продукции, производимой из горючих полезных ископаемых или других не биогенных источников углерода, учитывает выбросы, образующиеся при производстве, использовании и разрушении такой продукции. Оценка выбросов производится в той категории, в которой такие выбросы фактически происходят (например, при сжигании отходов).

<3> В форме выбросов CO₂.

- В тех случаях, когда происходит улавливание выбросов CO₂ от промышленных процессов или крупных источников сжигания топлива, выбросы от его последующего использования должны быть отнесены к тому сектору, в котором CO₂ образуется. Например, выбросы CO₂, собранного для использования в теплицах (фумигация) или для производства газированных напитков, должны быть отнесены к категории источников, где производился сбор CO₂, несмотря на то, что их использование происходит на других производствах (в том числе и находящихся вне территории региона). Исключением из этого правила является захоронение CO₂ в специальных геологических хранилищах <4>.

<4> См. [раздел 1.3](#) и (Межправительственная, 2006).

- Выбросы CO₂ от сжигания биомассы для получения энергии в рамках региональной инвентаризации не оцениваются.

- N₂O, образующийся в результате химической трансформации атмосферных выпадений азота, относят к региону, являющемуся источником выбросов оксидов азота и аммиака. Принимается, что выброс N₂O происходит в тот же год, что и выбросы газов, подвергшихся атмосферной трансформации (подробнее см. [том 4](#)).

8.2.2 Учитываемые газы

Настоящие Методические рекомендации охватывают основные парниковые газы, оказывающие наибольшее воздействие на климат. Парниковые газы, подпадающие под действие Монреальского протокола к Венской конвенции об охране озонового слоя, в региональных кадастрах учитывать не предлагается. Такой же подход используется в руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006) и российском кадастре (Российская, 2006). Для расчета суммарных выбросов по категориям и общего (совокупного) регионального выброса, все выбросы индивидуальных газов пересчитываются в эквивалент CO₂; для пересчета используются потенциалы глобального потепления, определенные МГЭИК. Их значения приведены в [Приложении 2](#).

Газы, обладающие косвенным парниковым эффектом, перечисленные в [главе 7](#), а также ряд газов, учет которых не является строго обязательным согласно правилам РКИК ООН <5>, согласно настоящим Методическим рекомендациям инвентаризации не подлежат и в доклад о кадастре не включаются. Дополнительную информацию по этому вопросу можно найти в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

<5> Решение КС РКИК ООН 24/CP.19
(<http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/rus/10a03r.pdf>).

К парниковым газам, подлежащим учету в рамках региональных инвентаризаций относятся:

- диоксид углерода (CO₂)
- метан (CH₄)

- оксид диазота (N₂O)
- гидрофторуглероды (ГФУ): например, ГФУ-23 (CHF₃), ГФУ-134a (CH₂FCF₃), ГФУ-152a (CH₃CHF₂)
- перфторуглероды (ПФУ): (CF₄, C₂F₆, C₃F₈, C₄F₁₀, c-C₄F₈, C₅F₁₂, C₆F₁₄)
- гексафторид серы (SF₆)
- трифторид азота (NF₃) <6>.

<6> Выбросы трифторида азота в Российской Федерации в настоящее время, по-видимому, незначительны. Однако для обеспечения методического единообразия с национальным кадастром и с требованиями РКИК ООН он включен в настоящие методические рекомендации.

8.2.3 Временные рамки отчетности

Эффективной практикой считается проведение инвентаризации, полностью охватывающей календарный год. Если инвентаризации выполняются реже чем раз в год, то рекомендуется включать в инвентаризацию все пропущенные с момента предыдущей инвентаризации годы и представлять данные в годовом разрезе (для каждого года по отдельности). В [главе 2](#) представлены рекомендации по действиям при отсутствии данных за календарный год или при их непригодности к использованию.

8.2.4 Секторы и категории выбросов

Категории выбросов разделены на четыре основных сектора;

- Энергетика
- Промышленные процессы и использование продукции (ППИП)
- Сельское хозяйство
- Отходы.

Присутствовавший в предыдущих методических документах МГЭИК и в российском национальном кадастре сектор "Использование растворителей и другой продукции" объединен с сектором "Промышленные процессы".

Данная классификация несколько отличается от классификации, используемой в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006, т. 1). Однако она соответствует классификации РКИК ООН и будет применяться в российском национальном кадастре начиная с 2015 г. Оценке выбросов в каждом из секторов посвящен отдельный том настоящих Методических рекомендаций.

8.2.5 Условные обозначения и полнота информации

Внесение информации во все пункты отчетных таблиц инвентаризации соответствует принципам эффективной практики. Если оценка фактического количества выбросов и поглощений

не проводилась, или эти данные не могут быть представлены в таблицах, разработчики кадастра должны использовать условные обозначения из [таблицы 8.1](#). Условные обозначения могут использоваться, когда оценка выбросов или поглощения является неполной, или требует пояснения, а также когда сведения о выбросах определенных парниковых газов не предоставлены по какой-либо определенной категории источников или стоков. В связи с этим эффективной практикой считается предоставление в докладе о кадастре отчета о полноте каждой выполненной оценки выбросов.

Полнота означает, что при составлении кадастра были учтены все категории и все газы. Регион может считать, что для сбора данных по определенной категории или по газу, относящемуся к определенной категории, требуются непропорционально большие усилия, а эта категория или газ являются малозначительными для общего уровня и тенденций изменения региональных выбросов. В этом случае в докладе о кадастре необходимо перечислить все категории и газы из категорий, исключенные на этом основании, а также привести обоснование их исключения. При этом рекомендуется привести оценку вероятного уровня выбросов и определить категорию, как "не оценивалось" с условным обозначением NE в отчетных таблицах.

Таблица 8.1

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Условное обозначение	Определение	Объяснение
NE	Не оценивалось	Выбросы имеют место, но их оценка не проводилась или отчет по ней не был предоставлен.
IE	Включено в другом месте	Выбросы для данной деятельности или категории были оценены и включены в кадастр, но не представлены отдельно для данной категории. Категория, в которую включены эти выбросы и поглощения, должна быть обозначена (например, в виде примечания к соответствующей таблице).
C	Конфиденциальная информация	Данные о выбросах агрегированы и включены в другую часть кадастра, так как предоставление отчета о них на детализированном уровне может привести к разглашению конфиденциальной информации.
NA	Неприменимо	Деятельность или категория существует, но считается, что соответствующие выбросы никогда не имеют места. Такие ячейки в таблицах отчетности обычно скрыты.
NO	Не происходит	Деятельность или процесс не существует в регионе.

8.2.6 Единицы и число значащих цифр

Во всей документации должны использоваться единицы СИ (Международная система единиц). Выбросы следует выражать в единицах массы, и единицы должны использоваться последовательно в пределах сектора. В общих таблицах и таблицах по секторам выбросы, как

правило, выражаются в гигаграммах (Гг). Для повышения прозрачности также могут использоваться другие массовые единицы СИ. Число значащих цифр в приводимых цифровых данных должно соответствовать их величине (для каждого газа рекомендуется указывать величину выброса с точностью до 0,1% от общего выброса этого газа в регионе).

Все использованные коэффициенты преобразования для перевода исходных единиц в другие (например, коэффициенты для перехода от объемных к массовым единицам, или коэффициенты для преобразования теплотворных способностей топлив) должны быть включены в доклад о кадастре для обеспечения прозрачности. Коэффициенты преобразования энергетических величин приведены в [Приложении 2](#).

8.2.7 Прочая информация

Эффективной практикой считается предоставление в докладе о кадастре информации о пересчетах (перерасчетах), например, в табличной форме. Дополнительная информация, включаемая в доклад о кадастре, требуется для обеспечения его прозрачности. Доклад должен содержать понятные объяснения допущений и методологии, использованной в региональной инвентаризации. Прозрачность может быть обеспечена за счет выполнения рекомендаций по документированию и заполнения рабочих формуляров инвентаризации выбросов применительно к методам первого уровня. Регионы, использующие методы более высокого уровня, должны предоставить дополнительную документацию в дополнение к рабочим формулярам (или вместо них) в текстовой части кадастра.

Документация должна включать обоснование методологического выбора (выбора уровня), коэффициентов выбросов, данных о деятельности и других параметров, включая соответствующие ссылки и, при необходимости, документированное суждение экспертов. Отчет о кадастре также должен включать информацию о реализации плана обеспечения и контроля качества, о верификации, согласовании методологий, перерасчетах и оценках неопределенности, а также другую неколичественную информацию, имеющую отношение к сбору данных, неопределенностям, определению ключевых категорий и перерасчетам, в том числе, информацию, упоминаемую в [томах 2 - 5](#).

8.2.8 Таблицы отчетности

Стандартизованные таблицы отчетности обеспечивают прозрачное, согласованное и поддающееся сравнению (сопоставимое) изложение данных кадастров парниковых газов соответственно единому перечню категорий источников. В Методических рекомендациях приведены два вида таблиц отчетности о выбросах парниковых газов:

- Таблицы совокупных выбросов парниковых газов субъекта Российской Федерации;
- Рабочие формуляры инвентаризации выбросов.

Таблицы совокупных выбросов парниковых газов субъекта Российской Федерации состоят из 4 стандартизованных рабочих таблиц. Таблицы представлены в приложении к Методическим рекомендациям. Тексты таблиц содержат информацию о суммарных региональных выбросах парниковых газов с детализацией по секторам экономической деятельности и основным категориям источников (рабочие [таблицы 1 - 3](#)). Таблицы реализованы в электронном виде в формате MS Excel. Структурная организация рабочих таблиц 1 - 3 предусматривает ввод информации о выбросах парниковых газов (фактических данных или условных обозначений из [таблицы 8.1](#)) по отдельным секторам и категориям источников. Вводить цифровые величины и

условные обозначения нужно в нетонированные (незакрашенные) ячейки. Тонированные (закрашенные) ячейки содержат автоматические ссылки и формулы и не заполняются. Введенные в таблицы 1 - 3 данные автоматически суммируются по категориям, секторам и региону в целом в фактических величинах выбросов парниковых газов. Выбросы от использования топлива при осуществлении международных морских и воздушных грузопассажирских перевозках, которые не включаются в совокупные выбросы, а представляются отдельно в виде информационно-справочной информации. В таблице 4 выполняется автоматический пересчет введенных величин в эквивалент диоксида углерода. Таблицы совокупных выбросов подготавливаются и представляются субъектами Российской Федерации совместно с кадастром парниковых газов.

Рабочие формуляры инвентаризации выбросов представлены в приложениях к томам 2 - 5 Методических рекомендаций. Они представляют собой пошаговые таблицы расчета выбросов парниковых газов от всех категорий источников, установленных в соответствующем секторе. Алгоритмы расчета приведены в заголовках таблиц. Рабочие формуляры обеспечивают унифицированный и удобный расчет выбросов парниковых газов по методологиям Уровня 1 и, в ряде случаев, Уровня 2. Подробные рекомендации по заполнению рабочих формуляров приведены в [томах 2 - 5](#).

Список литературы

1. Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2006. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 г. Подготовлены Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. С. Игглестона, Л. Буэндиа, К. Мива, Т. Нгара и К. Танабе. Т. 1 - 5. ИГЕС, Япония (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html>).

2. Российская Федерация, 2006 -... Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. М., 2006 - 2014 (http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php).

Приложение 1

РЕКОМЕНДУЕМАЯ СТРУКТУРА ДОКЛАДА О КАДАСТРЕ

Резюме

- Обзор информации об изменении климата и инвентаризации парниковых газов в контексте субъекта РФ

- Резюме тенденций выбросов парниковых газов

- Обзор тенденций оценок парниковых газов в разрезе категорий источников выбросов

- Другая информация

1. Введение

1.1 Условия, имеющие отношение к разработке кадастра парниковых газов субъекта Российской Федерации

1.2 Описание предпринятых организационных мероприятий и порядка подготовки кадастра.

1.2.1 Организационные, нормативные и технические мероприятия

1.2.2 Обзор планирования, подготовки и управления кадастром

1.2.3 Обеспечение и контроль качества и верификация (план обеспечения и контроля качества, запланированные и выполненные процедуры, мероприятия по верификации оценок выбросов)

1.2.4 Организационные изменения, имевшие место со времени подготовки предыдущего кадастра (если применимо)

1.3 Процесс подготовки кадастра: сбор, обработка и хранение данных о деятельности

1.4 Краткое описание методологий, уровней оценки и источников данных

1.5 Краткое описание ключевых категорий

1.6 Обобщенная оценка неопределенности

1.7. Обобщенная оценка полноты кадастра

2. Тенденции выбросов парниковых газов

2.1 Тенденции совокупных выбросов парниковых газов и их обсуждение

2.2 Тенденции выбросов по секторам и их обсуждение

3. Энергетика

3.1 Обзор сектора в целом

3.2 Сжигание топлива

3.2.1 Сравнение секторного и базового подходов

3.2.2 Запасы и неэнергетическое использование топлива

3.2.4 Отдельные категории источников выбросов

3.2.4.1 Описание категории (характеристика источников)

3.2.4.2 Методологические вопросы (выбор метода, данных о деятельности, коэффициентов выбросов, параметров, допущения и их обоснование, другие методологические вопросы)

3.2.4.3 Оценка неопределенности и согласованность временных рядов

3.2.4.4 Обеспечение и контроль качества и верификация оценок по категории в целом

3.2.4.5 Перерасчеты и изменения, сделанные в ответ на проверки результатов инвентаризации выбросов (если применимо)

3.2.4.6 Планируемые усовершенствования (если применимо)

3.3 Выбросы от утечек и испарения топлив

3.3.1. Отдельные категории источников выбросов

3.3.1.1 Описание категории (характеристика источников)

3.3.1.2 Методологические вопросы (выбор метода, данных о деятельности, коэффициентов выбросов, параметров, допущения и их обоснование, другие методологические вопросы)

3.3.1.3 Оценка неопределенности и согласованность временных рядов

3.3.1.4 Обеспечение и контроль качества и верификация оценок по категории в целом

3.3.1.5 Перерасчеты и изменения, сделанные в ответ на проверки результатов инвентаризации выбросов (если применимо)

3.3.1.6 Планируемые усовершенствования

4. Промышленные процессы и использование иной продукции

4.1 Обзор по сектору

4.2 Отдельные категории источников выбросов

4.2.1 Описание категории (характеристика источников)

4.2.2 Методологические вопросы (выбор метода, данных о деятельности, коэффициентов выбросов, параметров, допущения и их обоснование, другие методологические вопросы)

4.2.3 Оценка неопределенности и согласованность временных рядов

4.2.4 Обеспечение и контроль качества и верификация оценок по категории в целом

4.2.5 Перерасчеты и изменения, сделанные в ответ на проверки результатов инвентаризации выбросов (если применимо)

4.2.6 Планируемые усовершенствования

5. Сельское хозяйство

5.1 Обзор по сектору

5.2 Отдельные категории источников выбросов

5.2.1 Описание категории (характеристика источников)

5.2.2 Методологические вопросы (выбор метода, данных о деятельности, коэффициентов выбросов, параметров, допущения и их обоснование, другие методологические вопросы)

5.2.3 Оценка неопределенности и согласованность временных рядов

5.2.4 Обеспечение и контроль качества и верификация оценок по категории в целом

5.2.5 Перерасчеты и изменения, сделанные в ответ на проверки результатов инвентаризации выбросов (если применимо)

5.2.6 Планируемые усовершенствования

6. Отходы

6.1 Обзор по сектору

6.2 Отдельные категории источников выбросов

6.2.1 Описание категории (характеристика источников)

6.2.2 Методологические вопросы (выбор метода, данных о деятельности, коэффициентов выбросов, параметров, допущения и их обоснование, другие методологические вопросы)

6.2.3 Оценка неопределенности и согласованность временных рядов

6.2.4 Обеспечение и контроль качества и верификация оценок по категории в целом

6.2.5 Перерасчеты и изменения, сделанные в ответ на проверки результатов инвентаризации выбросов (если применимо)

6.2.6 Планируемые усовершенствования

7. Другие категории (если применимо)

Приложения к кадастру

Приложение 1. Ключевые категории

- Описание методологии определения ключевых категорий

- Информация о степени детализации оценок

- Приложение 2. Оценка неопределенности кадастра

- Описание методологии определения ключевых категорий

- Таблица оценок неопределенности

Приложение 3. Подробные описания методологических вопросов, имеющих отношение к инвентаризации отдельных категорий (если применимо)

Литература и источники данных

ДОЛЬНЫЕ И КРАТНЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ,
КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕСЧЕТА, ФОРМУЛЫ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ДРУГАЯ
СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Таблица 1

ДОЛЬНЫЕ И КРАТНЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Множитель	Сокращение	Префикс	Символ
1000000000000000	10^{15}	пета	П
1000000000000	10^{12}	тера	Т
1000000000	10^9	гига	Г
1000000	10^6	мега	М
1000	10^3	кило	к
100	10^2	гекто	г
10	10^1	дека	дк
0,1	10^{-1}	деци	дц
0,01	10^{-2}	санти	с
0,001	10^{-3}	милли	м
0,000001	10^{-6}	микро	мк

Таблица 2

ЕДИНИЦЫ ВЕЛИЧИН И ИХ СОКРАЩЕНИЯ

Атмосфера	атм
Ватт	Вт
Гектар	га
Год	г
градус Цельсия	°С

Грамм	г
Джоуль	Дж
Калория	кал
киловатт-час	кВт-ч
Килограмм	кг
Километр	км
кубический метр	м ³
Миллион	млн.
Миллиард	млрд.
на душу населения	на д. н.
Паскаль	Па
сухое вещество	св
Тонна	т
Тонна условного топлива	т.у.т.
Час	ч
Эквивалент	экв.

Таблица 3

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И СТАНДАРТНЫЕ ЭКВИВАЛЕНТЫ

1 тонна нефтяного эквивалента (тнэ)	1 тнэ	1 x 10 ¹⁰ калорий	1 x 10 ¹⁰ кал
1 ктнэ		41,868 тераджоулей	41,868 ТДж
1 тонна условного топлива	1 т.у.т.	7 x 10 ⁶ калорий	7 x 10 ⁶ кал
1 т.у.т.		29,3 мегаджоулей	29,3 МДж
1 тонна	1 т	1 мегаграмм	1 Мг
1 килотонна	1 кт	1 гигаграмм	1 Гг
1 мегатонна	1 Мт	1 тераграмм	1 Тг
1 гигатонна	1 Гт	1 петаграмм	1 Пг
1 килограмм	1 кг	2,2046 фунта	2,2046 ф

1 гектар	1 га	10 ⁴ квадратных метров	10 ⁴ м ²
1 калория	1 кал	4,1868 джоулей	4,1868 Дж
1 атмосфера	1 атм	101,325 килоПаскаль	101,325 кПа
1 грамм	1 г	0,002205 фунта	0,00205 ф
1 тераджоуль	1 ТДж	2,78 x 10 ⁵ килоВатт час	2,78 x 10 ⁵ кВтч
1 киловатт час	1 кВтч	3,6 x 10 ⁶ джоулей	3,6 x 10 ⁶ Дж

Таблица 4

ФОРМУЛЫ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Химическая формула	Название газа
CO ₂	диоксид углерода
CH ₄	метан
N ₂ O	оксид диазота
SF ₆	гексафторид серы
NF ₃	трифторид азота
ГФУ	Гидрофторуглероды (Фторуглеводороды)
CHF ₃	ГФУ-23
CH ₂ F ₂	ГФУ-32
CH ₃ F	ГФУ-41
CF ₃ CHFCHFCF ₂ CF ₃	ГФУ-43-10mee
C ₂ HF ₅	ГФУ-125
C ₂ H ₂ F ₄ (CHF ₂ CHF ₂)	ГФУ-134
C ₂ H ₂ F ₄ (CH ₂ FCF ₃)	ГФУ-134a
C ₂ H ₃ F ₃ (CHF ₂ CH ₂ F)	ГФЭ-143
C ₂ H ₃ F ₃ (CF ₃ CH ₃)	ГФЭ-143a
CH ₂ FCH ₂ F	ГФУ-152
C ₂ H ₄ F ₂ (CH ₃ CHF ₂)	ГФУ-152a
CH ₃ CH ₂ F	ГФУ-161

C_3HF_7	ГФУ-227ea
$CH_2FCF_2CF_3$	ГФУ-236cb
CHF_2CHFCF_3	ГФУ-236ea
$C_3H_2F_2$	ГФУ-236fa
$C_3H_3F_5$	ГФУ-245ca
$CHF_2CH_2CF_3$	ГФУ-245fa
$CH_3CF_2CH_2CF_3$	ГФУ-365mfc
ПФУ	перфторуглероды
CF_4	перфторметан
C_2F_6	перфторэтан
C_3F_8	перфторпропан
C_4F_{10}	перфторбутан
c-C ₄ F ₈	перфторциклобутан
C_5F_{12}	перфторпентан
C_6F_{14}	перфторгексан
$C_{10}F_{18}$	перфтордекан
c-C ₃ F ₆	перфторциклопропан
CO	окись углерода
NO _x	окислы азота
NMVOС	летучие неметановые органические соединения
SO ₂	диоксид серы
NH ₃	аммиак

Таблица 5

ПОТЕНЦИАЛЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ <1>, <2>

Химическая формула газа	Название газа	Потенциал потепления <2>	глобального потепления
CO ₂	диоксид углерода	1	
CH ₄	метан	25	

N_2O	оксид диазота	298
SF_6	гексафторид серы	22800
NF_3	трифторид азота	17200
ГФУ		
CHF_3	ГФУ-23	14800
CH_2F_2	ГФУ-32	675
CH_3F	ГФУ-41	92
$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	ГФУ-43-10mee	1640
C_2HF_5	ГФУ-125	3500
$C_2H_2F_4 (CHF_2CHF_2)$	ГФУ-134	1100
$C_2H_2F_4 (CH_2FCF_3)$	ГФУ-134a	1430
$C_2H_3F_3(CHF_2CH_2F)$	ГФЭ-143	353
$C_2H_3F_3(CF_3CH_3)$	ГФЭ-143a	4470
CH_2FCH_2F	ГФУ-152	53
$C_2H_4F_2 (CH_3CHF_2)$	ГФУ-152a	124
CH_3CH_2F	ГФУ-161	12
C_3HF_7	ГФУ-227ea	3220
$CH_2FCF_2CF_3$	ГФУ-236cb	1340
CHF_2CHFCF_3	ГФУ-236ea	1370
$C_3H_2F_2$	ГФУ-236fa	9810
$C_3H_3F_5$	ГФУ-245ca	693
$CHF_2CH_2CF_3$	ГФУ-245fa	1030
$CH_3CF_2CH_2CF_3$	ГФУ-365mfc	794
ПФУ		
CF_4	перфторметан	7390
C_2F_6	перфторэтан	12200
C_3F_8	перфторпропан	8830
C_4F_{10}	перфторбутан	8860

c-C ₄ F ₈	перфторциклобутан	10300
C ₅ F ₁₂	перфторпентан	9160
C ₆ F ₁₄	перфторгексан	9300
C ₁₀ F ₁₈	перфтордекалин	7500
c-C ₃ F ₆	перфторциклопропан	17340

<1> Согласно исправленной таблице 2.14 вклада Рабочей группы I в Четвертый доклад об оценке МГЭИК (Источник: решение КС РКИК ООН 24/CP.19(<http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/rus/10a03r.pdf>)).

<2> Величина потенциала глобального потепления основана на воздействии за 100-летний период.

Таблица 6

ЧАСТО УПОТРЕБЛЯЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АТС	Автотранспортные средства
ВВП	Валовый внутренний продукт
КРС	Крупный рогатый скот
МГЭИК	Межправительственная группа экспертов по изменению климата
Минприроды России	Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации
Минпромторг России	Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
Минтранс России	Министерство транспорта Российской Федерации
Минэнерго России	Министерство энергетики Российской Федерации
МЭА	Международное энергетическое агентство
НД	Нет данных
НМЛОС	Неметановые летучие органические соединения
ОАО	Открытое акционерное общество
ОКВЭД	Общероссийский классификатор видов экономической деятельности

ОКПД	Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности
ООН	Организация Объединенных Наций
ООО	Общество с ограниченной ответственностью
ПГ	Парниковый газ
ПГП	Потенциал глобального потепления
РКИК ООН	Рамочная Конвенция ООН об изменении климата
Росавиация	Федеральное агентство воздушного транспорта
Росгидромет	Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
Росприроднадзор	Федеральная служба по надзору в сфере природопользования
Росстат	Федеральная служба государственной статистики
СНГ	Союз независимых государств
СНиП	Строительные нормы и правила
ТБО	Твердые бытовые отходы
ТПО	Твердые промышленные отходы
ТЭС	Тепловая электрическая станция
ФЗ	Федеральный закон
ФТС России	Федеральная таможенная служба Российской Федерации
ХПК	Химическое потребление кислорода

Приложение 3

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ТАБЛИЧНЫЙ ФОРМАТ ОТЧЕТНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ

Регион:

Общие региональные выбросы ПГ <1>
(лист 1 из 3)

Отчетный год:

Год разработки инвентаризации:

Категории источников выбросов ПГ <2>	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	ГФУ	ПФУ	Смесь ГФУ и	SF ₆	NF ₃
--------------------------------------	-----------------	-----------------	------------------	-----	-----	-------------	-----------------	-----------------

С. Metallургическая промышленность								
Д. Неэнергетическое использование топлив и использование растворителей				#	#	#	#	#
Е. Электронная промышленность	#	#	#					
Ф. Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ	#	#	#					
Г. Производство и использование другой продукции								
Н. Прочее								

<1> Таблица "Общие региональные выбросы ПГ" состоит из 3-х листов. Заполнению (данными или условными обозначениями) подлежат все незакрашенные ячейки. Тонированные ячейки содержат автоматические ссылки и формулы, которые не должны быть изменены.

<2> ПГ - парниковые газы.

<3> Условные обозначения (NK (Notation Key)) включают: NA (not applicable) - не применимо, NE (not estimated) - не оценено, NO (not occurring) - не происходит, IE (included elsewhere) - включено в другом месте.

Регион:

Общие региональные выбросы ПГ <1>
(лист 2 из 3)

Отчетный год:
Год разработки инвентаризации:

Категории источников выбросов ПГ <2>	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	ГФУ	ПФУ	Смесь ГФУ и ПФУ	SF ₆	NF ₃
	(тыс. т)			(тыс. т CO ₂ экв.)			(тыс. т)	
3. Сельское хозяйство	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#
А. Внутренняя ферментация	#		#	#	#	#	#	#
В. Сбор, хранение и	#			#	#	#	#	#

использование навоза								
С. Выращивание риса	#		#	#	#	#	#	#
Д. Сельскохозяйственные почвы	#			#	#	#	#	#
Е. Сжигание растительных остатков на полях	#			#	#	#	#	#
Ф. Известкование				#	#	#	#	#
Г. Прочее				#	#	#	#	#
4. Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство <3>, <4>	#	#	#	#	#	#	#	#
А. Лесные земли	#	#	#	#	#	#	#	#
В. Обрабатываемые земли	#	#	#	#	#	#	#	#
С. Сенокосы и пастбища	#	#	#	#	#	#	#	#
Д. Водно-болотные угодья	#	#	#	#	#	#	#	#
Е. Поселения	#	#	#	#	#	#	#	#
Ф. Прочие земли	#	#	#	#	#	#	#	#
Г. Заготовленные лесоматериалы	#	#	#	#	#	#	#	#
Н. Прочее				#	#	#	#	#
5. Отходы	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#
А. Захоронение твердых отходов			#	#	#	#	#	#
В. Биологическая обработка твердых отходов	#			#	#	#	#	#
С. Инсинерация и открытое сжигание отходов				#	#	#	#	#
Д. Очистка и сброс сточных вод	#			#	#	#	#	#
Е. Прочее				#	#	#	#	#
6. Прочее (пожалуйста, укажите)								

<1> Заполнению (данными или условными обозначениями) подлежат все незакрашенные ячейки. Тонированные ячейки содержат автоматические ссылки и формулы, которые не должны быть изменены.

<2> Условные обозначения (NK (Notation Key)) включают: NA (not applicable) - не применимо, NE (not estimated) - не оценено, NO (not occurring) - не происходит, IE (included elsewhere) - включено в другом месте.

<3> Сектор Землепользования, изменение в землепользовании и лесное хозяйство не заполняется при составлении региональных кадастров выбросов ПГ.

Регион:

Общие региональные выбросы ПГ <1>
(лист 3 из 3)

Отчетный год:
Год разработки инвентаризации:

Категории источников выбросов ПГ <2>	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	ГФУ	ПФУ	Смесь ГФУ и ПФУ	SF ₆	NF ₃
	(тыс. т)			(тыс. т CO ₂ экв.)			(тыс. т)	
Справочная информация: <3>	#	#	#	#	#	#	#	#
Международное бункерное топливо	0,00	0,0 0	0,00	#	#	#	#	#
Авиация				#	#	#	#	#
Водный транспорт				#	#	#	#	#
Многосторонние операции	#	#	#	#	#	#	#	#
Выбросы CO ₂ от биомассы		#	#	#	#	#	#	#
Уловленный CO ₂		#	#	#	#	#	#	#
Длительное хранение С в местах захоронения отходов		#	#	#	#	#	#	#

<1> Заполнению (данными или условными обозначениями) подлежат все незакрашенные ячейки. Тонированные ячейки содержат автоматические ссылки и формулы, которые не должны быть изменены.

<2> Условные обозначения (NK (Notation Key)) включают: NA (not applicable) - не применимо, NE (not estimated) - не оценено, NO (not occurring) - не происходит, IE (included elsewhere) - включено в другом месте.

<3> Выбросы ПГ, представленные в разделе "Справочная информация", не должны быть

суммированы с общими региональными выбросами.

Регион:

Общие региональные выбросы ПГ
в CO₂ эквиваленте <1>, <2>
(лист 1 из 1)

Отчетный год:
Год разработки инвентаризации:

Категории источников выбросов ПГ	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	ГФУ	ПФУ	SF ₆	Смесь ГФУ и ПФУ	NF ₃	Всего
	CO ₂ экв. (тыс. т)								
Всего	0,0 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0,00
1. Энергетика	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
А. Сжигание топлива (секторальный подход)	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
1. Энергетические отрасли	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
2. Промышленность и строительство	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
3. Транспорт	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
4. Другие сектора	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
5. Прочие	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
В. Летучие (фугитивные) выбросы от топлива	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
1. Твердое топливо	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
2. Нефть и природный газ и другие выбросы в результате производства энергии	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00

С. Транспортировка и геологическое хранение CO ₂	0,0 0	#	#	#	#	#	#	#	0,00
2. Промышленные процессы и использование продукции	0,0 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0,00
А. Производство продукции из минерального сырья	0,0 0	#	#	#	#	#	#	#	0,00
В. Химическая промышленность	0,0 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0,00
С. Металлургическая промышленность	0,0 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0,00
Д. Неэнергетическое использование топлив и использование растворителей	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0
Е. Электронная промышленность	#	#	#	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0
Ф. Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ	#	#	#	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0,00
Г. Производство и использование другой продукции	0,0 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0,00
Н. Прочее	0,0 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0
3. Сельское хозяйство	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
А. Внутренняя ферментация	#	0,00	#	#	#	#	#	#	0,00
В. Сбор, хранение и использование навоза	#	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
С. Выращивание риса	#	0,00		#	#	#	#	#	0,00
Д.	#	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00

Сельскохозяйственные почвы									
Е. Сжигание растительных остатков на полях	#	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0
Ф. Известкование	0,00	#	#	#	#	#	#	#	0
Г. Прочее	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0
4. ЗИЗЛХ <3>	#	#	#	#	#	#	#	#	#
А. Лесные земли	#	#	#	#	#	#	#	#	0,00 #
В. Обрабатываемые земли	#	#	#	#	#	#	#	#	0,00 #
С. Сенокосы и пастбища	#	#	#	#	#	#	#	#	0,00 #
Д. Водно-болотные угодья	#	#	#	#	#	#	#	#	0,00 #
Е. Поселения	#	#	#	#	#	#	#	#	0,00 #
Ф. Прочие земли	#	#	#	#	#	#	#	#	0,00 #
Г. Заготовленные лесоматериалы	#	#	#	#	#	#	#	#	0,00 #
Н. Прочее	#	#	#	#	#	#	#	#	0,00 #
5. Отходы	0,00	0,00	0,00	NA	NA	NA	NA	NA	0,00
А. Захоронение твердых отходов	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
В. Биологическая обработка твердых отходов	#	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
С. Инсинерация и открытое сжигание отходов	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
Д. Очистка и сброс сточных вод	#	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
Е. Прочее	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00

	0								
6. Прочее (пожалуйста, укажите)	0,0 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Справочная информация:	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Международное бункерное топливо	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
Авиация	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
Водный транспорт	0,0 0	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
Многосторонние операции	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Выбросы CO ₂ от биомассы	0,0 0	#	#	#	#	#	#	#	0,00
Уловленный CO ₂	0,0 0	#	#	#	#	#	#	#	0,00
Длительное хранение С в местах захоронения отходов	0,0 0	#	#	#	#	#	#	#	0,00

Всего выбросы, CO ₂ экв.	0,00
-------------------------------------	------

<1> Данная таблица заполняется автоматически на основе информации в таблице "Общие региональные выбросы ПГ", которая состоит из 3-х рабочих таблиц (см. предыдущие листы). Не допускайте ручного ввода информации в данной таблице. Для корректной оценки общих региональных выбросов в CO₂ экв. удостоверьтесь в заполнении всех незакрашенных ячеек в таблице "Общие региональные выбросы ПГ".

<2> НК (Notation Key) - условное обозначение. Показывает, что для всех подкатегорий данного источника вместо оценок выбросов соответствующие ячейки в таблице "Общие региональные выбросы ПГ" заполнены условными обозначениями: NA (not applicable) - неприменимо, NE (not estimated) - не оценено, NO (not occurring) - не происходит, IE (included elsewhere) - включено в другом месте.

<3> Сектор Землепользование, изменение в землепользовании и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ) не заполняется.

Часть II. Энергетика

ГЛАВА 1. ВВЕДЕНИЕ

Согласно классификации МГЭИК, в секторе "Энергетика" представляются данные об эмиссии парниковых газов от сжигания топливно-энергетических ресурсов (1.А), их утечек и испарения (фугитивные выбросы, 1.В), а также справочные данные об использовании топлив для выполнения международных авиационных и морских перевозок и при сжигании биомассы в энергетических целях (1.С). Выбросы от утечек и испарения топлив (фугитивные выбросы) включают эмиссии от добычи, хранения, первичной переработки, транспортировки и потребления нефти, угля и газа, а также от сжигания топлив в тех случаях, когда энергия, выделяющаяся при сжигании, не используется (например, сжигание нефтяного (попутного) газа на нефтепромыслах, сжигание технологических газов различных производств и т.д.).

Один из главных источников поступления углекислого газа в атмосферу связан со сжиганием первичных топливно-энергетических ресурсов - угля, нефти, газа и продуктов их переработки (бензин, кокс, мазут и т.д.). Этим определяется большая часть антропогенной эмиссии диоксида углерода (СО₂) в атмосферу. Целью такого использования топлив является, обычно, получение энергии - тепловой, электрической, механической. Поэтому такое использование обозначается общим термином "энергетическое использование". Все выбросы парниковых газов, обусловленные сжиганием топливно-энергетических ресурсов в энергетических целях, относятся к сектору "Энергетика", вне зависимости от того, в каких отраслях и на каких предприятиях это сжигание происходит (см. также [раздел 1.1](#) ниже).

Энергетический сектор обычно является наиболее важным сектором кадастра. В России на него приходится более 80 процентов от общего объема выбросов парниковых газов. На стационарное сжигание обычно приходится около 70 процентов выбросов парниковых газов в энергетическом секторе. Примерно половина этих выбросов связана со сжиганием в энергетической отрасли, в основном, на электростанциях и нефтеперерабатывающих заводах.

1.1 КАТЕГОРИИ ИСТОЧНИКОВ

Энергетический сектор включает следующие категории источников:

- разведку и добычу первичных топливно-энергетических ресурсов;
- переработку и преобразование первичных топливно-энергетических ресурсов во вторичные;
- передачу и распределение топливно-энергетических ресурсов;
- стационарное и мобильное сжигание топлива.

В контексте кадастра, сжигание может быть определено как преднамеренное окисление топливно-энергетических ресурсов в устройствах, предназначенных для производства тепла или механической работы, или для использования вне устройств. Это определение имеет целью отделить сжигание топлива, производимое специально в целях использования энергии, от тепла, высвобождающегося при использовании углеводородов в качестве сырья в промышленных процессах, либо от использования углеводородов в составе конечной промышленной продукции. Эффективная практика заключается в максимально полном применении этого определения, однако в некоторых случаях требуется согласование данных с сектором "Промышленные процессы и использование иной продукции" (далее - Промышленные процессы).

Для этого применяется следующий принцип: выбросы от сжигания топливных ресурсов, прямо или косвенно полученных в результате промышленной переработки сырья, как правило, трактуются как часть той промышленной категории источников, в которой происходит данный процесс, и должны быть включены в расчеты в секторе "Промышленные процессы иной продукции". Однако, если полученные в результате промышленного производства вторичные топлива используются для сжигания в других категориях источников, то выбросы следует описывать в соответствующих категориях источников сектора "Энергетика".

Более подробно процесс принятия решения о том, в какую категорию следует отнести выбросы при сжигании топливно-энергетических ресурсов в промышленности, описан в [Разделе "Промышленные процессы"](#) настоящего методического руководства.

Важно не допустить двойного учета или недоучета выбросов, поэтому инвентаризации в секторах Промышленные процессы и Энергетика должны быть согласованы.

Поскольку РФ занимает ведущее место в мире по добыче ископаемых видов топлива, заметный вклад в выбросы от энергетического сектора вносят фугитивные выбросы от добычи, подготовки и транспортировки первичных топливно-энергетических ресурсов, до 22% (Российская, 2014). Примерами являются утечки и технологические выбросы природного газа и выбросы метана, связанные с добычей угля, а также выбросы от сжигания в факелах некондиционных газовых смесей в процессе добычи и переработки нефти/газа. В некоторых случаях, когда субъект РФ производит или транспортирует значительные объемы ископаемого топлива, фугитивные выбросы могут вносить гораздо больший вклад в региональных масштабах.

1.2 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

1.2.1 Выбросы от сжигания ископаемого топлива

Основной метод оценки выбросов от сжигания топливно-энергетических ресурсов - расчет выбросов по секторам экономики, называемый секторным подходом. Кроме этого, для независимой проверки полноты и корректности расчетов секторного подхода используется методика расчета по базовому (балансовому) подходу, основанная на общем потреблении топливно-энергетических ресурсов в субъекте Российской Федерации. В исключительных случаях, если располагаемые разработчиками кадастра ресурсы и объем доступных им данных не позволяют реализовать секторный подход, базовый подход может быть использован для предварительных оценок выбросов парниковых газов от сжигания топлива.

При сжигании топливно-энергетических ресурсов большая часть углерода выбрасывается в атмосферу в виде диоксида углерода. Часть углерода попадает в атмосферу в виде оксида углерода, метана и неметановых летучих органических соединений. Большая часть углерода, выбрасываемая в виде других, кроме CO_2 , газов окисляется в атмосфере до CO_2 . В случае сжигания топлива, выбросы других, чем CO_2 , углеродсодержащих газов, отвечают за крайне малое количество выбрасываемого углерода по сравнению с CO_2 . Поэтому на уровне 1 расчеты выбросов CO_2 основываются на общем количестве углерода в топливе. Это делается для того, чтобы учесть весь углерод, содержащийся в топливе.

1.2.1.1 Уровни расчетов

В зависимости от наличия исходных данных, особенностей сжигаемых топлив и применяемых технологий сжигания, а также, вклада каждой из категорий источников в суммарный выброс парниковых газов в регионе, могут применяться 3 уровня расчетов выбросов:

1 уровень - основан на статистических данных о сжигании топливно-энергетических ресурсов по категориям источников и средних, рекомендуемых МГЭИК, коэффициентах выбросов;

2 уровень - основан на статистических данных о сжигании топливно-энергетических ресурсов, аналогичных используемым в подходе уровня 1, но вместо рекомендуемых МГЭИК коэффициентов используются региональные или, если применимо, национальные коэффициенты выбросов;

3 уровень - основан на использовании расчетных или измеренных данных по выбросам на уровне отдельных предприятий субъекта Российской Федерации

Для разработки кадастра выбросов парниковых газов субъекта Российской Федерации основным является метод уровня 1, полностью основанный на характеристиках сжигаемых топливно-энергетических ресурсов. При реализации этого метода, выбросы из всех источников горения могут быть рассчитаны на основе количества сжигаемого топлива (обычно известного из региональной энергетической статистики) и средних коэффициентов выбросов.

Качество этих коэффициентов выбросов отличается от газа к газу. Для CO_2 коэффициенты выбросов сильно зависят от углеродной составляющей топлива. Условия сжигания (эффективность сжигания, превращение углерода в шлак и золу и т.д.) имеют сравнительно небольшое значение. Поэтому выбросы CO_2 могут быть оценены достаточно точно, исходя из общего объема сжигаемого топлива и усредненного содержания углерода в нем.

Коэффициенты выбросов для метана и оксида азота (N_2O) зависят от технологии сжигания и условий функционирования оборудования и существенно различаются, как между отдельными установками для сжигания, так и от года к году. Из-за этой изменчивости, использование усредненных коэффициентов выбросов по этим газам дает довольно значительную неопределенность.

Поэтому, для ключевых категорий источников может применяться метод Уровня 2, при использовании в регионе топливно-энергетических ресурсов или технологий сжигания, отличных по своим характеристикам от средних российских условий. Если региональные коэффициенты выбросов получены на основании подробных данных о содержании углерода в различных партиях потребляемого топлива, или использована более подробная информация о применяемых технологиях сжигания, неопределенности оценок значительно уменьшаются, а временные тенденции могут быть оценены более качественно.

Методы уровня 3 используют подробные модели расчета выбросов или измерения и данные на уровне отдельных предприятий. При правильном применении эти модели и измерения должны обеспечивать более точные оценки, особенно для иных, чем CO_2 , парниковых газов.

1.2.1.2 Выбор уровня: общая схема принятия решений

Для каждой категории источника и парникового газа, разработчик инвентаризации располагает выбором в применении методов различных уровней. Разработчик инвентаризации может использовать различные уровни для разных категорий источников, в зависимости от важности категории (ее вклада в совокупный выброс) и от наличия ресурсов с точки зрения затрат времени, рабочей силы, сложности моделей и бюджета. Для выполнения анализа ключевых категорий, необходимо составить кадастр (с использованием методов уровня 1 или более высоких уровней) как минимум за один год. В дальнейшем анализ ключевых категорий должен

обновляться в соответствии с наиболее актуальными расчетами выбросов. Для каждого вида деятельности по сжиганию топлива и для каждого газа может быть принято свое решение по выбору уровня оценки выбросов.

В частности, для автомобильных перевозок, использование для оценки выбросов N_2O и CH_4 методов 2-го и 3-го уровней, зависящих от конкретной технологии, может принести значительное увеличение точности. Однако для CO_2 в целом часто будет достаточно воспользоваться методом уровня 1, основанным на содержании углерода в топливе и данных об использованном количестве топлива. Это означает, что при разных подходах для разных газов в пределах одной и той же категории источников могут использоваться методы разных уровней. Так как модели выбросов и зависящие от конкретной технологии методы для автомобильного транспорта могут основываться на пробеге транспортного средства, а не на расходе топлива, эффективная практика заключается в демонстрации того, что данные о деятельности, примененные в таких моделях и методах более высокого уровня, согласуются с данными о продажах топлива. Эти данные о продажах топлива могут быть использованы для оценки выбросов CO_2 от автотранспорта. В тех случаях, когда обнаружено расхождение между данными о продажах топлива и пройденным километражем, данные о деятельности, используемые для расчетов по 2 и 3 уровням, надо корректировать с учетом статистики продаж топлива, если не будет доказано, что статистика продаж топлива не соответствует действительности. Важно обеспечить полноту учета всех источников выбросов и согласованность исходных данных, т.е. провести проверку на соответствие баланса массы топливно-энергетических ресурсов, используемых в регионе в качестве топлива, и учтенных в энергетическом секторе кадастра.

1.2.2 Оценки фугитивных выбросов

В этом разделе приводятся методологии оценки фугитивных выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O . Методологические принципы, применяемые к их оценке в секторе "Энергетика", значительно отличаются от тех, которые применяют к выбросам от сжигания ископаемого топлива. Во многих случаях фугитивные выбросы происходят через неорганизованные источники, поэтому они с трудом поддаются прямому мониторингу. Кроме того, специфика их оценки в значительной мере зависит от типа конкретного источника. Например, методы расчета выбросов для добычи угля связаны с геологическими особенностями угольных пластов, тогда как методы оценки выбросов от утечек в нефтегазовой отрасли больше зависят от используемых технологий и от типов применяемого оборудования.

1.2.3 Улавливание и хранение CO_2 и других парниковых газов

Согласно оценкам МГЭИК, чтобы добиться стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере, в XXI веке потребуются предотвратить значительное количество выбросов CO_2 в атмосферу. Улавливание и хранение CO_2 должно стать одной из возможностей в наборе мер по стабилизации концентраций парниковых газов, в то время как использование ископаемого топлива будет продолжаться. Эффективная практика заключается в том, чтобы выбросы от системы мер по улавливанию и хранению CO_2 учитывались во всех секторах энергетики, где они осуществляются.

В секторе энергетики, улавливание и хранение углекислого газа может проводиться на больших стационарных источниках, таких как электростанции и установки по обессериванию природного газа. С учетом того, что данная технология является перспективной и не носит массовый характер, рекомендуется использовать отчетность предприятий по конкретным установкам. Итоговые выбросы CO_2 от предприятий, оборудованных системой улавливания и хранения углерода, рассчитываются из значений сжигания топлива, как описано в

соответствующих разделах, за вычетом количества удаленного газа.

Применительно к современным условиям Российской Федерации, в качестве антропогенной деятельности по улавливанию и захоронению CO₂ и других парниковых газов может рассматриваться улавливание и закачивание природного и попутного нефтяного газов в нефтяные пласты с целью повышения их нефтеотдачи и увеличения объема нефтедобычи (так называемый "газлифтинг"). При составлении кадастра эти объемы рекомендуется учитывать, как исключенный углерод (раздел 5.6). Если такая деятельность осуществляется в субъекте Российской Федерации, то составителям кадастра рекомендуется обратиться к Руководящим принципам МГЭИК, где приведен обзор принципов оценки выбросов и абсорбции CO₂ и других парниковых газов при использовании систем их улавливания и хранения (Межправительственная, 2006).

Рабочие формуляры для учета уловленного углерода не включены в приложение к данной методике, однако при необходимости можно использовать таблицы отчетности, приведенные в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

1.3 СБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.3.1 Данные о деятельности

В секторе "Энергетика" данные о деятельности обычно представляют собой количество сожженного топлива. Этих данных достаточно для выполнения расчета по уровню 1. При использовании методов более высоких уровней требуются дополнительные данные о характеристиках топлива и применяемых технологиях сжигания.

Для обеспечения прозрачности и сопоставимости расчетов и их результатов, необходимо использовать единые подходы к системе классификации и учета топливно-энергетических ресурсов, в том числе:

- 1) определение различных типов топливно-энергетических ресурсов;
- 2) сопоставимость единиц измерения, в которых выражаются данные о деятельности;
- 3) возможные источники данных о деятельности;
- 4) согласованность временного ряда.

Рекомендации по источникам данных о деятельности даны в главах данного тома, посвященных конкретным категориям источников. Другая информация и пояснения по порядку получения и использования энергетических балансов и другой энергетической статистики представлены в Руководстве по энергетической статистике Международного энергетического агентства (МЭА, 2007).

1.3.1.1 Определения видов топлива

Для сопоставимости выбросов, происходящих в результате сжигания топливно-энергетических ресурсов, регионам необходимо использовать согласованную терминологию и определения видов топлива. Ниже приводится список видов топливно-энергетических ресурсов топлива, базирующийся главным образом на определениях, разработанных МГЭИК (Межправительственная, 2006).

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Наименование	Описание	
ЖИДКИЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ (сырая нефть и нефтепродукты)		
Сырая нефть	Сырая нефть состоит из смеси углеводородов природного происхождения, цвет - от желтого до черного, разной плотности и вязкости. В эту категорию включается промысловый конденсат, извлекаемый при промышленном сепарировании из попутного и непопутного газа, содержащегося в потоке сырой нефти.	
Природный газоконденсат (ПГК)	ПГК - это жидкие или сжиженные углеводороды, извлекаемые из природного газа в сепараторах, на промысловых объектах или на газоперерабатывающих установках. Категория ПГК включает в себя этан, бутан, пентан, газовый бензин и конденсат, но не ограничивается ими. ПГК также могут содержать малые количества иных, не углеводородных, компонентов.	
Бензин	Автомобильный бензин	Смесь легких углеводородов с температурой перегонки 35 °С - 215 °С. Автомобильный бензин используется в двигателях внутреннего сгорания с искровым зажиганием, например, в транспортных средствах, исключая авиацию. В состав бензина могут входить присадки, оксигенаты и добавки, используемые для усиления октанового числа, включая соединения свинца, такие как ТЭС (тетраэтиловый свинец) и ТМС (тетраметилловый свинец).
	Авиационный бензин	Авиационный бензин - это бензин, произведенный специально для авиационных поршневых двигателей, с октановым числом, пригодным для использования в соответствующих двигателях, имеющий температуру замерзания в -60 °С и температуру перегонки в интервале от 30 °С до 180 °С.
	Бензин для реактивных двигателей	Включает в себя все виды легкого углеводородного топлива, используемые в авиационных турбинных силовых установках. Температура перегонки - в пределах от 100 °С до 250 °С. Получается путем смешивания керосина и бензина или нефти в таких пропорциях, чтобы содержание ароматических соединений не превышает 25% по объему, а давление насыщенного пара составляло от 13,7 кПа до 20,6 кПа. Может включать в состав присадки, улучшающие стабильность и горючесть топлива.
Авиационный керосин	Продукт перегонки нефти, используемый в авиационных турбинных силовых установках. Имеет те же характеристики перегонки и воспламенения, что и керосин (от 150 °С до 300 °С, однако обычно не выше 250 °С). Кроме того, имеет особые характеристики (например, температуру замерзания), которые устанавливаются Международной ассоциацией воздушного транспорта (ИАТА).	

Другие виды керосина	Керосины состоят из продуктов перегонки нефти, с характеристиками испарения, средними между бензином и дизельным топливом. Температура перегонки составляет от 150 °С до 300 °С.
Дизельное топливо	Газойль/дизельное топливо включает в себя продукт перегонки нефти при температурах от 180 °С до 380 °С. Легкие газойли получают путем атмосферной перегонки самой низкой фракции сырой нефти, тяжелые газойли получают путем вакуумной редистилляции остатков атмосферной перегонки. Существует несколько сортов, в зависимости от применения: дизельное топливо для дизельных двигателей компрессионного воспламенения (автомобили, грузовики, суда и т.д.), легкое топливо для промышленного и коммерческого применения и другие газойли, включая тяжелый газойль, с температурой перегонки от 380 °С до 540 °С, использующийся как сырье в нефтехимической промышленности.
Мазут, топливо печное бытовое	В эту категорию включены все виды топочного и флотского (котельного) мазута, в том числе полученные путем смешивания. Кинематическая вязкость выше 0,1 см ² (10 сСт) при 80 °С. Температура воспламенения всегда выше 50 °С, плотность всегда более 0,90 кг/л.
Сжиженный нефтяной газ	Это легкие углеводородные фракции парафинового ряда, полученные в процессе перегонки на заводах стабилизации сырой нефти и природного газа, включающие пропан (C ₃ H ₈) и бутан (C ₄ H ₁₀), либо комбинацию обоих. Как правило, для транспортировки и хранения СНГ сжижаются под давлением.
Этан	Этан является природным газообразным линейным углеводородом (C ₂ H ₆), который добывается из природного газа и при перегонке нефти.
Нафта (лигроин)	Нафта (лигроин) - является сырьем, предназначенным для использования либо в нефтехимической промышленности (например, производство этилена и ароматических соединений), при паровом крекинге, либо в качестве добавки при производстве бензина. Нафта включает фракции с температурой перегонки от 30 °С до 210 °С.
Битум	Твердое, полутвердое или вязкое углеводородное вещество, с коллоидной структурой, имеющее цвет от коричневого до черного, образующееся как остаток при перегонке нефти, а также, при вакуумной перегонке нефтяных остатков, образующихся при атмосферной перегонке нефти. Битум часто называют асфальтом и используют главным образом для дорожных покрытий и в качестве кровельного материала. Эта категория включает псевдосжиженный и жидкий битум.
Смазочные	Смазочные материалы представляют собой углеводороды,

материалы	получаемые из побочных продуктов перегонки нефти. Они используются, в основном, для снижения трения между скользящими поверхностями. В эту категорию входят все готовые сорта смазочных масел, а также масла, используемые в консистентных смазках, в том числе моторные масла и все виды смазок на основе смазочных компонентов.	
Нефтяной кокс	Нефтяной кокс представляет собой черный твердый побочный продукт, полученный в основном путем крекинга и карбонизации производных нефтяного сырья, гудрона, смолы и пека в таких процессах, как замедленное коксование и жидкое коксование. Состоит в основном из углерода (от 90 до 95%) и имеет низкую зольность. Используется в качестве сырья в коксовых печах для сталелитейной промышленности, для отопления, при производстве электродов, а также в химической промышленности. Двумя наиболее важными сортами являются "недопал" и "кальцинированный кокс". Данная категория также включает в себя "каталитический кокс", оседающий на катализаторе в процессах переработки нефти. Этот кокс не поддается восстановлению и обычно сжигается в качестве топлива при перегонке нефти.	
Нефтезаводское сырье	Нефтезаводское сырье представляет собой переработанную нефть, предназначенную для дальнейшей переработки на нефтеперегонных предприятиях (например, прямогонное топливо или вакуумный газойль), за исключением смешивания. При дальнейшей переработке, нефтезаводское сырье преобразуется в один или более компонентов и/или готовую продукцию. Эта категория включает в себя конечные продукты, возвращаемые из нефтехимической промышленности в нефтепереработку.	
Прочие виды нефтепродуктов	Нефтезаводской газ	Нефтезаводской газ - это смесь несжижаемых газов, полученный в ходе перегонки сырой нефти или переработки нефтепродуктов (например, крекинг) на нефтеперерабатывающих заводах. Состоит главным образом из водорода, метана, этана и олефинов. Также включает газы, возвращенные из нефтехимической промышленности.
	Парафины	Насыщенные алифатические углеводороды (с общей формулой C_nH_{2n+2}). Парафины представляют собой отходы, полученные при депарафинизации смазочных масел, имеют кристаллическую структуру с углеродным числом более 12. Их основными характеристиками являются бесцветность, прозрачность и отсутствие запаха, температура плавления выше 45 °С.
	Уайт-спирит и промышленные растворители	Уайт-спирит и промышленные растворители являются очищенными промежуточными продуктами перегонки с диапазоном температуры перегонки, аналогичном нафте и керосину. Они подразделяются на следующие категории: i) Промышленные растворители (бензин для

	ли	промышленно-технических целей): Светлые нефтепродукты с температурой перегонки в пределах от 30 °С до 200 °С. Существует 7 - 8 классов бензинов для промышленных и технических целей, в зависимости от крайних температурных значений по шкале перегонки. ii) Уайт-спирит: бензин-растворитель с температурой возгорания выше 30 °С. Диапазон перегонки уайт-спирита составляет 135 °С - 200 °С.
	Топливо моторное	Другие виды топливно-энергетических ресурсов, используемые в качестве моторного топлива, кроме перечисленных выше. Обычно включены в формы статистической отчетности Росстата как "прочие виды моторного топлива".
	Другие нефтепродукты	Нефтепродукты, не классифицированные выше, к примеру: смола и сера. Эта категория включает также ароматические соединения (например: бензол, толуол или ксилол) и олефины (например, пропилен), получаемые на нефтеперегонных заводах.
ТВЕРДЫЕ ВИДЫ (уголь и продукты переработки угля)		
Антрацит		Антрацит - уголь высокого класса, используемый для промышленных и бытовых нужд. Как правило, менее 10% летучих веществ с высоким содержанием углерода (около 90% связанного углерода). Высшая теплотворная способность более 23865 кДж/кг на влажной беззольной основе.
Коксующийся уголь		Коксующийся уголь относится к битумным углям такого качества, которое позволяет производить из него кокс, пригодного для использования в доменных печах. Высшая теплотворная способность (ВТС) более 23865 кДж/кг (5700 кКал/кг) на влажной беззольной основе.
Другие виды битуминозного угля (каменный уголь)		Прочие битуминозные угли, использующиеся для выработки пара и для отопительных целей и включающие в себя все битуминозные угли, кроме коксующегося. Характеризуются более высоким содержанием летучих веществ, чем антрацит (свыше 10%) и меньшим содержанием углерода (менее 90% связанного углерода). Высшая теплотворная способность более 23865 кДж/кг (5700 кКал/кг), на влажной беззольной основе.
Бурый уголь/Лигнит		Лигнит/бурый уголь - неагломерированный уголь с высшей теплотворной способностью менее 17435 кДж/кг (4165 кКал/кг) и более чем с 31% летучих веществ на сухой безминеральной основе.
Горючий сланец и битуминозные пески		Горючий сланец - это неорганический камень без пор, содержащий различное количество твердых органических материалов, содержащий углеводороды, вместе с разнообразными твердыми продуктами, будучи подвергнутым пиролизу (процедура, заключающаяся в нагревании камня до высокой температуры). Битуминозные пески (или пористый углеводородный камень) являются естественной смесью вязких форм тяжелой нефти,

		иногда принимаемой за битум. Из-за вязкости данный продукт не может быть восстановлен традиционными методами.
	Брикетируемый бурый уголь	Брикеты бурого угля (ББУ) являются компонентным топливом, произведенным из лигнита/бурого угля при помощи прессовки брикетов под высоким давлением. Эта категория может включать также лигнитную пыль.
	Каменноугольные брикеты	Это композитное топливо, производимое из мелкой фракции каменного угля с добавлением вяжущих веществ. Количество произведенного брикетированного угля может быть, соответственно, выше, чем реальное количество угля, расходуемого в процессе производства.
Кокс	Печной и доменный кокс	Доменный кокс - это твердый продукт, получаемый при карбонизации угля, в основном коксующегося угля, при высокой температуре. Имеет низкое содержание влаги и летучих веществ. Используется в основном в черной металлургии в качестве источника энергии и как химический реагент. Включает также полукокс, твердый продукт, полученный при карбонизации угля при низкой температуре, лигнитовый кокс, полукокс, изготовленный из лигнита/бурого угля, коксовой мелочи и литейного кокса. Полукокс используется как бытовое топливо или потребляется коксохимическим предприятием для собственных нужд.
	Газовый кокс	Газовый кокс - побочный продукт переработки каменного угля, используемый для производства городского газа на газовых заводах. Газовый кокс используется в отопительных целях.
	Каменноугольная смола	Каменноугольная смола является побочным продуктом производства металлургического кокса. Из каменноугольной смолы в процессе перегонки получают различные органические продукты (например, бензол, толуол, нафталин), обычно являющиеся сырьем для нефтехимической промышленности.
Производные газы	Заводской газ (газ газоперерабатывающих заводов)	Заводской газ (газ газоперерабатывающих заводов) включает все виды газов, включая синтетический газ, вырабатываемых на коммунальных и частных предприятиях, главным видом деятельности которой является производство, транспортировка и распределение газа. Газ, добытый путем карбонизации (в том числе газа коксовых печей и газовых заводов), полной газификации с обогащением или без него, нефтепродуктами (LPG, остаточный мазут и т.д.), и путем крекинга природного газа, реформинга и простого смешивания с другими газами и/или воздухом. Из этой категории исключается смешанный природный газ, обычно распределяющийся через сеть трубопроводов для природного газа.
	Коксовый газ	Коксовый газ является побочным продуктом производства печного кокса, применяемого при производстве железа и стали.

Доменный газ	Доменный газ вырабатывается при сжигании кокса в доменных печах в черной металлургии и сталелитейной промышленности. Извлекается и используется в качестве топлива частично на предприятиях и частично в других сталелитейных процессах, либо в специальных энергетических установках, приспособленных к сжиганию доменного газа.
Газ кислородных плавильных печей	Доменный газ, получаемый при выплавке стали с применением кислорода, является побочным продуктом производства стали в кислородных домнах, извлекается на выходе из домны. Этот газ также известен как конвертерный газ.
ГАЗ (Природный газ)	
Природный газ	Природный газ включает в себя газы, встречающиеся в подземных месторождениях в сжиженном и в газообразном состоянии. Категория "Природный газ" должна включать смешанный природный газ (иногда также называемый "городской") - это газ с высокой теплотворной способностью, получаемый в качестве смеси природного газа, добытого на газовых месторождениях, газа, добываемого вместе с сырой нефтью, а также метана, добываемого из угольных шахт, и, как правило, распределяемого через сеть трубопроводов природного газа.
Другие виды ископаемого топлива	
Бытовые отходы (небиологические фракции)	Небиологические фракции городских отходов включают отходы, произведенные в домашнем хозяйстве, на производстве, в лечебных учреждениях и обслуживающих хозяйствах, сжигаемые в специальных установках и используемые для производства энергии. В эту категорию включены только не портящиеся под воздействием микроорганизмов топливные фракции.
Промышленные отходы	Промышленные отходы состоят из твердых и жидких продуктов (например, шин), сжигаемых напрямую, обычно на специальных фабриках, для производства тепла и/или энергии и не относящиеся к биомассе.
Нефтяные отходы	Нефтяные отходы - это использованные масла (например, использованные смазки), сжигаемые для производства тепла.
Торф	
Торф	Умеренно горючее, пористое или прессованное, осадочное отложение промышленного происхождения, включающее древесные материалы с высоким содержанием влаги (до 90% в сыром состоянии), легко режущееся, может содержать твердые включения с цветом от светлого до темно-коричневого. В данную категорию следует включать только торф, используемый для энергетических целей.
Брикеты и	Брикеты и полубрикеты торфяные - это высокоэффективное

полубрикеты торфяные	топливо для котельных, твердотопливных котлов и печей. Теплотворная способность торфяных брикетов составляет не менее 4600 ккал/кг.	
Биомасса		
Твердые виды биотоплива	Древесина/древесные отходы	Древесина/древесные отходы сжигаются напрямую для получения энергии. Эта категория также включает в себя древесину для производства древесного угля, но не сам древесный уголь (это повлечет за собой двойной учет, так как древесный уголь - вторичный продукт).
	Щелок (Черный щелок)	Щелок - это повторно используемый побочный продукт при превращении древесины в древесную массу в бумажной промышленности. В этом процессе лигнит, содержащийся в древесине, отделяется от целлюлозы с последующим образованием бумажных волокон. Щелок является смесью лигнинного остатка с водой и химикатами и сжигается в котле-утилизаторе. В результате вырабатывается пар, электроэнергия и восстанавливаются химически вещества для повторного использования в технологическом процессе. Это топливо, в концентрированной его форме, обычно имеет 65 - 70% твердость.
	Другие виды первичной твердой биомассы	Другие виды первичной твердой биомассы включают в себя промышленное сырье, используемое напрямую как топливо, но не включенное в категории древесина/древесные отходы или щелок. Включены растительные отходы, животные вещества/отходы и прочая твердая биомасса. Категория включает в себя недревесное сырье угольного производства (например, кокосовая скорлупа), кроме всех других видов сырья для производства биотоплива.
	Древесный уголь	Древесный уголь включает в себя твердые остатки перегонки и пиролиза древесины и прочих растительных материалов. Древесный уголь сжигается с целью получения энергии.
Жидкое биотопливо	Биобензин	Категория биобензинов включает в себя только ту часть видов топлива, которая классифицируется как биотопливо, но не общее количество жидкостей, с которыми смешивается биотопливо. Эта категория включает в себя биоэтанол (этанол, производимый из биомассы и/или биохимической фракции отходов), биометанол (метанол, получаемый из биомассы и/или биохимической фракции отходов), bioETBE (этил-терцио-бутил-эфир, получаемый на основе биоэтанола: процентное содержание по объему bioETBE, рассчитанное как биотопливо, составляет 47%) и bioMTBE (метил-терцио-бутил-эфир, получаемый на основе биометанола: процентное содержание по объему bioMTBE, рассчитанное как биотопливо, составляет 36%).
	Био-дизтопливо	В категорию био-дизтоплива включена только та часть видов топлива, которая связана с количеством биотоплива и не связана с общим объемом жидкости, в которую смешивается биотопливо.

		Категория включает в себя био-дизтопливо (метиловый эфир дизельного качества, полученный из растительного или животного масла), биодиметилэфир (диметилэфир, полученный из биомассы), "фишер-тропш" (продукт, получаемый из биомассы по технологии Фишера-Тропша), биомасло, полученное при холодном прессовании (только масло, получаемое из масличных семян при механической обработке), и все прочие жидкие виды биотоплива, которые были добавлены, смешаны или использованы непосредственно в качестве транспортного дизельного топлива.
	Другие виды жидкого биотоплива	Другие виды жидкого биотоплива, не включенные в состав биобензинов и био-дизтоплива.
Биогаз	Газ из органических отходов	Газ из органических отходов вырабатывается в процессе анаэробной ферментации биомассы и твердых отходов и сжигается для производства тепла и/или энергии.
	Канализационный газ	Канализационный газ образуется в процессе анаэробной ферментации биомассы и твердых отходов, содержащихся в сточных водах и в навозе животных, и сжигается для получения тепла и/или энергии.
	Другие биогазы	Другие биогазы, не включенные в состав газов из органических отходов и канализационных газов.
Другие виды ископаемого топлива	Бытовые отходы (фракция биомассы)	Фракция биомассы бытовых отходов включает в себя отходы, образующиеся в домашних хозяйствах, промышленности, больницах и предприятиях коммунального хозяйства, сжигается на специальных установках и используется для получения энергии. Сюда включены только те топливные фракции, которые разлагаются под воздействием микроорганизмов.

1.3.1.2 Преобразование единиц энергии

Единицей энергии в системе СИ является джоуль (Дж). Исходные данные о потреблении топливных ресурсов представляются в российской статистике в физических единицах (тыс. т, млн. м³ и др.) или в унифицированных энергетических единицах - тоннах условного топлива (т.у.т.). Для преобразования этих данных в энергетические единицы используются значения нижней теплотворной способности топлива, взятые с учетом свойств отечественных топливных ресурсов.

При разработке кадастра субъекта Российской Федерации для перевода физических единиц в тонны условного топлива используется средний калорийный эквивалент для пересчета одной тонны (или тысячи м³) натурального топлива в тонну условного топлива, утвержденные Федеральной службой государственной статистики ([Таблица 1.2](#)).

В [Таблице 1.3](#) приведены итоговые коэффициенты перевода в энергетические единицы (ТДж), которые рекомендуется использовать при разработке кадастра субъекта Российской

Федерации. Для большинства топлив, коэффициенты получены на основе значений среднего калорийного эквивалента для пересчета натурального топлива в тонну условного топлива (Госкомстат, 1999) и переводного множителя из тыс. т.у.т. в ТДж, равного 29,3076. Для тех видов топливно-энергетических ресурсов, для которых отсутствуют национальные данные, приведены коэффициенты, рекомендуемые в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006 - таблица 1.2 глава 1 том 2). Перевод физических единиц в энергетические производится по формуле 1.1:

Формула 1.1 - Перевод физических единиц в энергетические

$$AD \text{ (ТДж)} = AD \text{ (ед.)} \cdot C \text{ (ТДж/ед.)},$$

где:

AD (ТДж) - потребление топливно-энергетических ресурсов в ТДж;

AD (ед.) - потребление топливно-энергетических ресурсов в физических единицах;

C (ТДж/ед.) - коэффициент пересчета, приведенный в [таблице 1.3](#).

Если исходные данные о потреблении топливных ресурсов приведены в тысячах тонн условного топлива, то для перевода в ТДж используется коэффициент перевода, равный 29,3076 ТДж/тыс. т.у.т.

Таблица 1.2

**СРЕДНИЙ КАЛОРИЙНЫЙ ЭКВИВАЛЕНТ ДЛЯ ПЕРЕСЧЕТА ОДНОЙ ТОННЫ
(ТЫСЯЧИ М³) НАТУРАЛЬНОГО ТОПЛИВА В ТОННУ УСЛОВНОГО ТОПЛИВА
(ГОСКОМСТАТ, 1999)**

Виды топлива и энергии	Единица измерения	Средний калорийный эквивалент для пересчета одной тонны (тысячи м ³) натурального топлива в условное
Нефть, включая промысловый газоконденсат	тонна	1,43
Мазут топочный	тонна	1,37
Мазут флотский	тонна	1,43
Топливо печное бытовое	тонна	1,45
Керосин	тонна	1,47
Топливо дизельное	тонна	1,45
Бензин автомобильный	тонна	1,49
Бензин авиационный	тонна	1,49

Топливо моторное	тонна	1,47
Нефтебитум	тонна	1,35
Кокс нефтяной и сланцевый	тонна	1,08
Газ горючий природный (естественный)	тыс. м ³	1,154
Газ нефтеперерабатывающих предприятий сухой	тонна	1,5
Газ сжиженный	тонна	1,57
Газ горючий искусственный коксовый	тыс. м ³	0,57
Газ горючий искусственный доменный	тыс. м ³	0,43
Сланцы горючие	тонна	0,3
Торф топливный	тонна	0,34
Брикеты и полубрикеты торфяные	тонна	0,6
Кокс металлургический	тонна	0,99
Рядовой уголь месторождений:		
уголь донецкий	тонна	0,876
уголь кузнецкий	тонна	0,867
уголь карагандинский	тонна	0,726
уголь подмосковный	тонна	0,335
уголь воркутинский	тонна	0,822
уголь интинский	тонна	0,649
уголь челябинский	тонна	0,552
уголь свердловский	тонна	0,33
уголь башкирский	тонна	0,264
уголь нерюнгринский	тонна	0,987
уголь якутский	тонна	0,751
уголь черемховский	тонна	0,752
уголь азейский	тонна	0,483
уголь читинский	тонна	0,483
уголь гусиноозерский	тонна	0,506

уголь хакасский	тонна	0,727
уголь канско-ачинский	тонна	0,516
уголь тувинский	тонна	0,906
уголь тунгусский	тонна	0,754
уголь магаданский	тонна	0,701
уголь арктический (шпицбергенский)	тонна	0,669
уголь норильский	тонна	0,761
уголь огоджинский	тонна	0,447
уголь камчатский	тонна	0,323
уголь Приморья	тонна	0,506
уголь экибастузский	тонна	0,628
уголь алтайский	тонна	0,782
уголь тугнуйский	тонна	0,692
Дрова для отопления	плот. м ³	0,266
Бревна разобранных старых зданий, пришедшие в негодность шпалы, столбы связи, рудничная стойка (на 1 плотный куб. м)	плот. м ³	0,266
Кора (на 1 складской куб. м)	м ³	0,42
Сучья, хвоя, щепка (на 1 складской куб. м)	м ³	0,05
Пни (на 1 складской куб. м)	м ³	0,12
Древесные обрезки, стружка, опилки	тонна	0,36
Древесные опилки (на 1 складской куб. м)	м ³	0,11
Уголь древесный	тонна	0,93
Камыш, солома, льняная костра, подсолнечная лузга, рисовая лузга (при условной влажности 10%)	тонна	0,5
Кукурузный кочан (при условной влажности 30%)	тонна	0,33
Смола каменноугольная коксохимических заводов	тонна	1,3

**РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕСЧЕТА
В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ (ТДЖ/ЕД.)**

Наименование	Единицы измерения	Рекомендуемое значение
Сырая нефть, включая промысловый газоконденсат	тыс. тонн	41,91 (н)
Природный газоконденсат	тыс. тонн	44,20
Автомобильный бензин	тыс. тонн	43,67 (н)
Авиационный бензин	тыс. тонн	43,67 (н)
Бензин для реактивных двигателей	тыс. тонн	44,30
Авиационный керосин	тыс. тонн	43,08 (н)
Другие виды керосина	тыс. тонн	43,08 (н)
Сланцевое масло	тыс. тонн	38,10
Дизельное топливо	тыс. тонн	42,50 (н)
Мазут топочный	тыс. тонн	40,15 (н)
Мазут флотский	тыс. тонн	41,91
Топливо печное бытовое	тыс. тонн	42,50
Сжиженный нефтяной газ	тыс. тонн	46,01 (н)
Этан	тыс. тонн	46,40
Нафта (лигроин)	тыс. тонн	45,01
Битум	тыс. тонн	39,57 (н)
Смазочные материалы	тыс. тонн	40,20
Нефтяной кокс	тыс. тонн	31,65 (н)
Сырье нефтепереработки	тыс. тонн	43,00
Газ нефтеперерабатывающих заводов	тыс. тонн	43,96 (н)
Парафины	тыс. тонн	40,20
Уайт-спирит и промышленные растворители	тыс. тонн	40,20

Другое моторное топливо	тыс. тонн	43,08 (н)
Другие нефтепродукты	тыс. тонн	41,91 (н)
Антрацит <1>	тыс. тонн	26,70
Коксующийся уголь <1>	тыс. тонн	28,20
Каменный уголь (Другие виды битуминозного угля) <1>	тыс. тонн	22,51
Бурый уголь/Лигнит <1>	тыс. тонн	13,69
Горючий сланец и битуминозные пески	тыс. тонн	8,79 (н)
Брикетированный бурый уголь	тыс. тонн	20,7
Каменноугольные брикеты	тыс. тонн	20,7
Печной (доменный) кокс	тыс. тонн	29,01 (н)
Газовый кокс	тыс. м ³	16,71 (н)
Каменноугольное масло	тыс. тонн	38,10 (н)
Газ газоперерабатывающих заводов (заводской газ)	тыс. тонн	38,70
Коксовый газ	тыс. тонн	38,70
Доменный газ	тыс. м ³	12,60 (н)
Газ кислородных сталеплавильных печей	тыс. тонн	7,06
Природный газ <2>	тыс. м ³	33,82 (н)
Бытовые отходы (небиологические фракции)	тыс. тонн	10,00
Нефтяные отходы	тыс. тонн	40,20
Торф	тыс. тонн	9,96 (н)
Брикеты торфяные	тыс. тонн	17,58 (н)
Древесина/древесные отходы	плот. м ³	7,80 (н)
Щелок (черный щелок)	тыс. тонн	11,80
Другие виды первичной твердой биомассы	тыс. тонн	10,55 (н)
Древесный уголь	тыс. тонн	27,26 (н)
Биобензин	тыс. тонн	27,00

Био-дизтопливо	тыс. тонн	27,00
Другие виды жидкого биотоплива	тыс. тонн	27,40
Газ из органических отходов	тыс. тонн	50,40
Канализационный газ	тыс. тонн	50,40
Другие биогазы	тыс. тонн	50,40
Бытовые отходы (фракция биомассы)	тыс. тонн	11,60
Любое топливо, выраженное в условном топливе	тыс. т.у.т.	29,3076

<1> Теплотворная способность углей зависит от месторождения и может изменяться от года к году, поэтому рекомендуется рассчитывать коэффициент пересчета, используя данные [таблицы 1.2](#), или использовать для каждого года коэффициент пересчета, рассчитываемый Росстатом и входящий в отчетность по [форме 4-ТЭР](#).

(н) - указывает на национальные (российские) коэффициенты пересчета.

1.3.1.3 Источники данных о деятельности и согласованность временного ряда

Статистические данные по топливу, собранные территориальными органами Федеральной службы государственной статистики, как правило, являются наиболее подходящими и доступными данными о деятельности. Два вида топлива требуют особого внимания - топливо в виде биомассы и отходы.

Данные по биомассе в целом более неопределенные, чем другие данные статистики по энергетике. Значительная доля биомассы, используемой для производства энергии, может быть не охвачена официальной статистикой (дрова, сельскохозяйственные отходы, навоз и т.д.). Альтернативный метод для оценки данных о деятельности при использовании древесного топлива приведен в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006). Выбросы CO₂ при сжигании биомассы не включаются в региональные итоговые данные, но фиксируются как информационный материал для перекрестной проверки, а также во избежание двойного учета. Следует иметь в виду, что торф не рассматривается в качестве биомассы, а учитывается в виде топливных ресурсов наряду с другими видами ископаемого топлива.

Сжигание отходов может происходить в установках, где тепло, выделяемое при сгорании, используется в качестве энергии (возможно прямое использование тепла или его преобразование в электрическую энергию). В таких случаях отходы должны рассматриваться в качестве топлива и выбросы должны быть отнесены к энергетическому сектору. Если отходы сжигаются без использования выделяющегося тепла в качестве энергии, выбросы должны быть отнесены к сектору Отходы. Методологии для обоих случаев приводятся в [разделе "Отходы"](#) настоящих Методических рекомендаций. Выбросы CO₂ в результате сжигания отходов биогенного происхождения в целях использования энергии не включаются в совокупный (суммарный) региональный выброс, но фиксируются отдельно. Система сбора статистических данных предоставляет возможность получения длинных временных рядов, которые могут быть

использованы для получения временного ряда выбросов парниковых газов в энергетическом секторе. Статистические методы изменяются со временем, и пересчет данных не всегда возможен. При составлении временного ряда для выбросов от сжигания топлива, такие изменения в данных могут привести к несогласованности ряда. Рекомендации по устранению несогласованности приведены в общей части настоящих Методических рекомендаций.

1.3.2 Коэффициенты выбросов

1.3.2.1 Коэффициенты выбросов CO₂

Коэффициенты выбросов CO₂ при сжигании топлива относительно нечувствительны к технологии сжигания и в первую очередь зависят от содержания в топливе углерода.

- Содержание углерода существенно отличается для разных видов и подвидов топлива и зависит от состава газа, в который кроме метана входят этан, пропан, бутан и более тяжелые углеводороды.

- Содержание углерода на единицу энергии обычно меньше для легких нефтепродуктов (например, бензина), чем тяжелых (например, топочный мазут).

- Выбросы углерода на тонну угля существенно различаются в зависимости от содержания в нем углерода, водорода, серы, золы, кислорода и азота.

В процессе сгорания топлива окисляется от 99 до 100 процентов углерода, небольшая его часть остается неокисленной. В расчетах по уровню 1 доля окисленного углерода принимается равной 1 при использовании рекомендуемых МГЭИК значений коэффициентов выбросов CO₂. В некоторых видах топлива количество неокислившихся фракций может быть достаточно значительным, и их следует учитывать при наличии репрезентативных, измеренных региональных или национальных значений. В таблице 1.4 приводятся данные о содержании углерода в топливе и рассчитанные на его основе коэффициенты выбросов диоксида углерода. Большинство коэффициентов соответствует приведенным в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006). Они рассчитаны на основе доли углерода в молекулярном весе вещества. Часть коэффициентов выбросов являются национальными. Они были разработаны для Национального кадастра парниковых газов Российской Федерации с учетом состава топлив, применяемых в России. Эти коэффициенты выбросов являются значениями, рекомендуемыми к применению при разработке субъектами Российской Федерации кадастров выбросов парниковых газов, в случае отсутствия конкретных данных о составе и свойствах топлив в регионе. Заметим, что выбросы CO₂ при использовании топлива в виде биомассы не включаются в региональные итоговые показатели, однако фиксируются как справочная информация. Торф трактуется как ископаемое топливо, а не как биотопливо, и выбросы от его сжигания включаются в итоговые данные по региону. Коэффициенты выбросов других, кроме CO₂, парниковых газов, образующихся при сжигании топлива, в значительной степени зависят от используемой технологии. Поскольку технологии, применяемые в каждой отрасли, существенно различаются, то же самое происходит и с коэффициентами выбросов. Поэтому было бы нецелесообразно предоставлять коэффициенты выбросов только исходя из характеристик топлив. Рекомендуемые коэффициенты выбросов других газов, кроме CO₂, для уровня 1 приводятся в последующих главах для каждой категории отдельно.

Таблица 1.4

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂

ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ОТ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА

Наименование типа топливных ресурсов	Типичное содержание углерода (т С/ТДж)	Коэффициент выбросов CO ₂ (кгCO ₂ /ТДж)			Рекомендуемый коэффициент выбросов CO ₂ (т CO ₂ /т.у.т.)
		Рекомендуемое значение	Диапазон изменения величины при доверительном интервале 95%		
			Нижний предел величины рекомендуемого значения	Верхний предел величины рекомендуемого значения	
ЖИДКИЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ					
Сырая нефть	20,0	73300	71100	75500	2,15
Природный газоконденсат	17,5	64200	58300	70400	1,88
Автомобильный бензин	18,9	69300	67500	73000	2,03
Авиационный бензин	19,1	70000	67500	73000	2,05
Бензин для реактивных двигателей	19,1	70000	67500	73000	2,05
Авиационный керосин	19,5	71500	69700	74400	2,10
Другие виды керосина	19,6	71900	70800	73700	2,11
Сланцевое масло	20,0	73300	67800	79200	2,15
Дизельное топливо	20,2	74100	72600	74800	2,17
Мазут, топливо	21,1	77400	75500	78800	2,27

печное бытовое					
Сжиженный нефтяной газ	17,2	63100	61600	65600	1,85
Этан	16,8	61600	56500	68600	1,81
Нафта (лигроин)	20,0	73300	69300	76300	2,15
Битум	22,0	80700	73000	89900	2,37
Смазочные материалы	20,0	73300	71900	75200	2,15
Нефтяной кокс	26,6	97500	82900	115000	2,86
Сырье нефтепереработки	20,0	73300	68900	76600	2,15
Газ нефтеперерабатываю щих заводов	15,7	57600	48200	69000	1,69
Парафины	20,0	73300	72200	74400	2,15
Уайт-спирит и промышленные растворители	20,0	73300	72200	74400	2,15
Другие моторные топлива	20,0	71900	72200	74400	2,11
Другие нефтепродукты	20,0	73300	72200	74400	2,15
ТВЕРДЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ					
Антрацит <1>	26,8	98300	94600	101000	2,88

Коксующийся уголь <1>	25,8	94600	87300	101000	2,77
Каменный уголь (Другие виды битуминозного угля) <1>	25,8	94600	89500	99700	2,77
Полубитуминозный уголь	26,2	96100	92800	100000	2,82
Бурый уголь/Лигнит	27,6	101000	90900	115000	2,96
Уголь месторождений:					
уголь донецкий	24,6	90200			2,64
уголь кузнецкий	25,1	91900			2,69
уголь карагандинский	25,7	94200			2,76
уголь подмосковный	25,9	95000			2,78
уголь воркутинский	25,3	92600			2,71
уголь интинский	25,4	93100			2,73
уголь челябинский	25,9	94900			2,78
уголь свердловский	25,7	94200			2,76
уголь башкирский	25,7	94200			2,76
уголь нерюнгринский	25,7	94200			2,76
уголь якутский	25,7	94200			2,76

уголь черемховский	25,6	94000			2,75
уголь азейский	25,6	93900			2,75
уголь читинский	27,0	98900			2,90
уголь гусиноозерский	25,9	94900			2,78
уголь хакасский	25,7	94400			2,77
уголь канско-ачинский	26,8	98100			2,88
уголь тувинский	25,7	94200			2,76
уголь тунгусский	25,7	94200			2,76
уголь магаданский	25,4	93100			2,73
уголь арктический (шпицбергенский)	25,7	94200			2,76
уголь норильский	25,7	94200			2,76
уголь огоджинский	25,7	94200			2,76
уголь камчатский	25,4	93100			2,73
уголь Приморья	25,4	93100			2,73
уголь экибастузский	25,8	94600			2,77
уголь алтайский	25,7	94200			2,76
уголь тугнуйский	25,7	94200			2,76
уголь прочих месторождений	25,7	94200			2,76
уголь импортный	25,7	94200			2,76

Горючий сланец и битуминозные пески	29,1	107000	90200	125000	3,14
Брикетированный бурый уголь	26,6	97500	87300	109000	2,86
Каменноугольные брикеты	26,6	97500	87300	109000	2,86
Печной (доменный) кокс	29,2	107000	95700	119000	3,14
Газовый кокс	29,2	107000	95700	119000	3,14
Каменноугольное масло	22,0	80700	68200	95300	2,37
Газ газоперерабатывающих заводов (заводской газ)	12,1	44400	37300	54100	1,30
Коксовый газ	12,1	44400	37300	54100	1,30
Доменный газ	70,8	260000	219000	308000	7,62
Газ кислородных сталеплавильных печей	49,6	182000	145000	202000	5,33
ГАЗОВЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ					
Природный газ <2>	14,8	54400	54300	58300	1,59
ДРУГИЕ ВИДЫ ИСКОПАЕМЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ					
Бытовые отходы (небиологические фракции)	25,0	91700	73300	121000	2,69

Промышленные отходы	39,0	143000	110000	183000	4,19
Нефтяные отходы	20,0	73300	72200	74400	2,15
ТОРФ					
Торф	28,9	106000	100000	108000	3,11
Брикеты и полубрикеты торфяные	28,9	106000	100000	108000	3,11
БИОМАССА					
Древесина/древесные отходы	30,5	112000	95000	132000	3,28
Щелок (черный щелок)	26,0	95300	80700	110000	2,79
Другие виды первичной твердой биомассы	27,3	100000	84700	117000	2,93
Древесный уголь	30,5	112000	95000	132000	3,28
Биобензин	19,3	70800	59800	84300	2,07
Био-дизтопливо	19,3	70800	59800	84300	2,07
Другие виды жидкого биотоплива	21,7	79600	67100	95300	2,33
Газ из органических отходов	14,9	54600	46200	66000	1,60
Канализационный газ	14,9	54600	46200	66000	1,60

Другие биогазы	14,9	54600	46200	66000	1,60
Бытовые отходы (фракция биомассы)	27,3	100000	84700	117000	2,93

<1> Содержание углерода в углях может изменяться в результате изменения доли добычи углей различными угольными бассейнами. Более подробное описание методики оценки среднего содержания углерода в углях приведено в [главе 2 тома 2](#).

<2> Для природного газа приведено национальное значение содержания углерода в товарном природном газе (Российская, 2014).

1.4 НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ОЦЕНОК ВЫБРОСОВ

Общий метод оценки неопределенности выбросов приводится в общей части настоящих Методических рекомендаций. Для анализа неопределенности требуются значения данных о деятельности и коэффициентов выбросов. В настоящем разделе приведены рекомендуемые диапазоны неопределенности при доверительном интервале 95%, которые должны использоваться в случае отсутствия другой информации. Все рекомендуемые значения округлены до трех значащих цифр.

1.4.1 Неопределенности данных о деятельности и коэффициентов выбросов

Данные о деятельности, необходимые для оценки выбросов в энергетическом секторе, в основном получают из региональной и федеральной энергетической статистики и энергетического баланса. Такие данные достаточно точны. Информация о неопределенности для сжигания топлива или для энергетических балансов может быть получена в региональных или федеральных уполномоченных организациях. Если сведения отсутствуют, то рекомендуемый диапазон неопределенности для сжигания ископаемого топлива устанавливается в пределах $\pm 5\%$.

"Статистическая разница", часто приводимая в данных по энергетическому балансу, также может быть использована применительно к неопределенности в данных. "Статистическая разница" рассчитывается как разница между данными о поставках топлива и данными о потреблении топлива. Межгодовые вариации этих значений отражают обобщенную неопределенность во всех основных данных по топливу, включая их внутренние взаимосвязи. Следовательно, колебания "статистической разницы" являются свидетельством комбинированной неопределенности данных по поставкам и потребностям для конкретного топлива. Помня о том, что неопределенности выражены в процентах, неопределенности в данных о сжигании топлива для конкретных категорий или видов деятельности, как правило, выше, чем неопределенность, взятая на основе "статистической разницы". Рекомендуемый диапазон неопределенности основан на этом соображении.

Поскольку данные по биомассе в качестве топлива не настолько достоверны, как данные по ископаемому топливу, диапазон неопределенности для топлива из биомассы будет существенно выше. В этом случае рекомендуется использовать значение $\pm 50\%$.

Коэффициенты выбросов, приведенные для сектора "Энергетика", основаны на статистическом анализе имеющихся данных о характеристиках топлива. Диапазоны неопределенности, приведенные в [таблице 1.4](#), рассчитаны с использованием анализа Монте-Карло для функции логнормального распределения вероятностей, использованного с целью получения нижних и верхних пределов 95% доверительных интервалов.

1.5 ОБЕСПЕЧЕНИЕ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ПОЛНОТА

1.5.1 Базовый (балансовый) подход

Так как выбросы диоксида углерода в результате сжигания топливно-энергетических ресурсов являются доминирующими в структуре выбросов большинства субъектов Российской Федерации, для них целесообразно использовать независимые методы проверки, обеспечивающие относительно быстрые и легкие оценки выбросов. Базовый подход, изложенный в главе 6 данного тома, основан на предположении, что весь углерод, содержащийся в топливных ресурсах, потребляемых внутри региона, либо выбрасывается в атмосферу в виде парникового газа, либо временно консервируется (например, для увеличения запасов горючего в виде неутилизованных продуктов) и не поступает в атмосферу. Базовый подход предлагает методологию первого уровня для оценки региональных выбросов парниковых газов на основе потребляемых топливно-энергетических ресурсов, даже при весьма ограниченных ресурсах и исходных данных. Таким образом, базовый подход является подходом "сверху-вниз", и он сравнительно независим от подхода "снизу-вверх", описанного в этой главе для методов уровней 1, 2 и 3. Базовый подход можно рассматривать как способ перекрестной проверки, являющейся частью необходимых мер по обеспечению и контролю качества для энергетического сектора. В исключительных случаях, если располагаемые разработчиками кадастра ресурсы и объем доступных данных не позволяют реализовать секторный подход, базовый подход может быть использован для предварительных оценок выбросов парниковых газов от сжигания топлива.

Для реализации базового подхода требуются статистические данные о производстве, ввозе и вывозе топливно-энергетических ресурсов и об изменениях запаса топливных ресурсов в регионе за отчетный год. Кроме того, необходимо ограниченное количество данных о потреблении топливно-энергетических ресурсов для неэнергетических целей. Для того, чтобы рассчитать количество углерода, высвобождающегося в атмосферу, нет необходимости знать точно, каким именно образом было использовано топливо или какие промежуточные преобразования оно претерпело.

1.5.2 Потенциальный двойной учет между секторами

1.5.2.1 Неэнергетическое использование топливных ресурсов

Ископаемые углеводороды используются не только в качестве источников энергии, но и, например, в качестве сырья, смазочных материалов, растворителей и т.д. Поэтому секторный подход (уровень 1, 2 и 3) основывается на статистике сжигания топливных ресурсов с целью получения энергии. Использование статистических данных по сжиганию топливных ресурсов, а не данных по их поставкам, позволяет избежать двойного учета при оценке выбросов. Если данные о деятельности не являются данными о количестве сжигаемых топливных ресурсов, а напротив - являются данными по поставкам предприятиям или основным подкатегориям источников, существует риск двойного учета выбросов в секторе "Промышленные процессы" или "Отходы".

При некоторых видах неэнергетического использования ископаемых углеводородов могут происходить выбросы углерода. Они должны быть включены в сектор "Промышленные процессы". Методы оценки таких выбросов приведены в [разделе "Промышленные процессы и использование продукции"](#).

1.5.3 Отходы как топливо

Некоторые установки для сжигания отходов также производят тепло или электроэнергию. В

таких случаях поток отходов должен отражаться в региональной статистике по энергетике, а эффективная практика заключается в учете таких выбросов в энергетическом секторе. Если для оценки выбросов в секторе отходов используется общий объем отходов, то это может привести к двойному учету. В общий (совокупный) региональный выброс включается только фракция CO₂, полученная из отходов ископаемого топлива (см. также раздел 1.4.1.3 настоящего тома). CO₂, образующийся из углерода биогенного происхождения, в совокупный региональный выброс не включается. Более подробная информация приведена в [разделе "Отходы"](#) настоящих Методических рекомендаций.

1.5.4 Мобильное и стационарное сжигание топлива

Для большинства источников совершенно очевидно различие между сжиганием топлива мобильными и стационарными источниками. Тем не менее, в энергетической статистике не всегда можно разделить топливные ресурсы, сжигаемые на мобильных и стационарных источниках. В некоторых отраслях может случиться и так, что топливо используется как для стационарного, так и для мобильного оборудования. Это происходит, например, в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве и строительной промышленности. В таких случаях, когда провести границу между мобильным и стационарным сжиганием не представляется возможным, выбросы могут быть причислены к категории источников, дающих большую часть выбросов.

1.5.5 Межрегиональные взаимодействия

Транспортные средства, при перемещении через границы регионов, могут перевозить часть топлива, проданного в одном регионе, для использования в другом регионе. Для оценки этих выбросов должен превалировать принцип расчета по проданному топливу, так как:

1. Данные о топливе, перемещаемом в топливных баках транспортных средств, вряд ли известны, и, очевидно, гораздо менее точны, чем данные о продажах топлива;
2. Важно, чтобы выбросы от проданного топлива фиксировались в кадастре только одного региона;
3. В большинстве случаев, чистый эффект трансграничного трафика будет невелик, поскольку большинство автомобилей в конце концов возвращаются в свой регион с топливом в баках.

Другие рекомендации по этому вопросу содержатся в последующих главах данного тома и в [главе 8 тома 1](#).

ГЛАВА 2. СЖИГАНИЕ ТОПЛИВА СТАЦИОНАРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

В главе описываются методы и данные, необходимые для оценки выбросов, связанных со сжиганием стационарными источниками, и категории, к которым эти выбросы следует относить. Для разработки кадастра выбросов субъектами Российской Федерации приоритетным является использование подхода 1 уровня, основанного на сжигании топлива по данным энергетической статистики и коэффициентах выбросов, приведенных в данной методике. Для ключевых категорий источников и, если возможно, для других категорий рекомендуется использование более точных методов расчета:

1. Уровень 2 (предполагает разработку региональных коэффициентов выбросов и введение региональных характеристик топлив);

2. Уровень 3 (предполагает расчет по отдельным предприятиям, с учетом технологии сжигания и данных о выбросах на уровне отдельных производственных процессов).

В этой главе приведены рекомендуемые для уровня 1 коэффициенты выбросов для всех категорий источников и видов топлива. Глава согласуется с методологическими подходами и данными соответствующих глав Руководящих принципов МГЭИК и Национального доклада о кадастре парниковых газов (Межправительственная, 2006; Российская, 2014).

2.1 ОПИСАНИЕ ИСТОЧНИКОВ

В рамках секторного подхода, выбросы от сжигания топливных ресурсов стационарными источниками устанавливаются по ряду видов социально-экономической деятельности, определенных в пределах сектора МГЭИК 1А, "Деятельность, связанная со сжиганием топливно-энергетических ресурсов" (таблица 2.1). Различие проводится между стационарным сжиганием в энергетических отраслях (1.А.1), промышленности и строительстве (1.А.2) и в прочих видах деятельности (1.А.4). Хотя эти отдельные подсекторы и могут охватить практически все виды стационарного сжигания, добавлена еще одна категория (1.А.5) для прочих выбросов, которые не были учтены ни в одной из других подкатегорий. В таблице 2.1 также указаны категории мобильных источников, действующих в рамках подкатегорий 1.А.4 и 1.А.5. Методы для расчета выбросов от этих источников рассматриваются в главе 3, а сами выбросы учитываются в соответствующей подкатегории 1А - стационарное сжигание топлива.

Выбросы от производителей тепла и энергии для собственных нужд (государственных или частных предприятий, вырабатывающих электрическую энергию и (или) тепло полностью или частично для собственного пользования, в качестве вида деятельности, направленного на поддержку своей основной деятельности) следует относить к той категории источников выбросов, к которой относится основной вид продукции, производимый на предприятии. Учитывая сложность производственных процессов, не всегда существует четкое разделение между сжиганием топливных ресурсов для производства тепла и энергии для собственных нужд и потреблением топлива для основной производственной деятельности. Поэтому наиболее важным является полный и непротиворечивый учет топливных ресурсов, сжигаемых на всех установках предприятия, в наиболее подходящих для этого категориях источников.

Таблица 2.1

ДЕТАЛЬНАЯ РАЗБИВКА СЕКТОРА ПО СТАЦИОНАРНОМУ СЖИГАНИЮ <1>

<1> Соответствие категорий источников международной классификации промышленных стандартов всех видов экономической деятельности (ISIC Rev.3.1) приведено в таблице 2.1 Руководящих принципов МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Код категории по Руководящим принципам МГЭИК (Межправительственная, 2006) и ее название	Содержание
1. ЭНЕРГЕТИКА	Все выбросы парниковых газов, возникающие при сжигании, и фугитивные выбросы. Выбросы от

			неэнергетического использования топливных ресурсов сюда не включаются, но учитываются в секторе "Промышленные процессы".
1.А Деятельность, связанная со сжиганием топлива			Выбросы в результате преднамеренного окисления материалов в оборудовании, предназначенном для производства тепла, энергии или механической работы для того или иного процесса или для использования за пределами такого оборудования.
1.А.1		Энергетические отрасли	Выбросы от сжигания топливных ресурсов при добыче топлива или в отраслях электро- и теплоэнергетики.
1.А.1	a	Основные производители тепло- и электроэнергии	Выбросы при сжигании топливных ресурсов предприятиями тепло- и электроэнергетики, для которых основным видом деятельности является производство тепла и электроэнергии для централизованного снабжения населения. Включаются выбросы при производстве электроэнергии и тепла, комбинированном производстве тепла и электроэнергии и при производстве тепла тепловыми станциями. Предприятия-производители могут находиться в частной или государственной собственности. Следует включить также выбросы от производства топлива для собственного потребления. Выбросы от самостоятельных производителей (предприятий, которые вырабатывают электрическую энергию/тепло полностью или частично для собственного пользования, в качестве вида деятельности, направленного на поддержку своей основной деятельности) следует относить к сектору, в котором указанная продукция была произведена, а не к категории 1.А.1.а. Самостоятельные производители могут находиться в частной или общественной собственности.
1.А.1	i	Производство электроэнергии	Выбросы от сжигания топливных ресурсов, используемых для производства электричества, предприятиями, для которых это является основным видом деятельности, кроме комбинированных предприятий по производству тепла и электричества.
1.А.1	ii	Комбинированное производство электроэнергии и тепла	Выбросы от сжигания топливных ресурсов при производстве тепла и электроэнергии предприятиями, комбинированного типа, для которых основным видом деятельности является

			производство тепла и электроэнергии для продажи населению.
		iii Тепловые станции	Выбросы при сжигании топливных ресурсов производителями тепла для продажи по тепловым трассам, для которых это является основным видом деятельности.
1.A.1	b	Производство нефтепродуктов	Вся деятельность, связанная со сжиганием топливных ресурсов при переработке нефти и производстве нефтепродуктов, в том числе сжигание на месте в целях выработки электроэнергии и тепла для собственных нужд. Не включает фугитивные выбросы на нефтеперерабатывающих предприятиях. Эти выбросы должны учитываться отдельно в 1B.2.a.
1.A.1		Производство твердых топлив и другие отрасли энергетики	Выбросы от сжигания топлива при производстве вторичных и третичных продуктов из твердых видов топлива, включая производство древесного угля. Следует включить также выбросы от производства топлива для собственного потребления. Также включает сжигание при производстве электричества и тепла для собственных нужд в указанных отраслях.
1.A.1	i	Производство твердого топлива	Выбросы, возникающие от сжигания топливных ресурсов при производстве кокса, брикетированного бурого угля и каменноугольных брикетов.
1.A.1	c	Другие энергетические отрасли	Включает выбросы от сжигания топлива в энергетических целях при добыче угля, нефти и газа, для отбора природного газа, его обработки и обогащения. Выбросы от сжигания топливных ресурсов при производстве тепла и электричества предприятиями энергетической отрасли для собственного потребления, для которых невозможно выделить данные о деятельности, распределенные по отдельным подкатегориям, либо не попадающие ни в одну из перечисленных выше категорий (например, собственное энергопотребление для производства древесного угля, древесных опилок, хлопковых стеблей и карбонизации биотоплива). Эта категория также включает выбросы от сжигания, предваряющего процесс улавливания и хранения CO ₂ . Выбросы от сжигания в трубопроводном транспорте должны

			фиксироваться в 1.А.3.е.
1.А.2	Промышленное производство и строительство		<p>Выбросы от сжигания топлива в отраслях промышленности. Также включает выбросы от сжигания топливных ресурсов при производстве электричества и тепла для собственного использования на промышленных предприятиях и в строительстве.</p> <p>Выбросы от сжигания топлива в коксовых печах на сталелитейных и металлургических предприятиях должны учитываться в категории 1.А.1.</p> <p>Выбросы отраслей производства распределены по подкатегориям в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК (Межправительственная, 2006).</p> <p>Энергия, используемая в отрасли для транспортных нужд, должна учитываться не здесь, а в категории "Транспорт" (1.А.3). Выбросы от использования в отрасли внедорожного транспорта должны, по возможности, обозначаться как отдельная подкатегория.</p>
1.А.2	a	Производство чугуна, стали и готовых металлических изделий	
1.А.2	b	Цветная металлургия	
1.А.2	c	Химическое производство	
1.А.2	d	Целлюлозно-бумажное производство, издательство и полиграфическая деятельность	
1.А.2	e	Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	
1.А.2	f	Производство прочей неметаллической продукции (стекло, керамика, цемент и т.д.)	
1.А.2	g	Производство транспортных средств и оборудования	
1.А.2	h	Производство машин и оборудования	
1.А.2	i	Горнодобывающая (кроме топлива) промышленность	
1.А.2	j	Обработка древесины и производство изделий из дерева	
1.А.2	k	Строительство	
1.А.2	l	Текстильное и швейное производство	
1.А.2	m	Другие отрасли промышленного производства	Любые отрасли промышленности/строительства, не включенные в вышеперечисленные категории или для которых отсутствуют индивидуальные данные о

			деятельности.	
1.A.4	Другие секторы		Выбросы от сжигания, включая сжигание при производстве электричества и тепла для собственного использования в указанных отраслях.	
1.A.4	a	Коммерческий сектор и общественные здания	Выбросы от сжигания топлива в коммерческих и общественных зданиях.	
1.A.4	b	Жилой сектор	Все выбросы от сжигания топлива в жилом секторе.	
1.A.4	c	Сельское/Лесное/Рыбное хозяйство/Рыбоводство	Выбросы от сжигания топлива в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, рыбном хозяйстве и рыбноводстве, например, на рыбных фермах. Деятельность, включенная в Группы ISIC 01, 02 и 05. Сельскохозяйственный автотранспорт исключается.	
1.A.4	c	i	Стационарные источники	Выбросы от сжигания топлива в насосах, при сушке зерна, садоводческие парниковые газы и прочие сельские виды деятельности, сжигание в лесном хозяйстве или стационарное сжигание в рыбной промышленности.
1.A.4	c	ii	Внедорожные транспортные средства и другие машины	Выбросы от сжигания топлива в тяговом транспорте в сельском и лесном хозяйстве.
1.A.4	c	iii	Рыболовство (мобильное сжигание)	Выбросы от сжигания топлива при внутренней, прибрежной и глубоководной рыбной ловле. Рыбная ловля охватывает суда под всеми флагами, пополняющими топливные ресурсы в данной стране (включая международную рыбную ловлю).
1.A.5	Другое сжигание топлива (не учтенное в других категориях)		Все оставшиеся виды сжигания топлива, не учтенные более нигде.	
1.A.5	a	Стационарные источники	Все оставшиеся виды выбросов при сжигании топлива в стационарных источниках, не учтенные более нигде.	
1.A.5	b	Мобильные источники	Выбросы транспортных средств и прочих механизмов, включая морской и воздушный транспорт (не включенный в категорию 1 А 4 с ii или куда-либо еще).	

2.2 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

2.2.1 Выбор метода

Подход уровня 1 включает шаги, необходимые для простейших методов расчета или методов, требующих минимума данных для минимально точных оценок выбросов. Оценки выбросов по подходам уровней 2 и 3 требуют более подробных данных и ресурсов (времени, экспертных оценок и данных по региону). При правильном применении, более высокие уровни являются более точными. Как правило, выбросы парниковых газов, связанные со стационарными источниками сжигания топливных ресурсов, рассчитываются посредством умножения данных о сжигании топлива на соответствующий коэффициент выброса. В рамках секторного подхода потребление топлива оценивается по статистическим данным об использовании топлива, выраженным в тераджоулях. Исходные данные о потреблении топлива представляются в российской статистике в физических единицах (тыс. т, млн. м³ и др.) или в унифицированных энергетических единицах - тоннах условного топлива (т.у.т.). Методика перевода исходных данных, выраженных в физических единицах, в тераджоули приведена в разделе 1.4.1.2 Главы "Введение" данного тома. Различные уровни могут использоваться для различных видов топлива и газов, с соблюдением требований анализа для ключевой категории и исключением двойного учета.

2.2.1.1 Подход уровня 1

Для кадастра выбросов парниковых газов субъекта Российской Федерации основным методом расчета является уровень 1. При реализации этого метода, выбросы из всех источников горения могут быть рассчитаны на основе количества сжигаемого топлива (обычно известного из региональной энергетической статистики) и средних коэффициентов выбросов.

Качество коэффициентов выбросов отличается от газа к газу. Для CO₂ они зависят от углеродной составляющей топлива. Условия горения (эффективность сжигания, превращение углерода в шлак и золу и т.д.) имеют сравнительно небольшое значение. Поэтому выбросы CO₂ могут быть оценены достаточно точно, исходя из общего объема сжигаемого топлива и усредненного содержания углерода в нем. Коэффициенты выбросов для метана и оксида диазота зависят от технологии сжигания и условий функционирования и существенно различаются, как между отдельными установками для сжигания, так и от года к году. Из-за этой изменчивости, использование усредненных коэффициентов выбросов по этим газам дает довольно значительную неопределенность.

Для применения уровня 1 для каждой категории источника и вида топлива нужны данные о количестве сожженного топлива и величины рекомендуемых коэффициентов выбросов. Рекомендуемые коэффициенты выбросов приведены в разделе 2.3.2.1. Расчет выбросов выполняется по формуле 2.1. Расчет совокупного количества выбросов парниковых газов производится их суммированием по категориям источников, видам газов и типам топлива (формула 2.2):

Формула 2.1 - Выбросы парниковых газов
при стационарном сжигании топлива

$$E_{\text{ПГ, топливо}} = AD_{\text{топлива}} \cdot EF_{\text{ПГ, топливо}}$$

Формула 2.2 - Общее количество выбросов
по виду парникового газа

$$\text{Выбросы}_{\text{ПГ}} = \sum E_{\text{ПГ, топливо}},$$

где:

Выбросы_{ПГ} - совокупный выброс парниковых газов (Гг);

$E_{ПГ, топливо}$ - выбросы парникового газа (CO₂, CH₄, N₂O) от конкретного типа топлива (Гг);

$AD_{топливо}$ - количество сожженного топлива (ТДж);

$E_{ПГ, топливо}$ - коэффициент выбросов парникового газа (CO₂, CH₄, N₂O) в зависимости от использованного типа топлива (Гг газ/ТДж).

Для CO₂ он включает коэффициент окисления углерода, принятый равным 1.

При первичном составлении кадастра рекомендуется использовать подход Уровня 1 в отношении выбросов CO₂, CH₄ и N₂O по отдельности и выполнить анализ ключевых категорий источников. В дальнейшем, эффективная практика заключается в применении методов уровня 2 и 3 для оценки выбросов от ключевых категорий источников.

2.2.1.2 Метод уровня 2

Метод уровня 2 может применяться при использовании в регионе топливно-энергетических ресурсов или технологий сжигания, отличных по своим характеристикам от средних российских условий. В методе уровня 2 оценка выбросов от сжигания основывается на статистике по сжиганию топливно-энергетических ресурсов, аналогичной используемой при подходе уровня 1, но вместо рекомендуемых значений используются региональные коэффициенты выбросов. Поскольку региональные коэффициенты выбросов могут различаться в зависимости от вида топливно-энергетических ресурсов и технологии сжигания, данные о деятельности должны быть более детализированы, чтобы правильно отражать такие разукрупненные источники. Применение подхода уровня 2 требует данных о количестве топлива, сожженного в каждой категории источников, и соответствующего им коэффициента выбросов парниковых газов.

В рамках уровня 2 рекомендуемые коэффициенты выбросов уровня 1 из уравнения 2.1 заменяют на региональные, которые могут быть рассчитаны на основе характерных для региона данных (например, содержания углерода в используемом топливе), качестве топлива и, особенно для других парниковых газов, кроме CO₂, применяемых технологий. Коэффициенты выбросов могут изменяться от года к году. Для твердых видов топлив они должны учитывать количество углерода в золе, которое также может меняться со временем. Эффективная практика заключается в сравнении региональных коэффициентов выбросов с рекомендуемыми коэффициентами. Если региональные коэффициенты выбросов выходят за пределы 95% доверительных интервалов, принятых для рекомендуемых значений, то необходимо объяснить установленные различия. Если региональные коэффициенты выбросов получены на основании подробных данных о содержании углерода в различных партиях потребляемого топлива или использована более подробная информация о применяемых в регионе технологиях сжигания, неопределенности оценок значительно уменьшаются, а временные тенденции могут быть оценены более качественно.

2.2.1.3 Метод уровня 3

По существу, выбросы парниковых газов в результате сжигания топлива зависят от используемого вида топлива, технологии сжигания, эксплуатационных условий, технологии контроля, качества техобслуживания и возраста используемого оборудования. В рамках метода Уровня 3 производится расчет выбросов по каждой технологической группе или каждому

предприятию отдельно. При применении Уровня 3 необходимо осуществлять контроль полноты учета источников для каждой категории выбросов. Для этого рекомендуется проводить проверку баланса массы топлива, сжигаемого на предприятиях данной категории (исходные данные для расчета по Уровню 1), и сумм масс топлив, сжигаемых на каждом из учтенных предприятий. При невязке баланса, выбросы от неучтенного сжигания топлива следует учитывать по методу Уровня 1 с использованием рекомендуемых коэффициентов. В использовании подхода уровня 3 для оценки выбросов CO₂ часто нет необходимости, так как выбросы CO₂ не зависят от технологии сжигания. Однако могут быть доступны конкретные для предприятий данные мониторинга выбросов CO₂. Особая осторожность необходима в тех случаях, когда используется непрерывный мониторинг выбросов некоторых предприятий, но для всей категории отчетности данные такого мониторинга отсутствуют. Непрерывный мониторинг выбросов требует мероприятий по обеспечению и контролю качества. Сюда входит сертификация системы мониторинга, повторная сертификация после каких-либо изменений в ней и обеспечение непрерывной работы. Для измерений CO₂ данные систем непрерывного мониторинга выбросов могут сравниваться с оценками выбросов, основанными на потоках топлива.

2.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

2.2.2.1 Уровень 1

Коэффициенты выбросов CO₂ отражают полное содержание углерода в топливе, за исключением неокисленного углерода, переходящего в золу, в сажу или твердые частицы. Поскольку доля неокисленного углерода, как правило, невелика, рекомендуемые коэффициенты выбросов Уровня 1 для жидких и газообразных топлив предполагают полное окисление углерода, содержащегося в топливе (коэффициент окисления углерода равен 1). Для некоторых твердых видов топлива (в частности, угля), доля неокисленного углерода не обязательно ничтожна, поэтому в предлагаемых коэффициентах выбросов исключена средняя доля неокисленного углерода, характерная для условий и технологий сжигания, применяемых в России. Эффективная практика заключается в использовании, по возможности, значений по конкретному региону, основанных на измерениях или других документированных данных. Коэффициенты выбросов для CO₂ приводятся в кг CO₂/ТДж на основе чистых тепловых значений и отражают содержание углерода в топливе при предположительном коэффициенте окисления, равном 1.

Коэффициенты выбросов для CH₄ и N₂O для категорий источников отличаются из-за различий в технологиях сжигания. Рекомендуемые коэффициенты выбросов для условий сжигания топлива стационарными источниками приведены в таблицах с 2.2 по 2.5. Они основаны на предположении об эффективном сжигании при высокой температуре. Они применимы для неизменных и оптимальных условий и не принимают во внимание влияние запусков, отключений или сжигания при частичной загрузке. Коэффициенты выбросов CO₂ аналогичны приведенным в [таблице 1.3](#). Коэффициенты выбросов для CH₄ и N₂O основаны на Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006). Коэффициенты выбросов CH₄ и N₂O, связанных со сжиганием топлива внедорожными транспортными средствами, приведены в [разделе 3.3](#).

Угли разных марок и видов отличаются друг от друга по характеристикам и особенностям добычи. При этом содержание углерода в углях различается, в том числе, и от места добычи. В российской статистике исходные данные о потреблении угля по видам деятельности доступны только в целом для каменных углей и для бурого угля, либо с разделением углей по бассейнам и месторождениям. Поэтому рекомендуется применять единый национальный коэффициент выбросов CO₂ при сжигании каменных углей (включая антрацит и коксующийся уголь). Временной ряд коэффициента выброса CO₂ при сжигании каменного угля, приведенный в [Таблице](#)

2.6, рассчитан на основе средневзвешенного содержания углерода в угле. Расчеты выполнены с использованием данных Росстата о потреблении в экономике России в качестве котельно-печного топлива углей различных бассейнов и месторождений, представленных в статистической отчетности (форма 4-ТЭР). Методика, применяемая для расчета национального коэффициента выброса CO₂ при сжигании угля, аналогична методике расчета значений региональных коэффициентов, представленной в разделе 2.3.2.2 главы.

При наличии исходных данных о сжигании антрацита или коксующегося угля по видам деятельности следует выделять их в отдельные категории топлива, в соответствии с таблицей 1.1 и применять к ним коэффициенты выбросов, приведенные в таблицах 2.2 - 2.5. При этом к категории "каменный уголь" следует применять национальный коэффициент выбросов CO₂ из таблицы 2.6.

Важно четко документировать и пояснять используемые для расчетов исходные данные и коэффициенты выбросов. Важно также следить, чтобы не было двойного счета или недоучета выбросов. Если данные об использовании коксующегося угля или антрацитов приведены отдельно, то они не должны быть включены в категорию "каменные угли" и наоборот, если данные об использовании коксующегося угля или антрацитов не выделены в отдельные категории, важно убедиться в том, что их потребление включено в категорию "каменные угли". Порядок использования данных должен быть прозрачно описан в докладе о кадастре субъекта Российской Федерации.

2.2.2.2 Региональные коэффициенты выбросов для уровня 2

Эффективная практика заключается в использовании наиболее детализированных коэффициентов выбросов для конкретного региона и конкретной технологии, особенно тех, которые получены благодаря прямым измерениям на различных источниках стационарного сжигания. Региональные коэффициенты выбросов могут быть разработаны в рамках действующих федеральных и региональных программ контроля качества воздуха, а также при проведении специальных региональных исследований.

В общем разделе настоящих Методических рекомендаций содержатся общие принципы сбора и обработки информации о разных источниках. Если для получения коэффициентов выбросов используются измерения, эффективная практика заключается в проверке данных части источников, представляющих среднее состояние по региону, включая виды и смеси топлива, тип и размер устройств сжигания, условия сжигания, нагрузку, вид технологий контроля и уровень техобслуживания.

Угли разных марок и видов отличаются друг от друга по особенностям добычи, содержанию углерода и другим характеристикам. Рекомендуется рассчитывать региональный коэффициент выбросов CO₂ при сжигании каменного угля (включая антрацит и коксующийся уголь) как в целом для угля, потребляемого в регионе, так и для отдельных видов деятельности. Коэффициент эмиссии CO₂ рассчитывается на основе средневзвешенного содержания углерода в угле с использованием данных Росстата (форма статистической отчетности 4-ТЭР) о потреблении углей, различных бассейнов и месторождений в качестве котельно-печного топлива по формуле 2.3.

Формула 2.3 - Общее количество выбросов
по виду парникового газа

$$EF_{CO_2} = \frac{\sum (AD_{\text{месторожд.}} \cdot CF_{\text{месторожд.}} \cdot EF_{\text{месторожд.}})}{\sum (AD_{\text{месторожд.}} \cdot CF_{\text{месторожд.}})} \cdot 10^6 / 29.3076$$

где:

EF_{CO_2} - средневзвешенное значение коэффициента выброса CO_2 при сжигании угля в регионе или отдельной категории источников, кг CO_2 /ТДж;

$AD_{\text{месторожд.}}$ - потребление угля в регионе или отдельной категорией источников в качестве котельно-печного топлива, разделенное по месторождениям, т;

$CF_{\text{месторожд.}}$ - средний калорийный эквивалент для пересчета одной натуральной тонны угля в условное топливо из [таблицы 1.2](#) (т.у.т./т) - Таблица 1.2;

$EF_{CO_2 \text{ месторождение}}$ - коэффициенты выбросов CO_2 в углях различных угледобывающих бассейнов (т CO_2 /т.у.т.) [Таблица 1.4](#);

10^6 - переводный множитель т CO_2 /т.у.т. на кг CO_2 /тыс. т.у.т.;

29,3076 - переводный множитель тыс. т.у.т. в ТДж.

2.2.2.3 Коэффициенты выбросов для уровня 3

Для Уровня 3 требуются коэффициенты выбросов, для расчета которых используются специализированные модели выбросов или измерения на отдельных предприятиях. При правильном применении эти модели и измерения должны обеспечивать более точные оценки, особенно для других парниковых газов, кроме CO_2 . Описание порядка получения таких коэффициентов приводится в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

В Руководящих принципах МГЭИК справочно представлены коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O для типичных технологий и видов топлива (Межправительственная, 2006). В таблицах Руководящих принципов МГЭИК даны коэффициенты для каждой технологии, но они не учитывают системы контроля и снижения выбросов, которые могут использоваться на предприятиях. В регионах, где используются технологии контроля и (или) снижения выбросов парниковых газов, величины таких коэффициентов необходимо корректировать с учетом применяемых технологий.

Таблица 2.2

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА СТАЦИОНАРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ В ОТРАСЛЯХ ЭНЕРГЕТИКИ (КГ ПАРНИКОВОГО ГАЗА НА ТДЖ НА ОСНОВЕ НИЗШЕЙ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ)

Наименование типа топливных ресурсов	CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
	Рекомендуемые значения	Нижний предел изменения величины	Верхний предел изменения величины	Рекомендуемое значение	Нижний предел изменения величины	Верхний предел изменения величины	Рекомендуемые значения	Нижний предел изменения величины	Верхний предел изменения величины
ЖИДКИЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									
Сырая нефть	73300	71000	75500	3	1	10	0,6	0,2	2
Природный газоконденсат	64200	58300	70400	3	1	10	0,6	0,2	2
Автомобильный бензин	69300	67500	73000	3	1	10	0,6	0,2	2
Авиационный бензин	70000	67500	73000	3	1	10	0,6	0,2	2
Бензин для реактивных двигателей	70000	67500	73000	3	1	10	0,6	0,2	2
Авиационный керосин	71500	69700	74400	3	1	10	0,6	0,2	2
Другие виды керосина	71900	70800	73700	3	1	10	0,6	0,2	2
Сланцевое масло	73300	67800	79200	3	1	10	0,6	0,2	2
Дизельное топливо	74100	72600	74800	3	1	10	0,6	0,2	2
Мазут	77400	75500	78800	3	1	10	0,6	0,2	2
Сжиженный нефтяной газ	63100	61600	65600	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Этан	61600	56500	68600	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3

Нафта (лигроин)	73300	69300	76300	3	1	10	0,6	0,2	2
Битум	80700	73000	89900	3	1	10	0,6	0,2	2
Смазочные материалы	73300	71900	75200	3	1	10	0,6	0,2	2
Нефтяной кокс	97500	82900	115000	3	1	10	0,6	0,2	2
Сырье нефтепереработки	73300	68900	76600	3	1	10	0,6	0,2	2
Газ нефтеперерабатывающих заводов	57600	48200	69000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Парафины	73300	72200	74400	3	1	10	0,6	0,2	2
Уайт-спирит и промышленные растворители	73300	72200	74400	3	1	10	0,6	0,2	2
Другие моторные топлива	71900	70800	73700	5	1	10	0,6	0,2	2
Другие нефтепродукты	73300	72200	74400	3	1	10	0,6	0,2	2
ТВЕРДЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									
Антрацит <1>	98300	94600	101000	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Коксующийся уголь <1>	94600	87300	101000	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Каменный уголь (Другие виды битуминозного угля) <1>	94600	89500	99700	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Полубитуминозный	96100	92800	100000	1	0,3	3	1,5	0,5	5

уголь <1>									
Бурый уголь/Лигнит <1>	101000	90900	115000	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Горючий сланец и битуминозные пески	107000	90200	125000	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Брикетированный бурый уголь	97500	87300	109000	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Каменноугольные брикеты	97500	87300	109000	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Печной (доменный) кокс	107000	95700	119000	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Газовый кокс	107000	95700	119000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Каменноугольное масло	80700	68200	95300	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Газ газоперерабатывающих заводов (заводской газ)	44400	37300	54100	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Коксовый газ	44400	37300	54100	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Доменный газ	260000	219000	308000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Газ кислородных сталеплавильных печей	182000	145000	202000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
ГАЗОВЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									
Природный газ <2>	н 54400	54300	58300	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
ДРУГИЕ ВИДЫ ИСКОПАЕМЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ									
Бытовые отходы	91700	73300	121000	30	10	100	4	1,5	15

(небиологические фракции)									
Промышленные отходы	143000	110000	183000	30	10	100	4	1,5	15
Нефтяные отходы	73300	72200	74400	30	10	100	4	1,5	15
ТОРФ									
Торф	106000	100000	108000	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Брикеты торфяные	106000	100000	108000	1	0,3	3	1,5	0,5	5
БИОМАССА									
Древесина/древесные отходы	112000	95000	132000	30	10	100	4	1,5	15
Щелок (черный щелок) <3>	95300	80700	110000	3	1	18	2	1	21
Другие виды первичной твердой биомассы	100000	84700	117000	30	10	100	4	1,5	15
Древесный уголь	112000	95000	132000	200	70	600	4	1,5	15
Биобензин	70800	59800	84300	3	1	10	0,6	0,2	2
Био-дизтопливо	70800	59800	84300	3	1	10	0,6	0,2	2
Другие виды жидкого биотоплива	79600	67100	93300	3	1	10	0,6	0,2	2
Газ из органических отходов	54600	46200	66000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Канализационный газ	54600	46200	66000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Другие биогазы	54600	46200	66000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3

Бытовые отходы (фракция биомассы)	100000	84700	117000	30	10	100	4	1,5	15
--------------------------------------	--------	-------	--------	----	----	-----	---	-----	----

<1> Среднее содержание углерода в углях может изменяться в результате изменения доли добычи углей различными угольными бассейнами. Рекомендуется использовать национальный средневзвешенный коэффициент выброса CO₂, изменяющийся от года к году (Таблица 2.6). Описание методики оценки среднего содержания углерода в углях приведено в главе 2 тома 2.

<2> Приведен национальный коэффициент содержание углерода в природном газе, с учетом компонентного состава товарного природного газа (Российская, 2014).

<3> Включает полученный из биомассы CO₂, выделенный из установки сжигания черного щелока и полученный из биомассы CO₂, выделенный из печи для обжига извести.

n - указывает на национальный коэффициент выбросов, разработанный для Национального кадастра выбросов парниковых газов (Российская, 2014).

Таблица 2.3

**РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА
СТАЦИОНАРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ НА ОТРАСЛЯХ ПРОИЗВОДСТВА
И СТРОИТЕЛЬСТВЕ (КГ ПАРНИКОВОГО ГАЗА НА ТДЖ НА ОСНОВЕ
НИЗШЕЙ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ)**

Наименование типа топливных ресурсов	CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
	Рекомендуемое значение	Нижний предел изменения величины	Верхний предел изменения величины	Рекомендуемое значение	Нижний предел изменения величины	Верхний предел изменения величины	Рекомендуемое значение	Нижний предел изменения величины	Верхний предел изменения величины
ЖИДКИЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									

Сырая нефть	73300	71000	75500	3	1	10	0,6	0,2	2
Природный газоконденсат	64200	58300	70400	3	1	10	0,6	0,2	2
Автомобильный бензин	69300	67500	73000	3	1	10	0,6	0,2	2
Авиационный бензин	70000	67500	73000	3	1	10	0,6	0,2	2
Бензин для реактивных двигателей	70000	67500	73000	3	1	10	0,6	0,2	2
Авиационный керосин	71500	69700	74400	3	1	10	0,6	0,2	2
Другие виды керосина	71900	70800	73700	3	1	10	0,6	0,2	2
Сланцевое масло	73300	67800	79200	3	1	10	0,6	0,2	2
Дизельное топливо	74100	72600	74800	3	1	10	0,6	0,2	2
Мазут	77400	75500	78800	3	1	10	0,6	0,2	2
Сжиженный нефтяной газ	63100	61600	65600	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Этан	61600	56500	68600	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Нафта	73300	69300	76300	3	1	10	0,6	0,2	2
Битум	80700	73000	89900	3	1	10	0,6	0,2	2
Смазочные материалы	73300	71900	75200	3	1	10	0,6	0,2	2
Нефтяной кокс	97500	82900	115000	3	1	10	0,6	0,2	2
Сырье нефтепереработки	73300	68900	76600	3	1	10	0,6	0,2	2
Газ	57600	48200	69000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3

нефтеперерабатывающих заводов									
Парафины	73300	72200	74400	3	1	10	0,6	0,2	2
Уайт-спирит и промышленные растворители	73300	72200	74400	3	1	10	0,6	0,2	2
Другие моторные топлива	71900	70800	73700	5	1	10	0,6	0,2	2
Другие нефтепродукты	73300	72200	74400	3	1	10	0,6	0,2	2
ТВЕРДЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									
Антрацит <1>	98300	94600	101000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Коксующийся уголь <1>	94600	87300	101000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Каменный уголь (Другие виды битуминозного угля) <1>	94600	89500	99700	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Полубитуминозный уголь <1>	96100	92800	100000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Бурый уголь/Лигнит <1>	101000	90900	115000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Горючий сланец и битуминозные пески	107000	90200	125000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Брикетированный бурый уголь	97500	87300	109000	с 10	0,3	3	1,5	0,5	5
Каменноугольные	97500	87300	109000	с 10	3	30	1,5	0,5	5

брикеты									
Печной (доменный) кокс	107000	95700	119000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Газовый кокс	107000	95700	119000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Каменноугольное масло	80700	68200	95300	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Газ газоперерабатывающих заводов (заводской газ)	44400	37300	54100	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Коксовый газ	44400	37300	54100	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Доменный газ	260000	219000	308000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Газ кислородных сталеплавильных печей	182000	145000	202000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
ГАЗОВЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									
Природный газ <2>	н 54400	54300	58300	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
ДРУГИЕ ВИДЫ ИСКОПАЕМЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ									
Бытовые отходы (небиологические фракции)	91700	73300	121000	30	10	100	4	1,5	15
Промышленные отходы	143000	110000	183000	30	10	100	4	1,5	15
Нефтяные отходы	73300	72200	74400	30	10	100	4	1,5	15
ТОРФ									
Торф	106000	100000	108000	с 2	0,6	6	1,5	0,5	5
Брикеты торфяные	106000	100000	108000	с 2	0,6	6	1,5	0,5	5

БИОМАССА									
Древесина/древесные отходы	112000	95000	132000	30	10	100	4	1,5	15
Щелок (черный щелок) <3>	95300	80700	110000	3	1	18	2	1	21
Другие виды первичной твердой биомассы	100000	84700	117000	30	10	100	4	1,5	15
Древесный уголь	112000	95000	132000	200	70	600	4	1,5	15
Биобензин	70800	59800	84300	3	1	10	0,6	0,2	2
Био-дизтопливо	70800	59800	84300	3	1	10	0,6	0,2	2
Другие виды жидкого биотоплива	79600	67100	93300	3	1	10	0,6	0,2	2
Газ из органических отходов	54600	46200	66000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Канализационный газ	54600	46200	66000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Другие биогазы	54600	46200	66000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Бытовые отходы (фракция биомассы)	100000	84700	117000	30	10	100	4	1,5	15

<1> Среднее содержание углерода в углях может изменяться в результате изменения доли добычи углей различными угольными бассейнами. Рекомендуется использовать национальный средневзвешенный коэффициент выброса CO₂, изменяющийся от года к году (Таблица 2.6). Описание методики оценки среднего содержания углерода в углях приведено в главе 2 тома 2.

<2> Приведен национальный коэффициент содержание углерода в природном газе, с учетом компонентного состава товарного природного газа (Российская, 2014).

<3> Включает полученный из биомассы CO₂, выделенный из установки сжигания черного щелока и полученный из биомассы CO₂, выделенный из печи для обжига извести.

н - указывает на национальный коэффициент выбросов, разработанный для Национального кадастра выбросов парниковых газов (Российская, 2014).

с - указывает на значения коэффициента выброса, специфичного для категории "Промышленное производство и строительство".

Таблица 2.4

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА
СТАЦИОНАРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ В КОММЕРЧЕСКОМ СЕКТОРЕ
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ (КГ ПАРНИКОВОГО ГАЗА НА ТДЖ
НА ОСНОВЕ НИЗШЕЙ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ)

Наименование типа топливных ресурсов	CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
	Рекомендуемое значение	Нижний предел изменения величины	Верхний предел изменения величины	Рекомендуемое значение	Нижний предел изменения величины	Верхний предел изменения величины	Рекомендуемое значение	Нижний предел изменения величины	Верхний предел изменения величины
ЖИДКИЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									
Сырая нефть	73300	71000	75500	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Природный газоконденсат	64200	58300	70400	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Автомобильный бензин	69300	67500	73000	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Авиационный бензин	70000	67500	73000	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Бензин для реактивных двигателей	70000	67500	73000	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Авиационный керосин	71500	69700	74400	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Другие виды керосина	71900	70800	73700	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Сланцевое масло	73300	67800	79200	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Дизельное топливо	74100	72600	74800	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Мазут	77400	75500	78800	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Сжиженный нефтяной газ	63100	61600	65600	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Этан	61600	56500	68600	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3

Нафта	73300	69300	76300	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Битум	80700	73000	89900	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Смазочные материалы	73300	71900	75200	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Нефтяной кокс	97500	82900	115000	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Сырье нефтепереработки	73300	68900	76600	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Газ нефтеперерабатывающих заводов	57600	48200	69000	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Парафины	73300	72200	74400	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Уайт-спирит и промышленные растворители	73300	72200	74400	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Другие моторные топлива	71900	70800	73700	5	1	10	0,6	0,2	2
Другие нефтепродукты	73300	72200	74400	с 10	3	30	0,6	0,2	2
ТВЕРДЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									
Антрацит <1>	98300	94600	101000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Коксующийся уголь <1>	94600	87300	101000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Каменный уголь (Другие виды битуминозного угля) <1>	94600	89500	99700	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Полубитуминозный	96100	92800	100000	с 10	3	30	1,5	0,5	5

уголь <1>									
Бурый уголь/Лигнит <1>	101000	90900	115000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Горючий сланец и битуминозные пески	107000	90200	125000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Брикетированный бурый уголь	97500	87300	109000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Каменноугольные брикеты	97500	87300	109000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Печной (доменный) кокс	107000	95700	119000	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Газовый кокс	107000	95700	119000	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Каменноугольное масло	80700	68200	95300	с 10	3	30	1,5	0,5	5
Газ газоперерабатывающих заводов (заводской газ)	44400	37300	54100	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Коксовый газ	44400	37300	54100	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Доменный газ	260000	219000	308000	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Газ кислородных сталеплавильных печей	182000	145000	202000	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
ГАЗОВЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									
Природный газ <2>	н 54400	54300	58300	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
ДРУГИЕ ВИДЫ ИСКОПАЕМЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ									
Бытовые отходы	91700	73300	121000	с 300	100	900	4	1,5	15

(небиологические фракции)									
Промышленные отходы	143000	110000	183000	с 300	100	900	4	1,5	15
Нефтяные отходы	73300	72200	74400	с 300	100	900	4	1,5	15
ТОРФ									
Торф	106000	100000	108000	с 10	3	30	с 1,4	0,5	5
Брикеты торфяные	106000	100000	108000	с 10	3	30	с 1,4	0,5	5
БИОМАССА									
Древесина/древесные отходы	112000	95000	132000	с 300	100	900	4	1,5	15
Щелок (черный щелок) <3>	95300	80700	110000	3	1	18	2	1	21
Другие виды первичной твердой биомассы	100000	84700	117000	с 300	100	900	4	1,5	15
Древесный уголь	112000	95000	132000	с 200	70	600	с 1	0,3	3
Биобензин	70800	59800	84300	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Био-дизтопливо	70800	59800	84300	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Другие виды жидкого биотоплива	79600	67100	93300	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Газ из органических отходов	54600	46200	66000	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Канализационный газ	54600	46200	66000	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Другие биогазы	54600	46200	66000	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3

Бытовые отходы (фракция биомассы)	100000	84700	117000	с 300	100	900	4	1,5	15
--------------------------------------	--------	-------	--------	-------	-----	-----	---	-----	----

<1> Среднее содержание углерода в углях может изменяться в результате изменения доли добычи углей различными угольными бассейнами. Рекомендуется использовать национальный средневзвешенный коэффициент выброса CO₂, изменяющийся от года к году (Таблица 2.6). Описание методики оценки среднего содержания углерода в углях приведено в главе 2 тома 2.

<2> Приведен национальный коэффициент содержания углерода в природном газе, с учетом компонентного состава товарного природного газа (Российская, 2014).

<3> Включает полученный из биомассы CO₂, выделенный из установки сжигания черного щелока и полученный из биомассы CO₂, выделенный из печи для обжига извести.

н - указывает на национальный коэффициент выбросов, разработанный для Национального кадастра выбросов парниковых газов (Российская, 2014).

с - указывает на значения коэффициента выброса, специфичного для категории "Коммерческий сектор общественные здания".

Таблица 2.5

**РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ
ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА СТАЦИОНАРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ В ЖИЛОМ
СЕКТОРЕ/СЕЛЬСКОМ/ЛЕСНОМ/РЫБНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И РЫБОВОДСТВЕ
(КГ ПАРНИКОВОГО ГАЗА НА ТДЖ НА ОСНОВЕ НИЗШЕЙ
ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ)**

Наименование типа топливных ресурсов	CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
	Реком ендуе мое значен ие	Нижн ий предел измен ения велич ины	Верхн ий предел измен ения велич ины	Реком ендуе мое значен ие	Нижн ий предел измен ения велич ины	Верхн ий предел измен ения велич ины	Реком ендуе мое значен ие	Нижн ий предел измен ения велич ины	Верхн ий предел измен ения велич ины
ЖИДКИЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									
Сырая нефть	73300	71000	75500	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Природный газоконденсат	64200	58300	70400	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Автомобильный бензин	69300	67500	73000	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Авиационный бензин	70000	67500	73000	с 10	3	30	0,6	0,2	2

Бензин для реактивных двигателей	70000	67500	73000	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Авиационный керосин	71500	69700	74400	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Другие виды керосина	71900	70800	73700	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Сланцевое масло	73300	67800	79200	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Дизельное топливо	74100	72600	74800	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Мазут	77400	75500	78800	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Сжиженный нефтяной газ	63100	61600	65600	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Этан	61600	56500	68600	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Нафта	73300	69300	76300	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Битум	80700	73000	89900	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Смазочные материалы	73300	71900	75200	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Нефтяной кокс	97500	82900	115000	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Сырье нефтепереработки	73300	68900	76600	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Газ нефтеперерабатывающих заводов	57600	48200	69000	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Парафины	73300	72200	74400	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Уайт-спирит и промышленные растворители	73300	72200	74400	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Другие моторные топлива	71900	70800	73700	5	1	10	0,6	0,2	2
Другие нефтепродукты	73300	72200	74400	с 10	3	30	0,6	0,2	2
ТВЕРДЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									
Антрацит <1>	98300	94600	101000	с 300	100	900	1,5	0,5	5

Коксующийся уголь <1>	94600	87300	10100 0	с 300	100	900	1,5	0,5	5
Каменный уголь (Другие виды битуминозного угля) <1>	94600	89500	99700	с 300	100	900	1,5	0,5	5
Полубитуминозный уголь <1>	96100	92800	10000 0	с 300	100	900	1,5	0,5	5
Бурый уголь/Лигнит <1>	10100 0	90900	11500 0	с 300	100	900	1,5	0,5	5
Горючий сланец и битуминозные пески	10700 0	90200	12500 0	с 300	100	900	1,5	0,5	5
Брикетированный бурый уголь	97500	87300	10900 0	с 300	100	900	1,5	0,5	5
Каменноугольные брикеты	97500	87300	10900 0	с 300	100	900	1,5	0,5	5
Печной (доменный) кокс	10700 0	95700	11900 0	с 300	100	900	1,5	0,5	5
Газовый кокс	10700 0	95700	11900 0	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Каменноугольное масло	80700	68200	95300	с 300	100	900	1,5	0,5	5
Газ газоперерабатывающих заводов (заводской газ)	44400	37300	54100	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Коксовый газ	44400	37300	54100	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Доменный газ	26000 0	21900 0	30800 0	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Газ кислородных сталеплавильных печей	18200 0	14500 0	20200 0	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
ГАЗОВЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ									
Природный газ <2>	н 54400	54300	58300	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
ДРУГИЕ ВИДЫ ИСКОПАЕМЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ									

Бытовые отходы (небиологические фракции)	91700	73300	12100 0	с 300	100	900	4	1,5	15
Промышленные отходы	14300 0	11000 0	18300 0	с 300	100	900	4	1,5	15
Нефтяные отходы	73300	72200	74400	с 300	100	900	4	1,5	15
ТОРФ									
Торф	10600 0	10000 0	10800 0	с 300	100	900	с 1,4	0,5	5
Брикеты торфяные	10600 0	10000 0	10800 0	с 300	100	900	с 1,4	0,5	5
БИОМАССА									
Древесина/древесные отходы	11200 0	95000	13200 0	с 300	100	900	4	1,5	15
Щелок (черный щелок) <3>	95300	80700	11000 0	3	1	18	2	1	21
Другие виды первичной твердой биомассы	10000 0	84700	11700 0	с 300	100	900	4	1,5	15
Древесный уголь	11200 0	95000	13200 0	с 200	70	600	с 1	0,3	3
Биобензин	70800	59800	84300	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Био-дизтопливо	70800	59800	84300	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Другие виды жидкого биотоплива	79600	67100	93300	с 10	3	30	0,6	0,2	2
Газ из органических отходов	54600	46200	66000	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Канализационный газ	54600	46200	66000	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Другие биогазы	54600	46200	66000	с 5	1,5	15	0,1	0,03	0,3
Бытовые отходы (фракция биомассы)	10000 0	84700	11700 0	с 300	100	900	4	1,5	15

<1> Среднее содержание углерода в углях может изменяться в результате изменения доли добычи углей различными угольными бассейнами. Рекомендуется использовать национальный средневзвешенный коэффициент выброса CO₂, изменяющийся от года к году (Таблица 2.6). Описание методики оценки среднего содержания углерода в углях приведено в главе 2 тома 2.

<2> Приведен национальный коэффициент содержание углерода в природном газе, с учетом компонентного состава товарного природного газа (Российская, 2014).

<3> Включает полученный из биомассы CO₂, выделенный из установки сжигания черного щелока и полученный из биомассы CO₂, выделенный из печи для обжига извести.

н - указывает на национальный коэффициент выбросов, разработанный для Национального кадастра выбросов парниковых газов (Российская, 2014).

с - указывает на значения коэффициента выброса, специфичного для категорий "Жилой сектор" и "Сельское/лесное/рыбное хозяйство и рыболовство".

Таблица 2.6

**НАЦИОНАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСА CO₂ НА ПО УМОЛЧАНИЮ
ДЛЯ СТАЦИОНАРНОГО СЖИГАНИЯ УГЛЯ (КГ CO₂ НА ТДЖ НА ОСНОВЕ
НИЗШЕЙ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ)**

Год	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
кг CO ₂ / ТДж	93800	9400 0	9400 0	9385 0	9385 0	9370 0	9390 0	9380 0	9320 0	9340 0	9365 0	9300 0
Год	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
кг CO ₂ / ТДж	93550	9350 0	9350 0	9350 0	9375 0	9400 0	9420 0	9370 0	9410 0	9415 0	9415 0	9420 0

2.2.3 Выбор данных о деятельности

Данными о деятельности для всех уровней оценки выбросов парниковых газов от сжигания топлива стационарными источниками являются количество и вид сожженных топливно-энергетических ресурсов. Данные о количестве и видах сожженных топливных ресурсов могут быть получены из одного или нескольких источников:

1. данные территориальных органов Федеральной службы государственной статистики (официальные публикации, статистические ежегодники, отчеты);
2. данные форм регулярной статистической отчетности, представляемые в территориальные и федеральные органы Росстата, например:

- **6-ТП** - Сведения о производстве тепловой и электрической энергии объектами генерации

(электростанциями). Включает данные о расходе топлива по видам;

- ПЭ - Сведения о работе электростанций (электрогенераторных установок), состоящих на балансе организаций, не относящихся к добывающим, обрабатывающим производствам, производству и распределению электрической энергии, газа и воды;

- 11-ТЭР - Сведения об использовании топлива, теплоэнергии и электроэнергии на производство отдельных видов продукции, работ (услуг);

- 4-ТЭР - Сведения об остатках, поступлении и расходе топливно-энергетических ресурсов, сборе и использовании отработанных нефтепродуктов;

- "22-ЖКХ" (сведения о работе предприятий ЖКХ в условиях реформы). Содержит информацию о потреблении сетевого и сжиженного газа;

- "1-газ" - содержит данные о потреблении сетевого и сжиженного газа населением, мелкими потребителями и бюджетными организациями;

- "1-топливо" (сведения об объеме потребления топливно-энергетических ресурсов организациями, финансируемыми за счет средств федерального бюджета);

- "1-авто-бензин" (сведения о производстве нефтепродуктов), содержит данные о производстве бензина и дизельного топлива;

- "1-ТЕП" (сведения о снабжении теплоэнергией). Содержит информацию по видам и объему используемого на котельных топлива;

- "1-нефтепродукт" (сведения об отгрузке нефтепродуктов потребителям);

- "1-вывоз" (сведения о вывозе продукции (товаров));

- "4-запасы (срочная)" (сведения о запасах топлива).

1. Данные профильных ведомств, например, Министерства энергетики РФ (Топливо-энергетический баланс субъектов Российской Федерации, годовые отчеты);

2. Отчеты предприятий;

3. Отраслевые отчеты и отчеты корпораций;

4. Результаты периодических обследований, проводимых органами государственной статистики;

5. Отчеты поставщиков (продавцов) топлива, статистика продажи топлива.

6. Эффективным способом получения данных является обращение с запросами в территориальные органы федеральной службы государственной статистики, профильные министерства, на предприятия, в отраслевые компании и корпорации, к производителям и поставщикам топливно-энергетических ресурсов.

Существует несколько принципов эффективной практики, которым должны следовать составители кадастра при сборе и использовании данных о потреблении топливно-энергетических

ресурсов:

- использовать, где это возможно, количественных показателей сожженного топлива, а не топлива, доставленного потребителю;

- проводить проверку полноты и сопоставимости данных, полученных из разных источников.

К сожалению, ни один из перечисленных источников данных не предоставляет полной информации о потреблении топливных ресурсов, необходимой для проведения расчетов выбросов парниковых газов от энергетического сжигания топливных ресурсов в секторе Энергетика. Различные формы статистической отчетности могут предоставлять различные данные по одному и тому же показателю. Кроме того, в органы государственной статистики свои отчеты представляют только крупные и средние предприятия. Для полного учета баланса топливно-энергетических ресурсов проводятся систематические опросы и применяются расчетные методики оценки потребления топливных ресурсов.

Поскольку выбросы других парниковых газов, кроме CO₂, зависят от технологии, для получения точных оценок выбросов требуется подробная статистика по технологии сжигания. Эффективная практика заключается в сборе данных в единицах использованного топлива и их детализации, насколько это возможно, чтобы разделить сжигаемые топлива по основным типам используемых технологий.

Систематическим сбором и обработкой данных занимаются специальные статистические органы или подразделения министерств. Приветствуется использование представителей этих организаций в процессе составления кадастра для облегчения работы с данными о деятельности. В некоторых категориях источников (например, сжигание в сельском хозяйстве) могут возникнуть затруднения при отделении топлива, используемого в стационарном оборудовании, от топлива, используемого в мобильной технике. Учитывая различные коэффициенты выбросов для иных, чем CO₂ газов по этим двум источникам, эффективная практика заключается в получении доли энергии каждого из этих источников с использованием косвенных данных (например, число насосов, средний расход, потребности для перекачки воды и т.д.). Также может оказаться востребованной экспертная оценка.

Эффективная практика при работе с данными о производителях электричества для собственных нужд заключается в том, чтобы относить выбросы от сжигаемого топлива к категориям (подкатегориям) тех источников, к которым относится основная деятельность предприятий. Следует также определять их отдельно от выбросов, связанных с сжиганием топлив для других целей, например, для технологического обогрева. Оценить количество топлива, используемого для выработки электроэнергии можно, например, по данным о работе электростанций (электрогенераторов), состоящих на балансе организаций, не относящихся к добывающим, обрабатывающим производствам, производству и распределению электрической энергии (форма ПЭ).

Отдельное внимание следует обратить на использование кокса в черной металлургии. Для того, чтобы избежать двойного учета рекомендуется весь кокс, отнесенный в российской статистике к черной металлургии, рассматривать как нетопливное использование, сопутствующие выбросы относить к сектору "Промышленные процессы" и вычитать соответствующее количество кокса данных о сжигании топлива в категории 1A2a в секторе "Энергетика".

2.2.3.1 Методы Уровней 1 и 2

Данные о деятельности метода Уровня 1 для оценки выбросов от сжигания топлива в энергетическом секторе получают из энергетической статистики, составляемой территориальными и центральными органами службы государственной статистики. Информация о потреблении топливных ресурсов представляется в физических единицах (тыс. т, млн. м³ и др.) или в унифицированных энергетических единицах - тоннах условного топлива (т.у.т.). Для преобразования этих данных в энергетические единицы (ТДж) используются значения низшей теплотворной способности топлива, взятые с учетом свойств отечественных топливных ресурсов. Рекомендуемые значения коэффициентов преобразования данных о сжигании в стандартные энергетические единицы приводятся в разделе 1.4.1.2.

Сырье, используемое в производственных отраслях, может также включать ископаемые виды топлива и вторичных топливных ресурсов. Например, при производстве нефтехимических продуктов (метанол и т.п.), прочих химикатов (аммиак и т.п.) и первичного железа, в качестве исходного продукта требуется кокс. В некоторых случаях энергия, необходимая для производства продукции, может быть получена в результате химических реакций. Например, для поддержания процесса производства чугуна и стали используются газ и тепло, которые выделяются в результате химических реакций между коксом и железной рудой. Отчеты о выбросах, составленные на основании данных об обработанном сырье и участвующем в процессе топливе (например, при производстве аммиака), должны соответствовать положениям [раздела 1.2](#) и методическим руководствам [тома](#) "Промышленные процессы". Вообще, если выбросы происходят при производстве газа в категории источника сектора "промышленные процессы", они остаются в данной категории источника промышленных процессов. Если газы переносятся в другую категорию источника промышленного сектора или в сектор "Энергетика", все соответствующие летучие выбросы, выбросы от сжигания и прочие выбросы следует относить к тому сектору, в котором они происходят. Составителям кадастра следует помнить об особенности выбросов от процессов, использующих одно и то же ископаемое топливо, как для получения энергии, так и в качестве сырья (например, производство синтез-газа или сажи) и относить их к правильному сектору. В любом случае, любые отклонения от определений следует документировать.

2.2.3.2 Предотвращение двойного учета данных о деятельности для других секторов

Использование статистики по сжиганию топливно-энергетических ресурсов является более предпочтительным, чем использование статистики по поставкам топлива, так как позволяет избежать двойного учета при оценке выбросов. Однако данные о сжигании топлива очень редко бывают полными, так как измерять сжигание топлива или выбросы для каждого источника в жилом и коммерческом секторе нерентабельно. Поэтому, региональные кадастры чаще всего будут содержать комбинацию данных о сжигании для больших источников и данные о поставках топлива для прочих источников. Разработчик инвентаризации должен позаботиться о предотвращении двойного учета и пропусков при комбинировании данных из разных источников.

Если в данных о деятельности вместо количества сожженных топливных ресурсов содержатся данные о поставках топлива на предприятие, существует риск двойного учета выбросов в секторах "Энергетика", "Промышленные процессы" или "Отходы". Выявить двойной учет не всегда просто. Эффективная практика заключается в координировании оценок между секторами "Энергетика" и соответствующими категориями секторов "Промышленные процессы" и "Отходы" для предотвращения двойного учета или пропусков данных. Некоторые из категорий, использующих топливно-энергетические ресурсы, между которыми может произойти двойной учет углерода, приведены ниже:

1. Производственные процессы.

Использование топливно-энергетических ресурсов, таких как кокс, этан, дизельное топливо, сжиженный нефтяной газ, лигроина и природный газ, в качестве сырья или топлива для основного вида производственной деятельности, не связанного с энергетическим сжиганием.

Производство синтетического газа, а именно смеси угарного газа и водорода, при помощи парового реформинга или частичного окисления энергоносителя заслуживает особого внимания, так как эти процессы производят выбросы CO_2 . Синтетический газ является промежуточным звеном при производстве таких химикатов, как аммиак, формальдегид, метанол, чистые угарный газ и водород. Выбросы от этих процессов должны относиться к сектору "Производственные процессы". Синтетический газ также производится с помощью частичного окисления/газификации твердого и жидкого сырья в относительно новой технологии получения энергии - комбинированном цикле комплексной газификации. Если синтетический газ производится по данной технологии для производства энергии, соответствующие выбросы следует относить к категории 1А, сжигание топлива.

Высвобождаемый при производстве карбидов из богатого углеродом топлива, в особенности из нефтяного кокса, CO_2 используется как источник углерода. Выбросы от этих процессов должны относиться к сектору "Промышленные процессы".

Выбросы от использования кокса в черной металлургии учитываются в секторе 2.С.1 Промышленные процессы, Черная металлургия. В национальном кадастре, для того, чтобы избежать двойного учета весь кокс, отнесенный в национальной статистике к черной металлургии, в секторе 1.А.2.а рассматривается как накопленный углерод. Составители кадастра субъекта Российской Федерации могут принимать решение об отнесении выбросов от использования кокса в черной металлургии к сектору "Энергетика" или "Промышленные процессы" в зависимости от наличия исходных данных, руководствуясь принципом разделения данных, приведенным в [разделе 1.2.1](#) и избегая двойного учета.

Выбросы CO_2 , относящиеся к использованию доменного газа, учтены в секторе 2.С.1 - Промышленные процессы - Черная металлургия. Поэтому, для того, чтобы избежать двойного учета, рекомендуется исключить доменный газ из расчетов в секторе 1.А - Сжигание топлива в соответствии с рекомендациями Руководящих указаний по эффективной практике (Раздел 3.1.3.1 Черная металлургия, Методологические вопросы, стр. 3.25 (МГЭИК, 2000)). Однако, выбросы CH_4 и N_2O от сжигания доменного газа должны быть включены в секторе Энергетика.

Использование углерода в качестве регенератора при производстве металлов. Выбросы парниковых газов при использовании угля, кокса, природного газа, предварительно обожженных анодов и угольных электродов в качестве регенераторов при производстве металлов из руды следует относить к "Производственным процессам".

2. Отходы

Метан из отходов угольных шахт, газ из органических отходов и биологический газ. В этих случаях, важно удостовериться в том, что количество топлива для стационарного сжигания равно количеству, рассчитанному по категориям "Фугитивные выбросы при добыче и переработке угля", "Мусоросжигание" и "Очистка и сброс сточных вод" соответственно.

Мусоросжигание. Если энергия получается при сжигании отходов, соответствующие выбросы парникового газа относятся к сектору "Энергетика" в категории стационарного сжигания. Мусоросжигание без цели получения энергии относится к сектору "Отходы". Эффективная практика заключается в оценке содержимого отходов и разделения отходов, содержащих пластик

и прочие ископаемые углеродосодержащие материалы, и биогенных отходов и в отдельной оценке выбросов от них. Выбросы CO_2 из ископаемых углеродосодержащих частей отходов могут быть включены в категорию Другие виды топлива, а выбросы CO_2 от биомассы должны представляться справочно. Эффективная практика заключается во взаимодействии со специалистами, занимающимися восстановлением использованных масел, чтобы определить объемы сжигаемых масел, произвести оценку и зарегистрировать выбросы в секторе "Энергетика", если эти масла использовались как топливо.

3. Энергетика.

Разделение топлива, используемого для мобильного и стационарного сжигания на предприятиях, в организациях или населением. Необходимо избегать двойного учета выбросов от топлива сельскохозяйственных и внедорожных транспортных средств.

2.2.3.3 Использование биомассы

Биомасса - это особый случай. В отчетных таблицах выбросы от сжигания биотоплива представляются справочно и не включаются в суммарные региональные выбросы, чтобы избежать двойного учета. Иногда биотопливо сжигается вместе с ископаемым топливом. В таких случаях следует проводить различие между ископаемым и прочими видами топлива и применять к каждой из фракций соответствующие коэффициенты выбросов и порядок учета. В таблицах коэффициентов выбросов в данной главе, рекомендуемые коэффициенты выбросов CO_2 представлены для того, чтобы позволить оценить данные информационные единицы. В секторе "Энергетика" справочно представляется только та часть биомассы, которая сжигается в целях получения энергии. Но выбросы CH_4 и N_2O от сжигания биомассы оцениваются и включаются в суммарные выбросы по сектору "Энергетика" и в региональные суммарные выбросы.

2.2.4 Полнота

Полная оценка выбросов от сжигания топлива должна включать выбросы от всех видов топлива и от всех категорий источников. Полнота должна достигаться с помощью использования одинаковых данных о деятельности для оценки выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O для одинаковых категорий источников и учета всех поставок топлива производителями. Неверная классификация предприятий и использование оптовых торговцев для поставок топлива небольшим коммерческим потребителям и для бытового использования повышает вероятность возникновения систематических ошибок при распределении статистических данных о поставках топлива. В тех случаях, когда существуют количественные величины потребления топлива с детализацией по видам экономической деятельности, они могут быть сопоставлены с соответствующими данными о поставках топлива. Любые систематические расхождения необходимо выявлять, а затем, в случае необходимости, корректировать в соответствии с распределением данных о поставках топлива.

Могут наблюдаться систематические занижения отчетности по твердым и жидким видам топлива, если конечные потребители самостоятельно импортируют топливо. Прямой импорт вносится в таможенные данные и, соответственно, в статистические данные о поставках топлива, однако он не включается в статистические данные о поставках топлива, предоставляемые национальными поставщиками. Если прямой импорт потребителями является значительным, статистические расхождения между запасами и поставками укажут на соответствующую величину. Использование топлива из определенных месторождений для собственных нужд может происходить в таких отраслях как производство железа, стали и цемента и также является

потенциальным источником заниженной отчетности. И вновь, сопоставление с результатами обзора потребления позволит определить, какие основные категории источников связаны с прямым импортом топлива. Что касается биотоплива, то целесообразно консультироваться по поводу его использования, включая возможное использование некоммерческих видов биотоплива.

2.2.5 Формирование согласованного временного ряда

Использование единого метода оценки выбросов является основным механизмом соблюдения согласованности временного ряда. Но важно принимать во внимание изменчивость качества топлива в соответствии с его характеристиками в [таблицах 2.2 - 2.5](#). Это касается изменений содержания углерода, обычно выраженных в изменениях значений теплотворной способности, использованных для преобразования топлива из единиц массы или объема в энергетические единицы, используемые при оценке. Эффективная практика заключается в проверке, действительно ли изменения значений теплотворной способности в течение времени отражены в информации, используемой для создания энергетической статистики.

Другой возможной причиной нарушения согласованности временного ряда кадастра могут быть перемещения данных о деятельности и соответствующих выбросов между категориями и секторами из-за изменений в методике расчетов и других причин. В этом случае Эффективная практика заключается в проверке согласованности категорий источников и методики расчетов по секторам и выполнение пересчетов по всему временному ряду выбросов в случае обнаружения перемещений данных или изменений в методике расчета.

2.3 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

2.3.1 Неопределенности коэффициентов выбросов

При сжигании ископаемого топлива неопределенности коэффициентов выбросов CO_2 относительно невелики. Но вполне вероятно, что существуют внутренние расхождения в неопределенностях коэффициентов выбросов для нефтепродуктов, угля и природного газа. Нефтепродукты, как правило, соответствуют довольно жестким требованиям, ограничивающим возможный диапазон концентраций углерода и значений теплотворной способности, кроме того, они поставляются из относительно небольшого количества нефтеперерабатывающих предприятий и/или импортных терминалов. Уголь, напротив может быть получен из шахт и разрезов с очень широким диапазоном содержания углерода и значений теплотворной способности и, в основном, поставляется по контракту с потребителями, которые адаптируют свое оборудование к характеристикам конкретного вида угля. Таким образом, энергоноситель "черный уголь" может иметь диапазон коэффициентов выбросов CO_2 .

Коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O являются в значительной степени неопределенными. Высокую неопределенность коэффициентов выбросов можно объяснить отсутствием соответствующих измерений и последующего обобщения, неопределенностями в измерениях или недостаточным пониманием процесса выброса. Из-за стохастических изменений условий протекания процесса может иметь место высокая изменчивость коэффициентов выбросов для этих газов в реальном времени. Неопределенности коэффициентов выбросов редко можно вычислить или получить на основании эмпирических данных, и они получаются из косвенных источников или с помощью экспертных оценок. По мнению МГЭИК, общее значение неопределенности коэффициентов выбросов CO_2 в секторе энергетики равно 7%. Рекомендуемые значения неопределенности для коэффициентов выбросов CH_4 и N_2O приведены в [таблице 2.7](#) (Межправительственная, 2006).

Таблица 2.7

**РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ
CH₄ И N₂O ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА СТАЦИОНАРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ
(МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)**

Категория источников	Величина неопределенности коэффициента выбросов	
	CH ₄	N ₂ O
Производство энергии, комбинированное производство тепловой и электрической энергии и централизованное теплоснабжение	50 - 150%	Порядок величины <*>
Сжигание топлива в коммерческом, институциональном и жилищно-коммунальном секторах	50 - 150%	Порядок величины
Сжигание в промышленном секторе	50 - 150%	Порядок величины

<*> Неопределенность изменяется от одной десятой среднего значения до десятикратного значения средней величины.

Неопределенности могут быть ниже, чем значения в [таблице 2.7](#), если используются конкретные для страны коэффициенты выбросов. Эффективная практика заключается в получении оценок этих неопределенностей, выполненных национальными экспертами, с учетом руководящих указаний по экспертным оценкам, изложенных в общем разделе Методических рекомендаций. Другие значения неопределенности для различных категорий источников, полученные в разных странах, приведены в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

2.3.2 Неопределенности данных о деятельности

Статистические данные о сожженном топливе в крупных источниках, полученные благодаря прямым измерениям или обязательной отчетности, по всей вероятности, будут находиться в пределах 3% от центрального оценочного значения. Для энергоемких отраслей промышленности данные о сжигании топлива будут более точными. В дополнение к систематическим отклонениям данных о деятельности из-за неполного охвата потребления топлива, могут быть также случайные ошибки в ходе сбора данных, которые варьируют от одного года к другому. В странах и регионах с хорошими системами сбора данных, включающими контроль их качества, случайная ошибка величин использования энергии будет составлять примерно 2 - 3% годовых значений. Этот диапазон отражает границы доверительного интервала общего спроса на энергию, представленные в моделях с использованием исторических данных об энергетике и связывающих спрос на энергию с экономическими факторами. Выраженные в процентах ошибки для отдельных видов деятельности, связанной с потреблением энергии, могут быть значительно больше.

Общая неопределенность в данных о деятельности - совокупность систематических и случайных ошибок. В развитых странах разрабатываются балансы запасов и поставок топлива, которые проверяются на систематические ошибки. По мнению экспертов МГЭИК, неопределенность, возникающая в результате двух видов ошибок, находится в диапазоне +/- 5%. В странах с менее развитыми системами сбора и обобщения энергетических данных неопределенность может быть значительно больше, в диапазоне +/- 10%. Наличие неофициальных видов деятельности может увеличить неопределенность в некоторых секторах в некоторых странах даже до величины 50%.

Диапазоны неопределенности данных о деятельности, связанной со стационарным сжиганием топлива, показаны в таблице 2.8. Данная информация может быть использована при составлении отчетов по неопределенностям. Эффективная практика для составителей кадастра заключается в определении, по возможности, конкретных для страны неопределенностей с помощью заключений экспертов и (или) статистического анализа.

Таблица 2.8

**УРОВЕНЬ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СВЯЗАННЫХ
СО СЖИГАНИЕМ ТОПЛИВА СТАЦИОНАРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ
(МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)**

Сектор	Хорошо развитые статистические системы		Менее развитые статистические системы	
	Исследования Экстраполяции		Исследования Экстраполяции	
Производство электроэнергии и тепла как основная деятельность	Менее 1%	3 - 5%	1 - 2%	5 - 10%
Сжигание топлива в коммерческом, государственном и жилищно-коммунальном секторах	3 - 5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 25%
Сжигание в промышленном секторе (Энергоемкие отрасли)	2 - 3%	3 - 5%	2 - 3%	5 - 10%
Сжигание в промышленном секторе (прочее)	3 - 5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20%
Биомасса в небольших источниках	10 - 30%	20 - 40%	30 - 60%	60 - 100%

2.4 ОБЕСПЕЧЕНИЕ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КАДАСТРА

Процедуры обеспечения и контроля качества оценок выбросов в результате сжигания топлива стационарными источниками приводятся в таблице 2.9. Эффективная практика заключается в документировании и архивировании всей информации, требуемой для выполнения оценок в рамках кадастра выбросов. В кадастр должны быть включены краткие описания использованных методов и ссылки на источник данных, с тем, чтобы сообщаемые в отчете оценки выбросов были прозрачными, и можно было бы проследить за всеми этапами их расчетов. В тех

условиях, когда возможно возникновение двойного учета, эффективная практика заключается в четком указании на то, в какой сектор были внесены оценки выбросов, с тем чтобы устранить возможность их двойного учета.

Таблица 2.9

**ПРОЦЕДУРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

Деятельность	Расчет выбросов CO ₂ от стационарного сжигания	Расчет выбросов других парниковых газов кроме CO ₂ при стационарном сжигании
Сравнение оценок выбросов с помощью разных подходов	<p>- Сравнить оценки выбросов CO₂ от сжигания топливно-энергетических ресурсов с использованием секторного подхода с оценками, полученными с помощью базового подхода, и учесть любую разницу, превышающую или равную 5%. В сравнительном анализе, выбросы от топливных ресурсов в результате иного чем сжигание применения, учитываемые в других разделах кадастра, следует вычесть из оценок, полученных с помощью базового подхода.</p> <p>- По возможности, сравнить согласованность расчетов с максимальным содержанием углерода в топливных ресурсах, сжигаемых в стационарных источниках. Предполагаемые балансы углерода должны сохраняться по всей цепочке секторов, учитывающих сжигание.</p>	<p>- Если использован подход Уровня 2 с коэффициентами для конкретного региона, сравнить результаты оценки, полученные с помощью подхода Уровня 1, с коэффициентами МГЭИК. Это сравнение может потребовать обобщения оценок выбросов по Уровню 2 с некоторыми разделами и группами видов топлива, по аналогии с подходами Уровня 1. Полученные расхождения должны быть исследованы и объяснены.</p>
Проверка данных о деятельности	<p>- Составителю кадастра следует составлять, если позволяют ресурсы, региональные энергетические балансы, выраженные в единицах массы, и энергетические балансы преобразующих топливо предприятий. Временные ряды статистических расхождений следует проверять на наличие систематических влияний (на которые указывают расхождения, постоянно имеющие один и тот же знак), а затем, по мере возможности, устранять эти влияния.</p> <p>- Составлять, если позволяют ресурсы, региональные балансы в единицах энергии и энергетические балансы преобразующих топливо предприятий. Следует проверять временные ряды статистических расхождений, а значения теплотворной способности подвергать перекрестной проверке с рекомендуемыми значениями. Статистические расхождения, которые отличаются в значительной степени по величине или знаку от соответствующих значений массы, являются свидетельством неверных значений теплотворной</p>	

	<p>способности.</p> <p>- На крупных предприятиях, связанных со сжиганием топлива, в целях соблюдения законодательства о загрязнении, может осуществляться регулярный сбор статистических данных о выбросах и сжигании. Для обеспечения репрезентативности разработчик инвентаризации может по мере возможности использовать эти собранные на уровне предприятий данные для перекрестной проверки региональных статистических данных об энергетике.</p> <p>- В случае использования вторичных данных из региональных или национальных организаций необходимо удостовериться, чтобы организации пользовались надлежащими программами обеспечения и контроля качества.</p>	
<p>Проверка и пересмотр коэффициентов в выбросах</p>	<p>- Составлять региональные энергетические балансы, выраженные в единицах углерода, и углеродные балансы преобразующих топливо предприятий. Временные ряды статистических расхождений следует проверять. Статистические расхождения, которые отличаются в значительной степени по величине или знаку от соответствующих значений массы, являются свидетельством неверных значений содержания углерода.</p> <p>- Системы мониторинга на крупных установках по сжиганию топлива могут быть использованы для проверки коэффициентов выбросов и окисления, которые используются на конкретном предприятии.</p> <p>- В случае если выбросы оцениваются на основании данных о потреблении топлива и о содержании углерода в топливе, содержание углерода в топливе следует регулярно проверять.</p>	<p>- В случае использования региональных коэффициентов выбросов сравнить их с рекомендуемыми значениями, объяснить и задокументировать существующие расхождения.</p> <p>- Сравнить используемые коэффициенты выбросов с коэффициентами на местном уровне или на уровне предприятий, в случае их наличия. Такой вид сравнения позволит определить, насколько обоснован и представлен соответствующий региональный коэффициент.</p>
<p>Оценка прямых измерений</p>	<p>- Оценить контроль качества, связанный с измерениями потребления топлива на уровне конкретной установки, который используется для расчета конкретных для данного места коэффициентов выбросов и окисления. В случае если будет установлено, что контроль качества данных измерений и анализа, используемых для расчета соответствующего коэффициента, является недостаточным,</p>	<p>- В случае использования данных прямых измерений, следует установить, проводились ли измерения на местах в соответствии с признанными стандартными методами, включая процедуры обеспечения и контроля качества. Прямые измерения следует сравнивать с результатами, полученными при использовании</p>

	продолжение использования данного коэффициента может быть под вопросом.	рекомендуемых коэффициентов.
Независимая проверка внешними экспертами	- Разработчик инвентаризации должен провести проверку с привлечением региональных и национальных экспертов и других участников из различных областей, имеющих отношение к выбросам из стационарных источников, для работы с такими элементами как: статистика энергетики, эффективность сжигания топлива в различных секторах и на различных видах оборудования, использование топлива и систем контроля выбросов.	

ГЛАВА 3. ВЫБРОСЫ ОТ ТРАНСПОРТА (СЖИГАНИЕ ТОПЛИВА МОБИЛЬНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ)

3.1 ОБЩИЙ ОБЗОР

При сжигании разных видов моторного топлива транспортными средствами происходят прямые выбросы парниковых газов диоксида углерода (CO₂), метана (CH₄) и оксида диазота (N₂O). Выбросы других газов, образующихся при сжигании топлива в мобильных источниках, в региональном кадастре не учитываются. Структура источников, учитываемых в категории "Транспорт" сектора "Энергетика", приводится в таблице 3.1 и отражает разнообразие мобильных источников и ряд характеристик, влияющих на коэффициенты выбросов.

Таблица 3.1

КАТЕГОРИИ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ СЕКТОРА "ТРАНСПОРТ"

Код категории по Руководящим принципам МГЭИК (Межправительственная, 2006) и ее название		Содержание
1.А.3	Транспорт	Выбросы от сжигания и испарения топлива на всех видах транспорта. Выбросы от использования топлива, проданного для авиационного и водного транспорта, участвующего в международных перевозках (1.А.3.а.і и 1.А.3.д.і), должны исключаться из общих региональных выбросов. Эти выбросы должны быть включены в кадастр в виде справочной информации.
1.А.3	а Гражданская авиация	Выбросы от международной и внутренней гражданской авиации, включая взлеты и посадки. Представление данных об эмиссии парниковых газов от всех используемых гражданских воздушных судов (при международных и

				внутренних полетах), участвующих в регулярном и чартерном коммерческом воздушном сообщении и осуществляющих перевозку пассажиров, и грузов. Выбросы парниковых газов от внутренних и международных авиаперевозок должны рассчитываться отдельно. Разделение на международные и внутренние полеты необходимо производить на основе мест взлета и посадки для каждого этапа полета, а не по национальной принадлежности авиакомпании. Исключается использование топлива для наземного транспорта, которое относится к категории 1.А.3.е "Прочие перевозки". Также исключается топливо для стационарного сжигания в аэропортах, эти данные следует отнести к соответствующей категории стационарного сжигания.
1.А.3	a	i	Международная авиация	Выбросы от международной авиации охватывают все полеты, выполняемые с территории Российской Федерации за рубеж, независимо от национальной принадлежности перевозчика.
1.А.3	a	ii	Внутренняя авиация	Выбросы в результате деятельности внутренней авиации охватывают все полеты между аэропортами в пределах территории Российской Федерации, независимо от национальной принадлежности перевозчика.
1.А.3	b		Дорожный транспорт	Все выбросы при сжигании и испарении, происходящие при использовании топлива в наземных автотранспортных средствах, включая использование сельскохозяйственных транспортных средств на дорогах общего пользования.
1.А.3	b	i	Легковые автотранспортные средства	Выбросы от автомобилей, зарегистрированных в регионе как легковые транспортные средства, предназначенные, в первую очередь, для перевозки людей вместимостью до 12 человек.
1.А.3	b	i	1 с окислительно-восстановительным нейтрализатором	Выбросы от легковых автомобилей с окислительно-восстановительным нейтрализатором.
1.А.3	b	i	2 без окислительно-восстановительного нейтрализатора	Выбросы от легковых автомобилей без окислительно-восстановительного нейтрализатора.

1.A.3	b	ii	Грузовые автотранспортные средства малой грузоподъемности	Выбросы от автомобилей, зарегистрированных в регионе как предназначенные, в первую очередь, для перевозки легких грузов. Максимальной массой до 3500 кг.
1.A.3	b	ii	1 с окислительно-восстановительным нейтрализатором	Выбросы от грузовых автомобилей с окислительно-восстановительным нейтрализатором.
1.A.3	b	ii	2 без окислительно-восстановительного нейтрализатора	Выбросы от грузовых автомобилей без окислительно-восстановительного нейтрализатора.
1.A.3	b	iii	Грузовые автотранспортные средства большой грузоподъемности и автобусы	Выбросы от любых транспортных средств, зарегистрированных в регионе, как грузовые АТС с максимальной массой от 3500 кг; автомобили вместимостью более 12 человек и автобусы.
1.A.3	b	iv	Мотоциклы	Выбросы от любых средств передвижения с мотором, перемещающихся не более чем на 3 касающихся поверхности колеса и весом до 680 кг.
1.A.3	b	v	Утечки и испарения от автомобилей	Сюда включаются утечки и испарения автомобильного топлива. Выбросы, происходящие при заправке автомобилей топливом, исключаются.
1.A.3	b	vi	Катализаторы на основе мочевины	Выбросы CO ₂ при использовании присадок на основе мочевины в каталитических конвертерах (выбросы не от сжигания).
1.A.3	c		Железнодорожный транспорт	Выбросы от железнодорожного транспорта, как от пассажирских, так и от грузовых перевозок.
1.A.3	d		Водный транспорт	Выбросы при использовании топлива для водного транспорта. Выбросы парниковых газов от внутренних и международных перевозок необходимо рассчитывать отдельно, на основании порта отбытия и порта прибытия, а не по национальной принадлежности и флагу судна.
1.A.3	d	i	Международный водный транспорт (Международное бункерное топливо)	Выбросы от водного транспорта, осуществляющего грузопассажирские перевозки с территории Российской Федерации за рубеж, независимо от национальной юрисдикции судна.
1.A.3	d	ii	Внутренний водный транспорт	Выбросы от водного транспорта, осуществляющего грузопассажирские перевозки

				в пределах территории РФ, независимо от национальной юрисдикции судна.
1.А.3	e		Прочие перевозки	Выбросы от сжигания топлива при любом из оставшихся видов транспортной деятельности, включая транспортировку по трубопроводу, наземное передвижение в аэропортах и гаванях, внедорожное передвижение, не относящееся к категории 1.А.4.с Сельское хозяйство или 1.А.2 Производственные отрасли и Строительство.
1.А.3	e	i	Трубопроводный транспорт	Связанные со сжиганием выбросы при работе насосных станций и техническом обслуживании трубопроводов. Распределение природного или заводского газа, воды или пара от дистрибьютора к потребителям исключается и относится к категориям 1.А.1.с.ii или 1.А.4.а.
1.А.3	e	ii	Внедорожный транспорт	Выбросы от других видов транспорта, кроме трубопроводного.
Категории выбросов, расчет по которым проводится по методике, изложенной в главе 3 , а отчет - в соответствующих категориях стационарного сжигания				
1.А.4	c	iii	Рыболовство (мобильное сжигание)	Выбросы от сжигания топлива при каботажном плавании, береговыми и глубоководными рыболовными судами. Данная категория включает выбросы от всех рыболовных судов, занимающихся рыболовством во внутренних территориальных водах, вне зависимости от того, под каким флагом они ходят.

3.2 ДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

Категория "Дорожный транспорт" включает все типы автотранспортных средств, такие как легковые автомобили, грузовые автомобили малой грузоподъемности и большой грузоподъемности, автобусы, а также мотоциклы (включая мопеды, скутеры и мотоциклы с коляской). Данные транспортные средства работают на разных видах жидкого и газообразного топлива.

3.2.1 Методологические вопросы

Оценки выбросов от дорожного транспорта могут основываться на двух независимых наборах исходных данных: данных о потреблении топлива или данных о расстоянии, пройденном транспортным средством. В целом, первый подход (по потреблению топлива - всеми автотранспортными средствами (АТС) или с разделением по их классам) подходит для оценки выбросов CO₂, а второй (по пройденному расстоянию) подходит для оценки выбросов CH₄ и N₂O. Если доступны оба набора данных, важно проверять их сопоставимость, иначе оценки различных газов могут быть противоречивыми. Проверку баланса топлива необходимо проводить и в случае, если все расчеты выбросов от автотранспорта проводятся по данным о километраже.

3.2.1.1 Выбор метода

ВЫБРОСЫ CO₂

Выбросы CO₂ лучше всего вычислять на основе количества и вида сожженного топлива и содержания в нем углерода. При оценке выбросов CO₂ от сжигания топлива дорожным транспортом, по аналогии со стационарным сжиганием, можно выделить 2 уровня расчетов. Метод Уровня 1 основан на количестве и типе сожженного топлива и рекомендуемых средних коэффициентах выбросов CO₂:

Формула 3.1 - Выбросы CO₂ от дорожного транспорта

$$E_{CO_2} = \sum_a [AD_a \cdot EF_a],$$

где:

E_{CO_2} - выбросы CO₂ (кг);

AD_a - данные о потреблении топлива типа а (ТДж);

EF_a - коэффициент выбросов для топлива типа а (кг/ТДж).

Коэффициент выбросов CO₂ рассчитывается по содержанию в топливе углерода, умноженному на 44/12;

а - тип топлива (например, бензин, дизтопливо, природный газ, сжиженный нефтяной газ и т.д.).

Рекомендуемый коэффициент выброса CO₂ рассчитывается с учетом содержания всего углерода в топливе, включая выбросы в виде CO₂, CH₄, CO, ЛНОС и твердых частиц.

Метод Уровня 2 аналогичен методу Уровня 1 и рассчитывается с использованием [формулы 3.1](#), но только для расчета применяются региональные значения коэффициентов выбросов, базирующиеся на реальном содержании углерода в топливе, потребляемом в регионе в течение года. Метод Уровня 3 не используется из-за невозможности обеспечить лучшие результаты для CO₂, чем при использовании Уровня 2.

Для того, чтобы снизить неопределенности, следует сосредоточить усилия на оценке содержания углерода в моторном топливе и улучшении данных о количестве потребляемого автотранспортными средствами топлива. Еще одним важным компонентом неопределенности является использование моторного топлива для иных, чем дорожное движение, целей.

По методологии МГЭИК дополнительно проводится оценка выбросов от использования основанных на мочеvine присадок в каталитических конвертерах (выбросы, иные, чем от сжигания). Расчет выбросов в этой подкатегории основывается на информации о количестве основанных на мочеvine присадок, использованных в каталитических конвертерах и весовой доле мочевины в присадках. Однако, с учетом того, что данная технология нейтрализаторов в России в настоящее время не имеет широкого распространения, выбросы от этой подкатегории не рассчитываются. При необходимости, рекомендуется использовать методологию расчетов,

представленную в разделе 3.2.1.1 Руководящих принципов МГЭИК (Межправительственная, 2006).

ВЫБРОСЫ CH₄ и N₂O

Выбросы CH₄ и N₂O гораздо сложнее оценить, чем выбросы CO₂, потому что коэффициенты выбросов зависят от технологии, используемой транспортным средством, вида топлива и эксплуатационных характеристик автотранспортного средства. Однако данные о деятельности на основе километража и детализированные данные о потреблении топлива разными категориями транспортных средств могут быть значительно менее точными, чем общее количество потребленного топлива. Три альтернативных подхода могут использоваться для оценки выбросов CH₄ и N₂O от дорожных транспортных средств:

1. Уровень 1 - расчет по количеству сожженного топлива без разделения на классы автомобилей - использует данные о потребленном топливе и коэффициенты выбросов по типам моторного топлива и может быть использован, если невозможно оценить потребление топлива по категориям транспортных средств;

2. Уровень 2 - расчет по количеству сожженного топлива с разбиением по классам автомобилей - использует нормированные на единицу сожженного топлива коэффициенты выбросов, специфичные для каждой категории АТС;

3. Уровень 3 - расчет по пройденному расстоянию с разбиением на классы автомобилей - требует детальных данных для получения основанных на деятельности АТС коэффициентов выбросов для подкатегорий транспортных средств и может использовать модельные расчеты. Подкатегории транспортных средств основываются на видах транспортных средств, их возрасте и технологии контроля выбросов.

Выбор метода оценки выбросов CH₄ и N₂O должен быть основан на следующих факторах:

- являются ли выбросы CH₄ и N₂O от дорожного транспорта ключевой категорией. Если нет, то можно проводить расчет выбросов CH₄ и N₂O на основе данных о потребленном (проданном) топливе без разделения по классам АТС с использованием рекомендуемых коэффициентов выбросов по видам топлива (Уровень 1). Если это ключевая категория выбросов, следует использовать расчет по методу Уровня 2 или 3.

- если имеются доступные данные о разделении парка автотранспортных средств по видам, технологии контроля выбросов и используемому топливу, то они должны быть использованы для расчета выбросов по категориям АТС, на основе данных о деятельности (пройденного расстояния) с применением рекомендуемых коэффициентов выбросов или коэффициентов, специфичных для условий страны и региона, нормированных на пройденное расстояние для каждой категории АТС (Уровень 3).

При отсутствии таких данных, следует оценить:

- можно ли разделить данные о потреблении моторного топлива по использованию АТС различных категорий. Если да, то расчет выбросов проводится с использованием рекомендуемых коэффициентов выбросов или коэффициентов, специфичных для условий страны и региона, нормированных на расход топлива для каждой из используемых технологий контроля выбросов (Уровень 2).

Провести оценку по количеству потребляемого топлива, рассчитываемого исходя из

удельных показателей потребления топлива на единицу пробега для различных категорий транспортных средств без наличия достаточных данных о структуре парка по категориям АТС, значительно труднее, чем оценить средний годовой пробег. Поэтому, если выбросы CH₄ и N₂O являются ключевой категорией источников региона, наиболее обоснованным представляется использование для проведения региональной инвентаризации выбросов от дорожного транспорта методом Уровня 3 и коэффициентов выбросов, соответственно приведенных к пробегу (кг/км).

Формула метода Уровня 1 для оценки выбросов CH₄ и N₂O от дорожных транспортных средств аналогично методу, используемому для оценки выбросов CO₂ и базируется на [формуле 3.1](#), только коэффициент выбросов (EF_a) коэффициент выбросов CH₄ или N₂O (кг/ТДж). Для расчета по Уровню 2 для оценки выбросов CH₄ и N₂O от дорожных транспортных средств используется формула 3.2.

Формула 3.2 - Расчет выбросов CH₄ и N₂O по методу Уровня 2

$$E = \sum_{a, b, c} (AD_{a, b, c} \cdot EF_{a, b, c}),$$

где:

E - выбросы CH₄ или N₂O (кг);

EF - коэффициент выбросов CH₄ или N₂O (кг/ТДж);

AD - потребленное топливо (ТДж);

a - вид топлива (например, дизтопливо, бензин, природный газ или сжиженный нефтяной газ);

b - вид транспортного средства;

c - технология контроля выбросов (неконтролируемые, нейтрализатор и др.).

Вид транспортного средства должен соответствовать одной из указанных в таблице 3.1 категорий автодорожного транспорта, желательно также дальнейшее разбиение каждой из категорий по возрасту, технологии борьбы с выбросами, а топлива - по содержанию серы. Разбивка автопарка по возрасту позволяет определить экологические классы АТС в зависимости от года выпуска и страны - производителя АТС (для Уровней 2 и 3).

Принципиальное отличие метода Уровня 3 заключается в том, что расчет проводится по нормированию выбросов на пройденное расстояние с учетом выбросов при прогреве двигателя, условий эксплуатации (дороги, климат и т.д.). Формулу оценки выбросов CH₄ и N₂O по методу Уровня 3 от дорожных транспортных средств можно выразить следующим образом:

Формула 3.3 - Выбросы CH₄ и N₂O по Уровню 3

$$E = \sum_{a, b, c, d} (AD_{a, b, c, d} \cdot EF_{a, b, c, d}) + \sum_{a, b, c, d} C_{a, b, c, d},$$

где:

E - выбросы CH₄ или N₂O (кг);

EF_{a,b,c,d} - коэффициент выбросов CH₄ или N₂O (кг/км);

AD_{a,b,c,d} - пройденное расстояние (км);

C_{a,b,c,d} - выбросы при запуске и прогреве двигателя (холодный пуск) (кг);

a - вид топлива (дизтопливо, бензин, природный газ, сжиженный нефтяной газ);

b - тип транспортного средства;

c - технология контроля выбросов (например, неконтролируемая, с нейтрализатором и т.д.);

d - условия эксплуатации (например, городские или сельские дороги, климат и прочие характеристики окружающей среды).

Выбросы при запуске и прогреве двигателя могут внести значительный вклад в общие выбросы от дорожных транспортных средств. Их следует включать в модели Уровня 3. Выбросы от холодного пуска могут быть подсчитаны разными способами.

При отсутствии данных необходимой детализации для расчета по Уровням 2 и 3, Руководящие принципы МГЭИК допускают использование моделей выбросов или транспортных моделей, позволяющих рассчитать диапазон транспортных средств и технологий борьбы с выбросами, а также моделей оценки расстояния, пройденного каждым видом транспортных средств. Более детальное моделирование для оценки выбросов от дорожных АТС при использовании методологии Уровня 3 доступно при применении модели COPERT (<http://www.emisia.com/copert>) и методологии Руководств ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации - выбросов (<http://www.eea.europa.eu/ru/publications/emep-eea>). При проведении модельных расчетов необходимо четко документировать используемые расчеты и предположения. Пример использования подходов Уровня 2 и 3 для расчета выбросов от автотранспортных средств в России приведен в Приложении 3 Национального кадастра парниковых газов за 2009 год (Российская, 2009).

3.2.1.2 Выбор коэффициентов выбросов

Разработчик инвентаризации должен выбрать рекомендуемые коэффициенты выбросов по типам используемого топлива (Уровень 1) или коэффициенты по категориям автотранспортных средств с учетом специфики условий субъекта Российской Федерации или России в целом (Уровни 2 и 3). Выбор коэффициентов зависит от используемого уровня проведения расчетов и наличия необходимых исходных данных.

Выбросы CO₂

Коэффициенты выбросов CO₂ основываются на содержании углерода в топливе. Эффективная практика заключается в применении этого подхода с использованием конкретных для России или субъекта Российской Федерации значений низшей теплотворной способности топлива и коэффициентов выбросов CO₂. Рекомендуемые коэффициенты выбросов CO₂ приведены в таблице 3.2. Они могут быть использованы в том случае, если отсутствуют другие данные.

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ УРОВНЯ 1,
И УРОВЕНЬ ИХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

Вид топлива	Рекомендуемый коэффициент выброса (кг/ТДж)	Нижний предел величины	Верхний предел величины
Автомобильный бензин	69300	67500	73000
Дизтопливо	74100	72600	74800
Сжиженный нефтяной газ	63100	61600	65600
Другие моторные топлива	71900	70800	73700
Смазочные материалы	73300	71900	75200
Сжатый природный газ <1>	54400	54300	58300
Сжиженный природный газ <1>	54400	54300	58300

<1> Коэффициент выбросов для сжатого природного газа и сжиженного природного газа равен национальному коэффициенту выбросов от природного газа, разработанному для Национального кадастра выбросов парниковых газов (Российская, 2014).

Для Уровня 1, коэффициенты выбросов CO₂ предполагают 100-процентное окисление углерода, содержащегося в топливе, в процессе сжигания или непосредственно после него (для всех видов топлива и транспортных средств) независимо от того, выбрасывается ли CO₂ в виде собственно углекислого газа или в виде CH₄, CO, ЛНОС или в виде твердых частиц. При разработке коэффициентов выбросов CO₂ для Уровней 2 и 3 следует сохранять данный подход, т.к. выбросы CO и ЛНОС не учитываются в региональном кадастре парниковых газов.

Выбросы CH₄ и N₂O

Выбросы CH₄ и N₂O значительно зависят от технологии сжигания и борьбы с выбросами, используемой в транспортном средстве и, следовательно, рекомендуемые МГЭИК коэффициенты выбросов по видам топлива, представленные в [таблице 3.3](#), имеют высокую неопределенность. Поэтому их использование возможно при расчете по Уровню 1 в случае, если выбросы CH₄ и N₂O от мобильных источников не являются ключевой категорией.

Если в регионе в качестве моторного топлива используется биотопливо, то для расчетов должны использоваться коэффициенты выбросов для конкретного биотоплива, а соответствующие выбросы CH₄ и N₂O должны включаться в суммарные выбросы парниковых газов в регионе.

Методика оценки выбросов от сжигания биотоплива приведена в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Если выбросы CH_4 и N_2O от мобильных источников являются ключевыми категориями, следует использовать коэффициенты выбросов, детализированные по классам АТС и применяемой технологии контроля выбросов. Коэффициенты выбросов для альтернативных видов топлива приведены в Таблице 3.4. Коэффициенты выбросов в таблицах 3.2 - 3.4 можно использовать в качестве начальных значений. В Таблице 3.5 приведены коэффициенты выбросов, нормированные на пройденное расстояние, с детализацией по классам АТС (Уровень 3), используемые в европейской модели расчета выбросов от дорожного транспорта (COPERT 4). Составителю кадастра рекомендуется свериться с другими источниками данных о коэффициентах выбросов, характерных для автотранспортных средств, используемых в России <2>.

<2> Расчетные инструкции (методики) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами и дорожно-строительными машинами в атмосферный воздух доступны в Интернете по следующим ссылкам: <http://www.niiat.ru/publications/sborniki/> или http://www.niiat.ru/files/raschetnaya_instrukciya.pdf.

Таблица 3.3

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ N_2O И CH_4 , РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МГЭИК
ДЛЯ УРОВНЯ 1, И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Вид топлива/Категория транспортных средств	CH_4 (кг/ТДж)			N_2O (кг/ТДж)		
	Значение	Нижний предел изменения величины	Верхний предел изменения величины	Значение	Нижний предел изменения величины	Верхний предел изменения величины
Бензин - Неконтролируемые выбросы	33	9,6	110	3,2	0,96	11
Бензин - Окислительный каталитический нейтрализатор	25	7,5	86	8,0	2,6	24
Бензин - Грузовые АТС малой грузоподъемности	3,8	1,1	13	5,7	1,9	17
Дизельное топливо	3,9	1,6	9,5	3,9	1,3	12
Природный газ	92	50	1540	3	1	77
Сжиженный нефтяной газ	62	Нет данных	Нет данных	0,2	Нет данных	Нет данных

Эффективная практика заключается в выборе или расчете коэффициентов выбросов на основе следующих критериев:

1. Вид топлива (бензин, дизтопливо, природный газ) с учетом, если это возможно, содержания серы.
2. Вид транспортного средства (например, легковые АТС, грузовые АТС малой грузоподъемности, грузовые АТС большой грузоподъемности и автобусы, мотоциклы).
3. Технология борьбы с выбросами, учитывая возраст АТС и страну производства.
4. Влияние условий эксплуатации (например, типа дорог - городские или сельские).

Таблица 3.4

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА,
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МГЭИК (МГ/КМ)

Вид транспортного средства и используемое топливо	Коэффициент выбросов N ₂ O	Коэффициент выбросов CH ₄
Легковые АТС		
Метанол	39	9
Сжатый природный газ	27 - 70	215 - 725
Сжиженный нефтяной газ	5	24
Этанол	12 - 47	27 - 45
Тяжелый дизельный транспорт		
Метанол	135	401
Сжатый природный газ	185	5983
Сжиженный природный газ	274	4261
Сжиженный нефтяной газ	93	67
Этанол	191	1227
Автобусы		
Метанол	135	401
Сжатый природный газ	101	7715
Этанол	226	1292

Таблица 3.5

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ДЛЯ ЕВРОПЕЙСКОГО БЕНЗИНОВОГО
И ДИЗЕЛЬНОГО ТРАНСПОРТА (МГ/КМ) МОДЕЛЬ СОПЕРТ IV
(МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Тип АТС	Топливо	Класс Евро	Коэффициент выброса N ₂ O (мг/км)				Коэффициент выброса CH ₄ (мг/км)			
			Городские дороги		Загородные дороги	Скоростные дороги	Городские дороги		Загородные дороги	Скоростные дороги
			Запуск	Ход			Запуск	Ход		
Легковые АТС	Бензин	Евро 0	10	10	6,5	6,5	201	131	86	41
		Евро 1	38	22	17	8,0	45	26	16	14
		Евро 2	24	11	4,5	2,5	94	17	13	11
		Евро 3	12	3	2	1,5	83	3	2	4
		Евро 4	6	2	0,8	0,7	57	2	2	4
	Дизельное топливо	Евро 0	0	0	0	0	22	28	12	8
		Евро 1	0	2	4	4	18	11	9	3
		Евро 2	3	4	6	6	6	7	3	2
		Евро 3	15	9	4	4	7	3	0	0
		Евро 4	15	9	4	4	0	0	0	0
	Сжиженный нефтяной газ	Евро 0	0	0	0	0	80	35	25	
		Евро 1	38	21	13	8				
		Евро 2	23	13	3	2				
		Евро 3 и выше	9	5	2	1				
Грузовые АТС	Бензин	Евро 0	10	10	6,5	6,5	201	131	86	41
		Евро 1	122	52	52	52	45	26	16	14

малой грузоподъемности		Евро 2	62	22	22	22	94	17	13	11	
		Евро 3	36	5	5	5	83	3	2	4	
		Евро 4	16	2	2	2	57	2	2	0	
	Дизельное топливо	Евро 0	0	0	0	0	22	28	12	8	
		Евро 1	0	2	4	4	18	11	9	3	
		Евро 2	3	4	6	6	6	7	3	2	
		Евро 3	15	9	4	4	7	3	0	0	
		Евро 4	15	9	4	4	0	0	0	0	
	Грузовые АТС большой грузоподъемности и автобусы	Бензин	Все технологии	6		6	6	140		110	70
Дизельное топливо		Грузоподъемность < 16 т	30		30	30	85		23	20	
		Грузоподъемность > 16 т	30		30	30	175		80	70	
		Автобусы	30		30	30	175		80	70	
Компримированный природный газ		Менее Евро 4	-					5400			
		Евро 4 и выше						900			
2-колесный транспорт	Бензин	< 50 см ³	1	1	1	1	219	219	219	219	
		> 50 см ³ 2-тактный	2	2	2	2	150	150	150	150	
		> 50 см ³ 4-тактный	2	2	2	2	200	200	200	200	

3.2.1.3 Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности могут быть представлены либо в виде данных о сжигании топлива, либо в виде пройденного километража.

Суммарное потребление топлива (Уровень 1)

Выбросы от дорожного транспорта следует учитывать там, где было продано топливо. Данные должны отражать то топливо, которое продано на территории региона. В России большая часть исходных данных, необходимых для расчета выбросов парниковых газов, поступает из Федеральной службы государственной статистики (Росстат), которая осуществляет сбор первичных данных, синтез и проверку точности данных, поступающих от субъектов хозяйственной деятельности. Например, информация о продаже бензина и дизельного топлива входит в отчетность по форме "1-автобензин (торг)" - Сведения о продаже и запасах автомобильного бензина. Данные о производстве и поставках на рынок автомобильного бензина и дизельного могут быть получены в Министерстве энергетики РФ, а о продажах моторного топлива - в Министерстве промышленности и торговли РФ. Для оценки топлива, потребляемого дорожными транспортными средствами, могут так же быть использованы другие данные регулярной статистической отчетности, представляемые в территориальные и федеральные органы Росстата.

В российской национальной статистике к моторным топливам относятся только три вида топлив: бензин, дизельное топливо и другие виды моторных топлив. Для расчета эмиссии парниковых газов некоторые другие топлива так же должны быть отнесены к моторным: в категориях водного и железнодорожного транспорта - это мазут, а в категории дорожного транспорта - сжиженный газ.

В национальном кадастре выбросов парниковых газов все моторное топливо, используемое в промышленности, коммерческом секторе, населением и в других отраслях экономики, отнесено к сектору 1.А.3 - Транспорт. Весь бензин, используемый в перечисленных отраслях экономики, отнесен при проведении оценок выбросов парниковых газов к подкатегории 1.А.3.а - Дорожный транспорт. Однако, составители кадастра парниковых газов субъектов Российской Федерации могут распределять потребление моторного топлива между транспортом и стационарными источниками в зависимости от имеющейся у них информации.

Следует собрать данные о других видах топлива, использующихся в регионе, менее распространенных и, обычно, не входящих в статистику продаж (например, сжиженный нефтяной газ, компримированный природный газ или биотопливо). При отсутствии или недостаточности данных о продажах топлива, следует использовать данные о его потреблении автотранспортными средствами в различных отраслях экономики. Первичные данные от субъектов хозяйственной деятельности поступают в Росстат (форма N 4-ТЭР, 11-ТЭР), где они обобщаются и анализируются по отраслевому принципу. Следует помнить, что обязательной статистической отчетности подлежат только юридические лица (за исключением субъектов малого предпринимательства), в то время как большая часть парка принадлежит физическим лицам, не представляющим статистическую отчетность. Информация по проданному топливу тоже может отсутствовать или быть ненадежной, т.к. дает ограниченную информацию о потреблении топлива на транспорте, особенно, автомобильном. В таком случае оценки объемов использования топлива должны проводиться на основании данных о размере и структуре парка автотранспортных средств, зарегистрированных в регионе.

Детализированные данные по категориям автотранспортных средств (Уровень 2 и 3)

Основными источниками статистики по транспорту для Российской Федерации являются статистические сборники Росстата "Транспорт Российской Федерации" и "Российский статистический ежегодник". Кроме того, информация о парке АТС, принадлежащих юридическим лицам, может быть получена из статистических форм Росстата:

- **N 1-ТР (автотранспорт)** - "Сведения об автотранспорте и о протяженности ведомственных и частных автодорог";

- **N 3-автотранс** - "Сведения о наличии и использовании автомобильного транспорта";

- **N 1-автотранс (срочная)** с периодичностью составления в месяц и **N 2-автотранспорт** (выборочное единовременное недельное обследование), направленных на получение сведений об объемах перевозок пассажиров и грузов юридическими лицами на коммерческой основе.

Однако наиболее полную и надежную информацию о численности, возрасте, технических характеристиках и техническом состоянии АТС предоставляет база данных ГУОБДД МВД РФ, в функции которого входит регистрация АТС.

Расчет по Уровню 3 имеет ряд преимуществ перед расчетом по Уровню 2, так как основным параметром является не потребленное топливо, а пройденное расстояние. Одним из отчетных показателей в **форме N 1-ТР (автотранспорт)** является пробег, дифференцированный по видам топлива. На основании этой информации и дополнительных экспертных исследований можно оценить средний годовой пробег АТС. Методика оценки эксплуатационных норм расхода топлива автомобильным транспортом дана также в **Приложении** к распоряжению Минтранса России от 14 марта 2008 г. N АМ-23-р "Методические рекомендации. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте".

Следует принять во внимание, что выбросы и пройденное расстояние каждый год варьируют согласно возрасту транспортного средства. Кроме того, некоторые транспортные средства могут быть преобразованы для работы с иными видами топлива, чем это предусмотрено в начальной конструкции. Необходимо также оценить долю не использующихся и технически неисправных АТС и исключить их из расчета. В подготовке данных для расчета выбросов парниковых газов по Уровням 2 и 3 и разделении автопарка на категории АТС, необходимые для расчета, может помочь привлечение экспертных оценок и использование модели COPERT (<http://www.emisia.com/copert>).

На основе полученной информации по парку транспортных средств определенной категории, доле технически исправного парка, доле простоя транспортных средств, среднему пробегу на одно транспортное средство, оценивается суммарный пробег. Имея эксплуатационную норму расхода топлива на 100 км, можно оценить суммарный расход топлива по категориям АТС (Уровень 2) и в целом по видам топлива (для Уровня 1 и проверки баланса топлива).

3.2.1.4 Проверка достоверности и полноты данных о деятельности

Эффективная практика заключается в проверке следующих параметров перед использованием данных о продажах топлива:

- Убедиться, что данные об использовании топлива дорожными транспортом не включают данные для внедорожных перевозок и механизмов;

- Убедиться, что данные по использованию топлива в сельскохозяйственных целях не включено в статистику о потреблении (продажах) топлива;

- Проверить, используется ли топливо, проданное населению, в иных целях (например, как топливо для стационарных бойлерных);

- Уточнить, как регистрируется использование смазок в качестве присадок в двухтактных двигателях. Оно может регистрироваться как топливо для использования в дорожных перевозках или отдельно, как смазка.

Рекомендуются два альтернативных подхода для разделения топлива на дорожное и внедорожное использование:

- Для каждого основного вида топлива, оценить топливо, используемое каждым видом транспортного средства по данным пройденного километража. Разница между итогами по дорожным средствам передвижения и истинным потреблением относится к разделу внедорожного использования;

- Провести аналогичную оценку для каждого основного вида топлива, используемого внедорожным транспортом, по данным о видах внедорожного оборудования и его использования. Суммарное потребление моторного топлива тогда разделяется в полученной пропорции между дорожным и внедорожным транспортом.

Таким образом, составителям кадастра может потребоваться внести изменения в национальную статистику по использованию топлива дорожным транспортом для того, чтобы предотвратить недостаточность или избыточность в статистической отчетности и гарантировать использование данных только для отражения статистики об использовании топлива дорожным транспортом. Эффективная практика в таком случае заключается в перекрестной проверке, чтобы убедиться, что любое топливо, удаленное из статистики по дорожному использованию, добавлено в соответствующие разделы, и наоборот.

Для достоверности, если имеются данные о пройденном расстоянии, эффективная практика заключается в оценке использования топлива на основании данных о пройденном расстоянии. Первый шаг для этого является оценка потребления топлива (по видам топлива) каждым из классов автотранспортных средств (формула 3.4).

Формула 3.4 - Проверка потребления топлива

$$\begin{aligned} & \text{Оцененное потребление топлива} = \\ & = \sum_{i,j,t} [\text{Количество АТС}_{i,j,t} * \text{Расстояние}_{i,j,t} * \text{Потребление}_{i,j,t}], \end{aligned}$$

где:

Оцененное потребление топлива - общее оцененное потребление топлива на основе данных о пройденном расстоянии (кг);

Количество АТС - количество АТС категории i , использующих топливо j на дорогах вида t (шт.);

Расстояние - годовое пройденное расстояние на каждое транспортное средство категории i ,

использующих топливо j на дорогах вида t (км);

Потребление - среднее потребление топлива (кг/км) каждым транспортным средством категории i , использующих топливо j на дорогах вида t ;

i - категория транспортного средства (например, автомобиль, автобус);

j - вид топлива (например, бензин, дизтопливо, природный газ, СНГ);

t - вид дороги (например, городская, загородная, скоростная).

Если данные о пройденном расстоянии для разных видов дорог отсутствуют, это уравнение должно быть упрощено с помощью удаления вида дороги " t ". Для более детальных оценок также возможно включение дополнительного топлива, использованного в фазе холодного пуска.

Эффективная практика заключается в сравнении статистики по проданному топливу, использованной в подходе уровня 1, с результатами расчета по формуле 3.4 и анализе любых различий и выявлении того, какие данные отличаются более высоким качеством.

Данные о пройденном расстоянии для средств передвижения по видам и по топливу являются важным обоснованием для расчетов высших уровней по выбросам CH_4 и N_2O от дорожных перевозок. Таким образом, может появиться необходимость в корректировке данных о пройденном расстоянии для их совместимости с данными о продажах топлива перед выполнением оценки выбросов CH_4 и N_2O . Составителям кадастра следует полагаться на собственное решение о выборе наилучшего способа корректировки данных о пройденном расстоянии. Во всяком случае, корректировки должны быть хорошо документированы и проверены.

3.3 ВНЕДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

Категория внедорожного транспорта (1.A.3.e.ii в таблице 3.1) включает транспортные средства, используемые в сельском хозяйстве, в строительстве и техобслуживании, обеспечении промышленных предприятий и в жилом секторе. К этой категории относятся средства земного обеспечения в аэропортах, сельскохозяйственные тракторы и другие машины, бензопилы, погрузчики и снегоходы. Во внедорожном оборудовании и транспорте используются дизельные и бензиновые двигатели, двухтактные и четырехтактные бензиновые двигатели.

3.3.1 Методологические вопросы

3.3.1.1 Выбор метода

Существует три методологических приема для оценки выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O от сжигания внедорожными мобильными источниками: Уровни 1, 2, 3. В зависимости от имеющихся данных, расчет выбросов может быть выполнен

- По данным об общем потреблении топлива внедорожными транспортными средствами с детализацией по видам топлива (Уровень 1).

- По данным о потреблении топлива с детализацией по видам топлива и категориям внедорожных транспортных средств (Уровень 2).

- По данным о деятельности внедорожных транспортных средств: количестве часов

использования оборудования и зависящих от оборудования параметров, таких, как номинальная мощность, коэффициент загрузки (Уровень 3).

Предпочтительным методом определения выбросов CO₂ является расчет с использованием данных о потреблении каждого вида топлива и специфичных для страны или региона коэффициентов выброса, основанных на реальном содержании углерода в потребляемом топливе. Однако могут возникнуть трудности при получении данных о потреблении топлива в связи с количеством и разнообразием внедорожных транспортных средств и оборудования и способов их использования. Более того, статистические данные о потреблении топлива для внедорожных транспортных средств не часто собираются и публикуются.

Для методов Уровней 1 и 2 применяется та же методология расчетов, что и для дорожных транспортных средств. Она подробно описана в разделе 3.2. При использовании уровня 3, выбросы могут быть оценены по ежегодным данным о количестве часов работы оборудования и его параметрам, таким как возраст, номинальная мощность, коэффициент загрузки и коэффициенты выбросов в зависимости от мощности. Для внедорожных транспортных средств эти данные могут собираться не систематически, и могут понадобиться их комбинирование, предположения и экспертные оценки для восполнения пробелов. Формула 3.5 описывает методологию Уровня 3:

Формула 3.5 - Оценка выбросов с помощью Уровня 3

$$E = \sum_{i,j} [AD_{ij} \cdot t_{ij} \cdot p_{ij} \cdot k_{ij} * EF_{ij}],$$

где:

E - выбросы парниковых газов (кг);

AD_{ij} - количество транспортных средств в категории i (шт.);

t_{ij} - ежегодное количество часов использования транспортного средства i (ч);

p_{ij} - средняя номинальная мощность транспортных средств в категории i (кВт);

k_{ij} - стандартный коэффициент загрузки транспортного средства i (от 0 до 1);

EF_{ij} - средний коэффициент выбросов при использовании топлива j в транспортном средстве категории i (кг/кВт-час);

i - тип внедорожного транспортного средства; j - вид используемого топлива.

Более детальное моделирование для оценки внедорожных выбросов при использовании методологии Уровня 3 доступно при применении модели COPERT (<http://www.emisia.com/copert>) и методологии Руководств ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации - выбросов (<http://www.eea.europa.eu/ru/publications/emep-eea>).

3.3.1.2 Выбор коэффициентов выбросов

Рекомендуемые для уровня 1 коэффициенты выбросов CO₂, CH₄ и N₂O и пределы их изменений приведены в таблице 3.6. Для Уровней 2 и 3 должны использоваться национальные и

(или) региональные коэффициенты выбросов. Такие коэффициенты содержатся в методике CORINAIR (<http://www.eea.europa.eu/ru/publications/emep-eea>) или российских методиках оценки выбросов от внедорожного транспорта <3>.

<3> Расчетные инструкции (методики) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами и дорожно-строительными машинами в атмосферный воздух. Доступны в Интернете по адресу: <http://www.niiat.ru/publications/sborniki/> или http://www.niiat.ru/files/raschetnaya_instrukciya.pdf.

Таблица 3.6

**РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ДЛЯ ВНЕДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА И ОБОРУДОВАНИЯ, КГ/ТДЖ
(МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)**

Сфера применения внедорожного транспорта	CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
	Рекомендуемая величина коэффициента	Нижний предел величины	Верхний предел величины	Рекомендуемая величина коэффициента	Нижний предел величины	Верхний предел величины	Рекомендуемая величина коэффициента	Нижний предел величины	Верхний предел величины
Дизельное топливо									
Сельское хозяйство	74000	72600	74800	4,15	1,67	10,4	28,6	14,3	85,8
Лесное хозяйство	74000	72600	74800	4,15	1,67	10,4	28,6	14,3	85,8
Промышленность	74000	72600	74800	4,15	1,67	10,4	28,6	14,3	85,8
Домашнее хозяйство	74000	72600	74800	4,15	1,67	10,4	28,6	14,3	85,8
Автомобильный бензин для четырехтактных двигателей									
Сельское хозяйство	69300	67500	73000	80	32	200	2	1	6
Лесное хозяйство	69300	67500	73000						
Промышленность	69300	67500	73000	50	20	125	2	1	6

Домашнее хозяйство	69300	67500	73000	120	48	300	2	1	6
Автомобильный бензин для двухтактных двигателей									
Сельское хозяйство	69300	67500	73000	140	56	350	0,4	0,2	1,2
Лесное хозяйство	69300	67500	73000	170	68	425	0,4	0,2	1,2
Промышленность	69300	67500	73000	130	52	325	0,4	0,2	1,2
Домашнее хозяйство	69300	67500	73000	180	72	450	0,4	0,2	1,2

3.3.1.3 Выбор данных о деятельности

Статистические данные о потреблении топлива для внедорожных транспортных средств часто отсутствуют. Существующая форма Росстата для дорожно-строительной техники "Сведения о наличии основных строительных машин" (форма N 12-строительство), представляется юридическими лицами и их подразделениями (кроме субъектов малого предпринимательства) территориальному органу Росстата. В ней отражена информация о структуре и количестве дорожной и строительной техники, которая эксплуатируется на предприятии. Данные о деятельности внедорожного транспорта могут быть включены в статистику продаж или потребления моторных топлив. Для получения более полных данных, необходимых для оценки доли топлива, использованного внедорожными транспортными средствами, рекомендуется проводить специальные исследования.

3.3.1.4 Полнота

Дублирования данных о деятельности дорожных и внедорожных транспортных средств следует избегать. Проверка данных о потреблении топлива должна следовать принципам, изложенным в разделе 3.2.1.3. Смазки должны учитываться на основании использования их во внедорожных транспортных средствах. Смазки, смешанные и сожженные с автомобильным бензином должны включаться в данные о потреблении топлива. Прочие виды использования смазок описаны в главе 5 тома 3.

3.4 ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

Основные выбросы на железнодорожном транспорте связаны с эксплуатацией локомотивов. Существует 3 типа железнодорожных локомотивов: дизельные, электрические или паровые. В дизельных локомотивах, как правило, используются дизельные двигатели в комбинации с генераторами переменного тока для производства электричества, необходимого для подпитки тягового электрического двигателя. Дизельные локомотивы делятся на маневровые, дрезины и тяговые локомотивы. Маневровые локомотивы оборудованы дизельными двигателями с номинальной мощностью от 200 до 2000 кВт. Дрезина в основном используются на коротких дистанциях, например, в городском и пригородном сообщении. Они оборудованы дизельными двигателями с номинальной мощностью от 150 до 1000 кВт. Маневровые локомотивы

используются на длинных дистанциях - для перевозки, как пассажиров, так и грузов. Они оборудованы дизельными двигателями с номинальной мощностью от 400 до 4000 кВт.

Электрические локомотивы работают на электроэнергии, производимой стационарными электростанциями, так и другими источниками. Выбросы, связанные с производством электроэнергии стационарными электростанциями рассматриваются в главе "Сжигание топлива стационарными источниками". Паровые локомотивы используются очень ограниченно, преимущественно как туристические аттракционы, и, соответственно, их вклад в выбросы парниковых газов незначителен. В целях полноты кадастра, их выбросы могут быть оценены с помощью подхода, для оценки выбросов от обычных парогенераторов, который приведен в главе "Сжигание топлива стационарными источниками".

3.4.1 Методологические вопросы

3.4.1.1 Выбор метода

Существует три уровня методологий оценки выбросов CO₂, CH₄ и N₂O от железнодорожного транспорта.

Для выбросов CO₂:

- Уровень 1 - выбросы оцениваются формуле 3.6 с помощью зависящих от топлива рекомендуемых коэффициентов выбросов, представленных в таблице 3.7 с предположением, что все топливо одного вида потреблено локомотивами одного типа.

- Уровень 2 - выбросы оцениваются с использованием формулы 3.6 с учетом национальных или региональных данных о содержании углерода в топливе.

Метод Уровня 3 применительно к оценке выбросов CO₂ не рассматривается.

Для выбросов CH₄ и N₂O:

- Уровень 1 - выбросы оцениваются с помощью зависящих от топлива рекомендуемых коэффициентов выбросов, представленных в таблице 3.7, с предположением, что все топливо одного вида потреблено локомотивами одного типа.

- Уровень 2 - выбросы оцениваются с использованием формулы 3.7 с учетом национальных или региональных данных о содержании углерода в топливе.

- Уровень 3 применяется при наличии необходимых данных. Метод Уровня 3 предполагает использование моделей потребления топлива каждым видом двигателей и типом поездов, учитывающих зависимость коэффициентов выбросов от загрузки. Для расчета нужны данные о потреблении топлива, которые могут быть разделены на категории железнодорожных транспортных средств, в соответствии с параметрами типичных рейсов (например, грузовых, межрегиональных или местных пассажирских) и пройденного пути с детализацией по типам поездов. Существует ряд моделей оценки выбросов от локомотивов, которые можно использовать (например, RAILI, <http://lipasto.vtt.fi/railie/index.htm> и NONROAD, <http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm>). Подробное описание метода Уровня 3 приводится в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Формула 3.6 - Расчет выбросов от локомотивов по методу

Уровня 1

$$E = \sum_j (AD_j \cdot EF_j)$$

Формула 3.7 - Расчет выбросов CH₄ и N₂O от локомотивов по методу Уровня 2

$$E = \sum_{i,j} (AD_{i,j} \cdot EF_{i,j}),$$

где:

E - выбросы парниковых газов, кг;

AD - потребление топлива, ТДж;

EF - коэффициент выбросов по типу топлива, кг/ТДж;

i - тип локомотива;

j - вид топлива.

3.4.1.2 Выбор коэффициентов выбросов

В [таблице 3.7](#) приведены рекомендуемые МГЭИК коэффициенты выбросов CO₂, CH₄ и N₂O для метода Уровня 1 и пределы изменения их величин (Межправительственная, 2006). В зависимости от параметров двигателя, коэффициенты выбросов других, кроме CO₂, газов могут быть скорректированы согласно формуле 3.8 при помощи поправочных коэффициентов загрязняющих веществ. Рекомендуемые поправочные коэффициенты для разных типов двигателей с неконтролируемыми выбросами приведены в [таблице 3.8](#) (Межправительственная, 2006). Рекомендуемая величина коэффициента выбросов CH₄ может быть увеличена на 1,5 процента в год, чтобы учесть амортизацию двигателя.

Формула 3.8 - Поправочные коэффициенты для корректировки выбросов CH₄ и N₂O в зависимости от типа двигателя

$$EF_{i, \text{дизель}} = CF_i \cdot EF_{\text{рекомендуемый, дизель}},$$

где:

EF_{i, дизель} - зависящий от двигателя коэффициент выбросов для локомотива типа i, кг/ТДж;

CF_i - поправочный коэффициент для оценки выбросов CH₄ и N₂O от локомотива типа i, безразмерный;

EF_{рекомендуемый, дизель} - рекомендуемый коэффициент выбросов для дизельного топлива (применяется к CH₄, N₂O), кг/ТДж.

Таблица 3.7

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ДЛЯ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ВИДОВ
ТОПЛИВА, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ, КГ/ТДЖ
(МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)**

Парниковый газ	Вид топлива					
	Дизельное топливо			Полубитуминозный уголь		
	Рекомендуемая величина коэффициента	Нижний предел величины	Верхний предел величины	Рекомендуемая величина коэффициента	Нижний предел величины	Верхний предел величины
CO ₂	74100	72600	74800	96100	72800	100000
CH ₄	4,15	1,67	10,4	2	0,6	6
N ₂ O	28,6	14,3	85,8	1,5	0,5	5

Таблица 3.8

**ВЕСОВОЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ С ПАРАМЕТРАМИ
НЕКОНТРОЛИРУЕМЫХ ВЫБРОСОВ, БЕЗРАЗМЕРНЫЙ
(МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)**

Тип двигателя	Парниковый газ	
	CH ₄	N ₂ O
Безнаддувный прямой впрыск	0,8	1,0
Турбонаддувный прямой впрыск/Турбонаддувный прямой впрыск с промежуточным охлаждением	0,8	1,0
Безнаддувный прямой предкамерный впрыск	1,0	1,0
Турбонаддувный прямой предкамерный впрыск	0,95	1,0
Турбонаддувный прямой предкамерный впрыск с промежуточным охлаждением	0,9	1,0

3.4.1.3 Выбор данных о деятельности

Для оценки выбросов CO₂ с помощью методов Уровней 1 и 2 необходимы данные о потреблении топлива на региональном уровне. Для оценки выбросов CH₄ и N₂O с помощью Уровня 2, необходимы данные по типам локомотивов. Подход Уровня 3 требует данных о расходе топлива на километр и рабочий цикл. Для расчета также требуется информация о парке локомотивов (с детализацией по возрасту и мощности), их пробеге и грузоподъемности, ежегодной продолжительности использования и сроке службы, средней номинальной мощности в лошадиных силах и о коэффициенте загрузки.

Железнодорожные и локомотивные компании могут предоставить данные о потреблении топлива локомотивами при линейных перевозках и маневрах. Вклад маневровых локомотивов, скорее всего, очень мал. Если данные о годовом потреблении топлива отдельно для маневровых локомотивов отсутствуют, его можно оценить на основе информации о количестве локомотивов, удельном дневном потреблении топлива и продолжительности их эксплуатации (формула 3.9):

Формула 3.9 - Оценка потребления топлива маневровыми локомотивами

$$AD = N \cdot C \cdot n,$$

где:

AD - годовое потребление топлива маневровыми локомотивами, кг;

N - количество маневровых локомотивов, шт;

C - среднее дневное потребление топлива, кг/д;

n - количество дней использования каждого локомотива в год (ед.)

Количество маневровых локомотивов можно узнать от железнодорожных компаний. Если среднее потребление топлива в день неизвестно, можно использовать рекомендуемое значение 863 литра в день. Количество дней работы обычно равно 365. Если данные для некоторых маневровых локомотивов отсутствуют, расчет выбросов можно сделать на основе потребления топлива локомотивами дальней перевозки.

В случае использования подходов более высокого уровня, следует проверять согласование данных о потреблении топлива, используемых для расчета выбросов CO₂ с данными о деятельности, используемыми для CH₄ и N₂O.

3.4.1.4 Полнота

Дизельное топливо - наиболее часто используемый вид топлива на железных дорогах, однако составители кадастра должны быть очень внимательны, чтобы не пропустить или не учесть дважды другие виды топлива, которые могут использоваться в дизельных локомотивах. В некоторых типах двигателей локомотивов дизтопливо может использоваться в смеси с топочным мазутом, горючими маслами или другими дистиллятами и синтетическим топливом. Дизельные локомотивы могут также сжигать природный газ или уголь. Хотя эти источники энергии могут быть "мобильными", методы оценки выбросов от сжигания топлива для обогрева описываются в главе "Сжигание топлива стационарными источниками". Кроме того, составители кадастра должны избегать недоучета или двойного учета выбросов от энергии, используемой для отопления вагонов на железных дорогах. Дизельные локомотивы также потребляют значительные количества смазочных масел. Выбросы, связанные с потреблением смазочных масел отнесены к сектору "Производственные процессы". Если невозможно разделить данные об эксплуатации локомотивов от других видов использования топлива на железнодорожном транспорте, эффективная практика заключается в том, чтобы отметить это во всех отчетах о кадастре и в таблицах о выбросах парниковых газов.

3.5 ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

Основным парниковым газом, который образуется в результате сжигания топлива водным транспортом, является диоксид углерода. Метан и оксид диазота образуются в значительно меньших количествах, чем CO₂, и величины их выбросов в основном зависят от режима работы двигателя.

3.5.1 Методологические вопросы

Выбросы парниковых газов от внутренних и международных рейсов необходимо рассчитывать раздельно. Разделение на международные и внутренние (каботажные) перевозки необходимо проводить на основании порта отбытия и порта прибытия, а не по национальной принадлежности и флагу судна. Выбросы от международных рейсов охватывают грузопассажирские перевозки с территории Российской Федерации за рубеж, независимо от национальной юрисдикции судна. При этом выбросы, образующиеся в результате грузопассажирских перевозок из зарубежных стран в РФ, учету не подлежат. Выбросы от внутренних рейсов охватывают грузопассажирские перевозки в пределах территории РФ независимо от национальной юрисдикции судна. Данные об эмиссии от топлив, использованных в международных морских и речных перевозках, не включаются в общие объемы выбросов субъектов Российской Федерации. В региональных кадастрах они представляются в качестве справочной информации.

3.5.1.1 Методика расчета

Существуют два методологических уровня для оценки выбросов CO₂, CH₄ и N₂O от водного транспорта. Метод Уровня 1 является самым простым, поскольку требует данные об использованном топливе и удельные коэффициенты выбросов, рекомендуемые МГЭИК (Межправительственная, 2006). Метод Уровня 2 также требует данные об использованном топливе, а также удельные коэффициенты выбросов в зависимости от вида топлива, типа двигателя судна и режима его работы.

УРОВЕНЬ 1

Расчет выбросов парниковых газов производится на основе региональных данных о потреблении топлива водным транспортом при внутренних/международных морских и речных перевозках по формуле 3.10. Рекомендуемые МГЭИК коэффициенты выбросов приведены в [таблицах 3.9](#) и [3.10](#).

Формула 3.10 - Расчет выбросов парниковых газов от водного транспорта

$$E_i = \sum_a (FC_{a\ DOM/INT} \cdot CF_{a\ TCE} \cdot CF_{a\ NCV} \cdot EF_i),$$

где:

E_i - величина выброса парникового газа i , т;

$FC_{a\ DOM/INT}$ - потребление топлива вида a (мазут, дизельное топливо) при внутренних (DOM) или международных (INT) морских и речных перевозках, т;

$CF_{a\ TCE}$ - коэффициент пересчета в тонны условного топлива в угольном эквиваленте по виду

топлива а, т.у.т./т;

CF_{aNCV} - коэффициент пересчета в теплотворную способность по виду топлива а, ТДж/т.у.т.;

EF_i - коэффициент эмиссии i-го парникового газа, т/ТДж.

Коэффициенты пересчета исходных данных в тонны условного топлива в угольном эквиваленте и в энергетические единицы по видам топлива представлены в общем разделе Методических рекомендаций.

УРОВЕНЬ 2

Метод уровня 2 требует детализированные региональные данные о потреблении топлива по отдельным типам морских и речных судов и видам топлива. Методика уровня 2 детально описана в томе 2 Руководящих принципов МГЭИК (Межправительственная, 2006).

3.5.1.2 Выбор коэффициентов выбросов

Рекомендуемые МГЭИК коэффициенты выбросов для диоксида углерода (при окислении углерода 100%) в зависимости от вида топлива приведены в таблице 3.9. Для других, кроме CO_2 , парниковых газов рекомендуемые МГЭИК коэффициенты выбросов для Уровня 1 приводятся в [таблице 3.10](#) (Межправительственная, 2006).

Таблица 3.9

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO_2 ДЛЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, КГ/ТДЖ (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Топливо		Рекомендуемая величина коэффициента выбросов
Бензин		69300
Другие виды керосина		71900
Газойль/дизтопливо		74100
Топочный мазут		77400
Сжиженный нефтяной газ		63100
Другие нефтепродукты	Нефтезаводской газ	57600
	Твердые парафины	73300
	Уайт-спирит и СОТК	73300
	Другие нефтепродукты	73300
Природный газ		56100

Таблица 3.10

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH₄ И N₂O ДЛЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА,
КГ/ТДЖ (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)**

Категория источника	Парниковый газ	
	CH ₄	N ₂ O
Морские суда	7	2

Коэффициенты выбросов для расчетов по Уровню 2 должны определяться на основании исследований видов топлива и типов двигателей внутреннего сгорания конкретных судов.

3.5.1.3 Выбор данных о деятельности

Для оценки выбросов парниковых газов от водного транспорта необходимы региональные данные о потреблении по видам топлива (Уровень 1) и типам эксплуатируемых судов (Уровень 2). Кроме того, выбросы от внутреннего водного транспорта должны учитываться отдельно от международной навигации, что требует дополнительной детализации данных с учетом направления плавания. При разделении рейсов на внутренние и международные необходимо руководствоваться критериями, приведенными в [таблице 3.11](#). При заходах в более чем два порта критерии определения международного или внутреннего сегмента перевозок водным транспортом применяются к каждому сегменту рейса по отдельности. Эффективной практикой для регионов считается использование данных о деятельности, согласующихся с приведенными в [таблице 3.11](#) определениями.

Ниже перечислены несколько возможных источников данных о потреблении топлива:

1. Администрации морских портов России;
2. Таможенная служба России;
3. Ространснадзор;
4. Территориальные органы государственной статистики (Росстат);
5. Годовые отчеты:
 1. судоходных компаний (включая паромы и грузовые перевозки);
 2. поставщиков топлива (например, количество топлива, поставленного бункеровочной службой порта);
 3. администраций портов;
 4. рыболовецких компаний.

Для полного охвата судоходной деятельности нужно комбинировать различные источники данных.

**КРИТЕРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ИЛИ ВНУТРЕННЕГО
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА (ПРИМЕНЯЮТСЯ К КАЖДОМУ СЕГМЕНТУ РЕЙСА
С ЗАХОДОМ В БОЛЕЕ ЧЕМ ДВА ПОРТА)**

Тип рейса между двумя портами	Внутренний	Международный
Отход - порт РФ, прибытие - порт РФ	Да	Нет
Отход - порт РФ, прибытие - иностранный порт	Нет	Да

3.5.2 Оценка неопределенности

Коэффициенты выбросов

Точность расчетов определяется точностью исходных данных и поправочных коэффициентов. Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ для разных видов топлив достаточно точно определена, поскольку они зависят в основном от содержания углерода в определенном виде топлива. Например, значение неопределенности для дизельного топлива равно +/- 1,5%, а для топочного мазута - +/- 3%. Однако неопределенность коэффициентов выбросов CH₄ и N₂O гораздо выше. Неопределенность коэффициентов выбросов CH₄ может достигать +/- 50%. Неопределенность коэффициента выбросов N₂O может составлять от -40 до +140% (Межправительственная, 2006).

Данные о деятельности

При наличии точных данных о потреблении топлива водным транспортом, основанных на оценках таможенной службы России, администраций морских портов и участников рынка морской бункеровки, неопределенность данных о деятельности небольшая и составляет +/- 7%. В то же время, при сложности разграничения потребления топлива на внутренний и международный сегменты, неопределенность оценок может быть значительной (например, +/- -50%).

3.6 ГРАЖДАНСКАЯ АВИАЦИЯ

В гражданской авиации выбросы парниковых газов происходят в результате сжигания топлива (реактивного керосина и бензина) двигателями воздушных судов. Основными компонентами авиационной эмиссии являются диоксид углерода и водяной пар. Выбросы N₂O и CH₄ малы или отсутствуют, однако подлежат учету. Региональная отчетность о выбросах от гражданской авиации включает представление данных об эмиссии парниковых газов от всех используемых гражданских воздушных судов (при международных и внутренних полетах), участвующих в регулярном и чартерном коммерческом воздушном сообщении и осуществляющих перевозку пассажиров, и грузов. Выбросы парниковых газов зависят от количества авиационных операций, характеристик и режимов работы авиационных двигателей, вида использованного топлива и длительности рейса.

3.6.1 Методологические вопросы

Выбросы парниковых газов от внутренних и международных авиаперевозок должны рассчитываться отдельно. Разделение на международные и внутренние полеты необходимо производить на основе мест взлета и посадки для каждого этапа полета, а не по национальной

принадлежности авиакомпании. Выбросы в результате деятельности внутренней гражданской авиации, охватывают все полеты между двумя аэропортами в пределах территории России, независимо от национальной принадлежности перевозчика. Выбросы от международной авиации охватывают все полеты, выполняемые с территории Российской Федерации за рубеж, независимо от национальной принадлежности перевозчика. Данное правило применяется и к отдельным этапам полетов с более чем одним взлетом и посадкой. При этом выбросы, образующиеся в результате авиаперевозок из зарубежных стран в РФ, учету не подлежат. Данные об эмиссии от топлив, использованных в международных авиационных перевозках, не включаются в общие объемы региональных выбросов. В региональных кадастрах они представляются в качестве справочной информации.

3.6.1.1 Методика расчета

Существуют три методологических уровня для оценки авиационных выбросов CO₂, CH₄ и N₂O. Уровень 1 предполагает расчет выбросов парниковых газов с использованием общих данных об израсходованном авиацией топливе и рекомендуемых МГЭИК коэффициентов пересчета и коэффициентов выбросов. Использование Уровня 2 требует дополнительной информации о количестве взлетов и посадок по отдельным типам самолетов, а Уровня 3 - полных сведений о движении воздушных судов и работе их двигателей. Выбор и использование метода расчета зависят, в основном, от имеющихся исходных данных. Независимо от выбранного уровня, эмиссия парниковых газов от воздушных судов должна быть рассчитана для национальных и иностранных авиакомпаний, осуществляющих внутренние и международные перевозки, по типам используемых топлив.

УРОВЕНЬ 1

Расчет выбросов парниковых газов от воздушных судов по уровню 1 производится по формуле 3.11:

Формула 3.11 - Расчет выбросов парниковых газов
в гражданской авиации

$$E_i = \sum_a (FC_{a \text{ DOM/INT}} \cdot EF_{a \text{ TCE}} EF_{a \text{ NCV}} \cdot EF_{i, a \text{ default}}),$$

где:

E_i - эмиссия парникового газа i , т;

$FC_{a \text{ DOM/INT}}$ - общая масса израсходованного топлива вида a при внутренних (DOM) или международных (INT) авиаперевозках, т;

$EF_{a \text{ TCE}}$ - коэффициент пересчета в тонны условного топлива в угольном эквиваленте по виду топлива a , т.у.т./т;

$EF_{a \text{ NCV}}$ - коэффициент перевода в энергетические единицы по виду топлива a , ТДЖ/т.у.т.;

$EF_{i, a \text{ default}}$ - коэффициент выбросов парникового газа i по виду топлива a , т/ТДЖ.

Метод уровня 1 применим для двигателей самолетов, использующих как авиационный бензин, так и реактивные топлива. Коэффициенты пересчета в тонны условного топлива в

угольном эквиваленте и в энергетические единицы по видам топлива представлены в общем разделе Методических рекомендаций. В случае отсутствия региональной статистической отчетности, потребление топлива российскими и иностранными авиаперевозчиками при внутренних и международных перелетах можно оценить с помощью методики на основе региональных данных о налете самолето-часов российскими и иностранными авиакомпаниями в пределах территории Российской Федерации и за рубежом. Величина общей массы использованного топлива рассчитывается на основе региональных данных о налете самолето-часов и среднем часовом расходе топлива по отдельным типам пассажирских и грузовых воздушных судов по уравнению 3.12. Данные средне-часового расхода топлива отдельными типами воздушных судов приведены в [таблице 3.12](#). Если не отмечено отдельно, видом топлива, используемым воздушными судами в таблице 3.12, является реактивный керосин.

Уравнение 3.12 - Расчет выбросов парниковых газов в гражданской авиации по налету воздушных судов

$$FC_{a\ DOM/INT} = \sum_{a, x} (FT_{x\ DOM/INT} \cdot FR_{a\ x}),$$

где:

$FC_{a\ DOM/INT}$ - масса топлива вида a , потребленного воздушным судном при внутренних (DOM) или международных (INT) авиаперевозках, т;

$FT_{x\ DOM/INT}$ - налет по отдельным типам пассажирских и грузовых воздушных судов x при внутренних (DOM) или международных (INT) авиаперевозках, самолето-часы;

FR_{ax} - средний часовой расход топлива вида a по отдельным типам x воздушных судов, т/ч.

Таблица 3.12

СРЕДНИЙ ЧАСОВОЙ РАСХОД ТОПЛИВА

Код воздушного судна	Наименование воздушного судна и его модификации	Средний часовой расход топлива, кг/ч
A310	Airbus, A-310	4771
A319	Airbus, A-319	2517
A320	Airbus, A-320	2610
A321	Airbus, A-321	3010
ATR-42	Aerospatiale, ATR-42/43, 200/300/320	470
ATR-45	Aerospatiale, ATR-42-500	450
ATR-72	Aerospatiale, ATR-72-200	750
ATR-75	Aerospatiale, ATR-72-210, 500	600

BAE25B	British Aerospace, BAE-125-700/800	642
B732	Boeing, B-737-2T4C	2800
B733	Boeing, B-737-300	2610
B734	Boeing, B-737-400	2630
B735	Boeing, B-737-500	2431
B737	Boeing, B-737-700	2568
B738	Boeing, B-737-800	2800
B742	Boeing, B-747-200(E-4)	14531
B743	Boeing, B-747-300	14552
B744	Boeing, B-747-400	11035
B752	Boeing, B-757-200	3400
B753	Boeing, B-757-300	3400
B762	Boeing, B-767-2J6	4949
B763	Boeing, B-767-3P6	4626
B772	Boeing, B-777-200	6436
B773	Boeing, B-777-300	8168
Be20	Beech 200, Super King	177
Bl407	Bell407	167
CA8	Aerocomp, CA-8	124
C172	Cessna, C-172, T41, R/P-172 (топливо - авиабензин)	22,2
C182	Cessna, C-182, F-182 (топливо - авиабензин)	25,9
C208	Cessna, C-208, C-208U-27, C-98	191
C421	Cessna, C-421	286
C525	Cessna, C-525, CJ1	281
CRJ1	Bombardier CL-600 Regional Jet CRJ-100	955
CRJ2	Bombardier CL-600 Regional Jet CRJ-200/440, Chal.800	1000
DC10	Mc Douglas, DC-10, MD-10	7790
DH8A	De Havilland Canada, DHC-8-100	550

DH8B	De Havilland Canada, DHC-8-200	550
EMB120	EMB-120 Brasilia (VC-97)	474
F900	Falcon Dassault, F-900, T-18	874
G4	Gulfstream, G-4, SRA-4, G-300/400	1300
G5	Gulfstream, G-5, G-500	1207
PC12	Pilatus, PC-12	113
SB20	SAAB	817
Ан2	АНТОНОВ, Ан-2 и аналоги (топливо - авиабензин)	114
Ан3	АНТОНОВ, Ан-3	180
Ан12	АНТОНОВ, Ан-12	2145
Ан24	АНТОНОВ, Ан-24	728
Ан26	АНТОНОВ, Ан-26	981
Ан28	АНТОНОВ, Ан-28	299
Ан38	АНТОНОВ, Ан-38	393
Ан72	АНТОНОВ, Ан-72/74	1719
Ан124	АНТОНОВ, Ан-124	15178
Ан140	АНТОНОВ, Ан-140	606
Ан148	АНТОНОВ, Ан-148	1600
Бе103	Бериев, Бе-103 (топливо - авиабензин)	43
Ил18	Илюшин, Ил-18/20/22/24	2060
Ил62	Илюшин, Ил-62М	6620
Ил76	Илюшин, Ил-76/78/82	8710
Ил78М	Илюшин, Ил-78М	8710
Ил86	Илюшин, Ил-86/87	9900
Ил96	Илюшин, Ил-96	6700
Ил103	Илюшин, Ил-103 (топливо - авиабензин)	22,3
Ил114	Илюшин, Ил-114	589
Л410	Л-410/420	314

М101	Мясищев, М-101	113
Ми2	Ми-2, вертолет	232
Ми8	Ми-8/9/17/19/171/172, вертолет	608
Ми26	Ми-26, вертолет	2552
СМ92	Technoavia, SM-92, Z-400 (топливо - авиабензин)	37
Су95	Сухой Superjet 100-95	1864
Ту134	Туполев, Ту-134	2486
Ту154	Туполев, Ту-154М	5256
Ту204	Туполев, Ту-204/214/224/234	3521
Як18	Яковлев, Як-18/18А/Р/РМ/РS/U/SM25	34
Як40	Яковлев, Як-40	1059
Як42	Яковлев, Як-42/142	3100

По данным ГосНИИ ГА, Николайкина с соавт. (2006), ежегодников АТО.

УРОВНИ 2 и 3

Рекомендации по выбору данных о деятельности и коэффициентов выбросов для расчетов по уровням 2 и 3 приведены в томе 2 Руководящих принципов МГЭИК (Межправительственная, 2006).

3.6.1.2 Выбор коэффициентов выбросов

УРОВЕНЬ 1

Рекомендуемые МГЭИК коэффициенты выбросов CO₂, CH₄ и N₂O для расчета эмиссии парниковых газов по Уровню 1 приведены в таблице 3.13. Дополнительные рекомендации по выбору коэффициентов выбросов для расчетов по уровням 2 и 3 приведены в томе 2 Руководящих принципов МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Таблица 3.13

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂, CH₄ И N₂O ДЛЯ РАСЧЕТА ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ, КГ/ТДЖ (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Вид используемого топлива	Парниковый газ		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Авиационный бензин	70000	0,5	2

Керосин для реактивных двигателей	71500	0,5	2
-----------------------------------	-------	-----	---

3.6.1.3 Выбор данных о деятельности

Для детализации данных о деятельности на внутренние и международные компоненты независимо от государственной принадлежности перевозчика, необходимо использовать критерии, указанные в таблице 3.14. Необходимо отметить, что в некоторых случаях определения, используемые в региональной энергетической статистике, не согласуются с приведенными критериями. Эффективной практикой считается использование данных о деятельности, согласующихся с приведенными в таблице 3.14 критериями.

Таблица 3.14

КРИТЕРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ИЛИ ВНУТРЕННЕЙ АВИАЦИИ (ПРИМЕНЯЮТСЯ К ОТДЕЛЬНЫМ ЭТАПАМ ПОЛЕТА С БОЛЕЕ ЧЕМ ОДНИМ ВЗЛЕТОМ И ПОСАДКОЙ)

Полет между двумя аэропортами	Внутренняя	Международная
Взлет - аэропорт РФ, посадка - аэропорт РФ	Да	Нет
Взлет - аэропорт РФ, посадка - иностранный аэропорт	Нет	Да

Возможные источники данных о потреблении топлива и налете самолето-часов перечислены ниже:

1. Авиакомпания;
2. Федеральное агентство воздушного транспорта;
3. Территориальные органы государственной статистики.

3.6.1.4 Оценка неопределенности

Коэффициенты выбросов

Точность расчетов определяется точностью исходных данных и поправочных коэффициентов. Неопределенность коэффициентов выбросов CO₂ для разных видов топлив находится, как правило, в пределах +/- 5%. Неопределенность коэффициента выбросов CH₄ для уровня 1 может быть от -57 до +100%. Неопределенность коэффициента выбросов N₂O может составлять от -76 до +150% (Межправительственная, 2006).

Данные о деятельности

При использовании в расчетах региональных данных о потреблении топлива воздушными судами или количественных характеристик воздушного движения в международном и внутреннем сообщении неопределенность данных о деятельности довольно низка и составляет +/- 7 - 10% (Межправительственная, 2006).

ГЛАВА 4. ФУГИТИВНЫЕ ВЫБРОСЫ

Случайное или преднамеренное поступление парниковых газов в атмосферу может происходить при добыче, обработке и доставке до места конечного использования ископаемых видов топлива. В контексте Методических рекомендаций эти выбросы парниковых газов определяются как фугитивные выбросы.

4.1 ФУГИТИВНЫЕ ВЫБРОСЫ ПРИ ДОБЫЧЕ, ОБРАБОТКЕ, ХРАНЕНИИ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЯ

4.1.1 Общий обзор и характеристика источников

В Российской Федерации уголь является одним из основных энергоносителей. Его добыча производится открытым и подземным способами. Добыча угля открытым способом ведется в условиях, когда угольный пласт залегает неглубоко и не перекрыт мощным слоем пустой породы. Приемлемые для добычи угольные бассейны расположены во многих федеральных округах РФ. Открытый способ доминирует в российской угледобывающей промышленности (Российская, 2006 -..., Российский статистический ежегодник, 2011).

Геологические процессы образования угля приводят к образованию метана (CH_4), а в некоторых пластах может присутствовать и диоксид углерода (CO_2). Метан находится в угольных пластах, в их трещинах и прилегающих пустотах. В угольных пластах содержатся сравнительно небольшие объемы свободного CH_4 . В основном он абсорбирован в твердом углегазовом растворе или адсорбируется на поверхностях макромолекул и микротрещин. В естественных условиях в угольных пластах существует динамическое равновесие между свободным и связанным метаном, которое нарушается при их вскрытии и разработке (Российская, 2006 -...).

Выбросы парниковых газов как для открытых, так и для подземных угольных разработок, происходят в результате следующих процессов (Межправительственная, 2006):

1. Добыча. Вскрытие и последующая разработка угольных месторождений приводят к выделению газообразного CH_4 из разрабатываемого угольного пласта и близлежащих слоев, в результате чего газ поступает в подземные горные выработки (при подземном способе добычи) или непосредственно в атмосферу (при открытом способе добычи). CH_4 является основным парниковым газом, высвобождаемым при добыче угля и последующем с ним обращении. Количество выделяющегося CH_4 характеризуется термином метанообильность. Абсолютная метанообильность представляет собой дебит CH_4 , в единицу времени, а относительная - отношение объема газа, выделившегося за определенное время, к тонне угля, добытого за тот же период. Являясь производными метаноносности конкретного угольного пласта, показатели метанообильности достаточно постоянны во времени. Каждому угольному бассейну присущи определенные значения величин метаноносности угольных пластов, которые возрастают с глубиной их залегания благодаря росту сорбционной способности углей и изменению их пористости (Газоносность угольных бассейнов, 1979; Малышев и Айруни, 1999). Метаноносность угольных пластов и метанообильность угольных шахт находятся под постоянным инструментальным контролем со стороны инженерных служб, которые обеспечивают безопасность подземных работ (Российская, 2006 -...);

2. Последующее обращение с углем. Не весь газ высвобождается в процессе разработки угольного пласта: уголь, как правило, продолжает высвобождать газ даже после его добычи, хотя и более медленно, чем при добыче. Выбросы при последующей обработке угля и его транспортировке называются выбросами при последующем обращении с углем;

3. Низкотемпературное окисление. Эти выбросы происходят в результате естественного окисления угля атмосферным кислородом, результатом которого является выделение CO_2 в незначительном количестве;

4. Самовозгорание угля. Процесс низкотемпературного окисления происходит с образованием некоторого количества теплоты (самонагревание), и при достижении критических значений температуры происходит самовозгорание угля. Для самовозгорания характерны быстрота реакции окисления (горения) и высокая скорость образования CO_2 , иногда наблюдается видимый огонь. Самовозгорание угля может быть как природным, так и антропогенным, т.е. связанное с деятельностью угольной промышленности. Отметим, что в рамках Методических рекомендаций рассматривается только антропогенное самовозгорание.

После истощения месторождения закрытые угольные шахты могут продолжать высвобождать метан. В целях безопасности, чтобы исключить образование и выброс в атмосферу метана из закрытых шахт после прекращения угледобычи, неэксплуатируемые подземные угольные шахты в России затапливаются водой. Согласно МГЭИК затапленные угольные шахты не являются источниками выбросов метана и, соответственно, не рассматриваются в настоящих Методических рекомендациях (Межправительственная, 2006; Российская, 2006).

Источники выбросов парниковых газов, подлежащих учету при оценке выбросов для различных видов угольных разработок в региональных кадастрах подразделены две основные категории: подземные и открытые угольные разработки. Основные источники изложены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

**СТРУКТУРА ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДОБЫЧИ,
ПЕРЕРАБОТКИ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЯ
(МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)**

Код категории источника по МГЭИК	Название категории	Описание категории
1.В.1.а	Добыча и обработка угля	Включает все фугитивные выбросы от операций с углем
1.В.1.а.і	Подземные шахты	Включает все выбросы CH_4 и CO_2 от разработки угольных шахт, выбросы при последующем обращении, закрытые шахты и сжигаемый в факелах или отведенный метан
1.В.1.а.і.1	Добыча	Включает все выбросы CH_4 и CO_2 из систем дегазации, принудительной вентиляции и систем управления газовойделением на угольных шахтах
1.В.1.а.і.2	Выбросы при последующем обращении с углем	Включает CH_4 и CO_2 , высвобожденные после добычи угля подземным способом при его последующей транспортировке по поверхности к месту переработки (последующие операции)

1.В.1.a.i.3	Закрытые подземные шахты	Не являются источником выбросов согласно действующей в РФ технологии и не подлежат оценке
1.В.1.a.i.4	Сжигание отведенного метана на факелах или преобразование метана в CO ₂	Включает отведенный и сожженный CH ₄ , либо вентиляционный газ, превращенный в CO ₂ с помощью процесса окисления. CH ₄ , использованный для производства полезного тепла или энергии на стационарных или мобильных источниках, учитывается в соответствующих разделах кадастра (см. главы 2 и 3 тома "Энергетика").
1.В.1.a.ii	Добыча открытым способом	Включает все выбросы CH ₄ и CO ₂ , высвободившиеся из угольных карьеров
1.В.1.a.ii.1	Добыча	Включает все выбросы CH ₄ и CO ₂ , высвобожденные при открытой разработке угольных пластов и пластов-спутников, а также утечки из дна и уступов угольного карьера
1.В.1.a.ii.2	Выбросы при последующем обращении с углем	Включает CH ₄ и CO ₂ , высвобожденные после добычи угля открытым способом при его последующей транспортировке по поверхности к месту переработки (последующие операции)
1.В.1.b	Выбросы от самовозгорания угля	Включает выбросы CO ₂ при самовозгорании угля вследствие деятельности по эксплуатации угольных месторождений

4.1.2 Методологические вопросы

Методологические вопросы оценки выбросов от угледобычи в контексте Методических рекомендаций главным образом сфокусированы на выбросах метана, поскольку он является наиболее важным в фугитивных выбросах. Выбросы CO₂ также должны включаться в кадастр, если данные по ним доступны. В расчет необходимо включить выбросы по всем угольным бассейнам, расположенным в пределах субъекта РФ. В соответствии с методологией МГЭИК (Межправительственная, 2006), расчеты выбросов метана при добыче угля подземным и открытым способами выполняются раздельно. При этом подразумевается, что выбросы CH₄ при добыче подземным способом включают выбросы, происходящие при непосредственном извлечении угля из недр, а также выбросы при его транспортировке по поверхности к месту переработки (последующие операции).

ПОДЗЕМНЫЕ ШАХТЫ. Выбросы от подземной разработки происходят как от систем вентиляции, так и от систем дегазации. Они происходят из небольшого количества точечных источников и, как правило, поддаются измерению.

ОТКРЫТЫЕ РАЗРАБОТКИ. При открытых разработках источники выбросов рассредоточены по вскрытым участкам месторождения, поэтому их лучше всего учитывать, как площадные источники. Эти выбросы, как правило, незначительны, и могут быть результатом

высвобождения CH_4 и CO_2 в процессах измельчения и отгрузки угля, низкотемпературного окисления угольных отходов или низкокачественного угля на отвалах и самовозгорания угля. Методы измерения для низкотемпературного окисления и самовозгорания угля находятся в разработке, вследствие чего они не включены в данную главу (Межправительственная, 2006).

УТИЛИЗАЦИЯ МЕТАНА. Согласно технологиям, принятым в угледобывающей промышленности России, часть дегазационного CH_4 утилизируется с целью получения энергии на собственные нужды предприятий <4>. Сжигание топлива при производстве полезного тепла или энергии на стационарных или мобильных источниках рассматривается в главах 2 и 3 тома "Энергетика". Поэтому выбросы CO_2 , образовавшиеся в результате энергетического сжигания метана не учитываются в данном разделе, а объемы утилизированного метана исключаются из общих выбросов (Межправительственная, 2006).

<4> <http://ccgs.ru/projects/vorkuta/>.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ОКИСЛЕНИЕ. Этот источник незначителен в сравнении с общими выбросами из загазованных подземных угольных шахт, и надежных методов его оценки не существует. В случае наличия поддающихся измерению величин выбросов CO_2 от этой категории, полученные данные инвентаризации следует учитывать при составлении кадастров субъектов Российской Федерации.

4.1.2.1 Выбор метода

Представленная в Методических рекомендациях методология основана на региональных коэффициентах выбросов и соответствует Уровню 2. Данные на основе измерений вентиляционного воздуха и систем дегазации, отражают фактические выбросы (Уровень 3), вследствие чего могут дать более достоверную оценку, чем использование Коэффициентов выбросов. Если подобных данных нет, то эффективная практика заключается в использовании метода Уровня 2 на основе региональных коэффициентов (Межправительственная, 2006). Прямые измерения выбросов при последующем обращении с углем на практике неосуществимы, поэтому эффективная практика в этом случае также состоит в использовании метода Уровня 2 на основе региональных коэффициентов. Методология Уровня 2 для подготовки кадастра парниковых газов субъекта РФ рассмотрена ниже.

ПОДЗЕМНЫЕ УГОЛЬНЫЕ ШАХТЫ

Оценка выбросов от добычи подземным способом может включать два этапа в зависимости от внедрения технологий утилизации метана на угледобывающих предприятиях субъекта РФ. На первом этапе производится оценка выбросов метана без учета его утилизации. На втором этапе полученные значения выбросов от добычи подземным способом корректируются с учетом фактических объемов утилизации дегазационного метана. Выбросы без учета утилизации или сжигания утилизированного метана рассчитывают по формуле 4.1.

Формула 4.1 - Оценка выбросов от добычи угля подземным способом без коррекции с учетом утилизации метана

$$E_{\text{CH}_4\text{-расч}} = \sum (AD_r \cdot EF_{\text{CS}} \cdot CF_{\text{CH}_4}),$$

где:

$E_{CH_4_расч}$ - расчетная величина выбросов CH_4 , Гг;

AD_T - годовой объем добычи угля в данном угольном бассейне, $10^6 \cdot т$;

EF_{CS} - коэффициент выбросов CH_4 для данного угольного бассейна, $м^3/т$;

CF_{CH_4} - коэффициент пересчета объемных долей CH_4 в массовые ($0,67 \cdot 10^{-6}$ Гг/ $м^3$ при плотности в условиях $T = 20$ °С и давлении 1 атм. (Межправительственная, 2006).

Так как исходные данные о добыче угля сообщаются в единицах массы ($10^6 \cdot т$), а коэффициенты выбросов соотнесены с объемными единицами ($м^3/т$), то для гармонизации исходных данных с коэффициентом выбросов в формулу 4.1 введен пересчетный коэффициент CF_{CH_4} , представляющий собой плотность чистого метана при стандартных условиях $T = 20$ °С и давлении 1 атм. (Межправительственная, 2006). В формулу 4.1 входит оценка выбросов по всем угольным бассейнам, расположенным в географических пределах рассматриваемого субъекта РФ. Эта же формула применяется для оценки выбросов при последующем обращении с углем. Коэффициенты выбросов с детализацией до уровня угольных бассейнов разработаны для обеих подкатегорий (добыча подземным способом и выбросов при последующем обращении с углем).

При наличии доступных исходных данных по фактическим объемам утилизации дегазационного метана производится коррекция полученных значений выбросов от добычи подземным способом (формула 4.2).

Формула 4.2 - Оценка выбросов от добычи угля подземным способом с учетом утилизации метана

$$E_{CH_4_факт} = E_{CH_4_расч} - m_{CH_4_исп}$$

где:

$E_{CH_4_факт}$ - фактическая величина выбросов CH_4 , Гг;

$E_{CH_4_расч}$ - расчетная величина выбросов CH_4 , Гг;

$m_{CH_4_исп}$ - масса метана, использованного для получения энергии (утилизированного), Гг.

В уравнение вносятся фактические данные по утилизации метана за отчетный год на всех угледобывающих предприятиях, расположенных в пределах субъекта РФ. При этом данные, полученные с нескольких угледобывающих предприятий, суммируются.

Открытые угольные разработки

Расчеты эмиссии CH_4 , высвободившегося при добыче угля открытым способом, выполняются по уравнению 4.1, соответствующему Уровню 2 с применением региональных коэффициентов выбросов с детализацией по угольным бассейнам. Региональные коэффициенты

выбросов учитывают и выбросы, происходящие при последующем обращении с углем, добытым открытым способом, поэтому отдельная оценка данной категории источника не предусмотрена (Российская, 2006).

4.1.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Региональные коэффициенты выбросов метана (EF_{CS}) выбираются для угольных бассейнов, расположенных в пределах субъекта РФ. Величины коэффициентов выбросов при добыче подземным и открытым способом, а также для оценки выбросов при последующем обращении с углем с детализацией до уровня угольных бассейнов приведены в [таблицах 4.1 - 4.4](#), а оценка их точности - в разделе 4.1.4.6. Более подробное обсуждение разработанных коэффициентов выбросов приведено в Национальном кадастре парниковых газов (Российская, 2006).

Таблица 4.2

РЕГИОНАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH_4 ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЯ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Федеральный округ	Угольные бассейны	Величина EF_{CS} , m^3/t
Центральный	Подмосковный	8,0
Северо-Западный	Печорский	32,1
Южный	Донецкий	28,4
Приволжский	Кизеловский	13,8
Уральский	Махневско-Каменский и Челябинский	13,8
Сибирский	Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский и Тунгусский	15,7
Дальневосточный	Беринговский, Буреинский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский и Южно-Уссурийский	18,9
Неопределенность расчетной величины выбросов, %		19,2

Таблица 4.3

РЕГИОНАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH_4 ПРИ ПОСЛЕДУЮЩЕМ ОБРАЩЕНИИ С УГЛЕМ, ДОБЫТЫМ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Федеральный округ	Угольные бассейны	Величина EF_{CS} , m^3/t
Центральный	Подмосковный	0,6

Северо-Западный	Печорский	1,1
Южный	Донецкий	7,3
Приволжский	Кизеловский	0,6
Уральский	Махневско-Каменский и Челябинский	0,6
Сибирский	Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский и Тунгусский	3,0
Дальневосточный	Беринговский, Буреинский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский и Южно-Уссурийский	2,6
Неопределенность расчетной величины выбросов, %		40,9

Таблица 4.4

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH₄
ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ**

Федеральный округ	Угольные бассейны	Величина EF _{CS} , м ³ /т
Центральный	Подмосковный	2,0
Северо-Западный	Печорский	6,0
Приволжский	Урало-Каспийский и Южно-Уральский	2,0
Уральский	Махневско-Каменский и Челябинский	2,0
Сибирский	Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский, Тунгусский и Улухемский	5,5
Дальневосточный	Буреинский, Западно-Камчатский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский, Южно-Уссурийский и Южно-Якутский	5,6
Неопределенность расчетной величины выбросов, %		21,6

4.1.2.3 Выбор данных о деятельности

Основные данные о деятельности для расчета выбросов метана при добыче угля открытым и подземным способами, используются следующие показатели:

1. Добыча угля подземным способом по субъекту РФ с детализацией по угольным бассейнам;

2. Добыча угля открытым способом по субъекту РФ с детализацией по угольным бассейнам;
3. Утилизация дегазационного метана на угольных шахтах субъекта РФ (в пересчете на 100% утилизированного CH_4).

Информация о добыче угля собирается в соответствии с административно-территориальным делением Российской Федерации и может быть получена в территориальных органах Росстата (Российский статистический ежегодник, 2011). Однако с 2010 года формирование статистической информации осуществляется в соответствии с обновленным Общероссийским [классификатором](#) продукции по видам экономической деятельности (ОКПД), в котором детализация данных по способам добычи угля не предусмотрена. Соответственно для расчета выбросов метана при добыче угля открытым и подземным способами, начиная с 2011 года, могут быть использованы данные Федерального государственного унитарного предприятия "Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса" (ГП "ЦДУ ТЭК"), а также территориальных подразделений Министерства энергетики Российской Федерации. Данные по утилизации дегазационного метана на угольных шахтах могут быть доступны непосредственно от угледобывающих предприятий в рассматриваемом регионе, на которых внедрены соответствующие технологии. Наличие технологий утилизации метана на угледобывающих всех предприятиях в регионе необходимо уточнять на ежегодной основе.

4.1.2.4 Формирование согласованного временного ряда

При формировании согласованного временного ряда следует учитывать переход шахт из состояния "действующих" в состояние "закрытых". В данном случае следует проявлять осторожность, чтобы не допустить серьезных нарушений согласованности данных по общим выбросам от добычи угля во всем рассматриваемом временном ряду. Другие рекомендации по формированию согласованного временного ряда приведены в общем разделе настоящего методического руководства.

4.2 ВЫБРОСЫ ОТ НЕФТИ И ПРИРОДНОГО ГАЗА

Выбросы метана (CH_4), диоксида углерода (CO_2) и оксида азота (N_2O) от нефти и природного газа являются источником прямых и косвенных выбросов парниковых газов во многих регионах. Особенность сектора заключается в том, что метан (CH_4) и диоксид углерода (CO_2) являются компонентами добываемого в нефтегазовой отрасли углеводородного сырья, потери которого в той или иной степени неизбежны на всех стадиях технологического процесса отрасли, вследствие чего все без исключения технологические операции являются источниками выбросов парниковых газов в атмосферу. Источником образования оксида азота служит сжигание некондиционных газовых смесей <5> (Межправительственная, 2006).

<5> Некондиционные газовые смеси - смеси углеводородного газообразного сырья (попутный нефтяной газ (ПНГ) - главным образом, на объектах нефтедобычи; природный газ), образующиеся на всех стадиях технологического процесса в нефтегазовой отрасли, качество которых не может быть доведено до установленных требований.

Нефтегазовый комплекс составляет основу энергоснабжения Российской Федерации, обеспечивая до двух третей общего потребления первичных энергоресурсов. Кроме того, Россия является ведущим экспортером ископаемых видов топлива. Стоит отметить, что особенностью российской нефтегазовой отрасли все еще является значительное количество сжигаемого

попутного нефтяного газа (ПНГ), несмотря на ограничительные меры <6> и наметившуюся тенденцию к снижению его сжигания (Книжников А.Ю. с соавт., 2009; Соловьянов А.А. с соавт., 2008; Уварова Н.Е. с соавт., 2010; The World Bank, 2004). Поэтому выбросы от нефти и природного газа в региональном масштабе могут быть значительными, и их оценке следует уделить особое внимание. Это наиболее актуально для субъектов Российской Федерации с интенсивной нефтегазодобычей, таких, как Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа и др. (Габриэлянц Г.А., 1984; Каламкарров Л.В. с соавт., 1997; Каламкарров Л.В., 2005; Российская, 2006).

<6> **Постановление** Правительства Российской Федерации от 8 ноября 2012 года N 1148 "Об особенностях исчисления платы за выбросы загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании попутного нефтяного газа".

4.2.1 Обзор и характеристика источников

На практике нефтегазовая отрасль представляет собой единую систему, связывающую объекты добычи, подготовки, транспорта и хранения, переработки, распределения и использования нефти и газа, а также перегонки нефти и распределения нефтепродуктов. Поэтому можно говорить лишь об условной разбивке нефтегазовой отрасли на отдельные категории (Уварова Н.Е., 2012). Для полного и комплексного учета источников выбросов парниковых газов данная подкатегория подразделена на два подсектора: нефтяной и газовый, каждый из которых далее разбит на отдельные сегменты нефтяной и газовой отрасли согласно виду деятельности. К учету подлежат все выбросы, образующиеся при разведке (бурение и опробование скважин), добыче (включая обслуживание действующих скважин), первичной переработке/подготовке, транспортировке, хранении, переработке, распределении и использовании нефти и природного газа, а также перегонке нефти и распределении нефтепродуктов. Согласно первичному типу источника выбросы включают (но не ограничиваются) следующими подкатегориями (Межправительственная, 2006):

1. технологическую продувку (вытеснение воздуха газом) и отведение газов в атмосферу без сжигания через дефлекторы, свечи рассеивания и прочие устройства - потери, которые предусмотрены технологией и могут происходить при пуске/остановке оборудования, плановых и внеплановых ремонтно-восстановительных работах, включая продувку арматуры, дефектоскопию и диагностику состояния оборудования и прочее (СТО Газпром 102-2011);

2. сжигание на факелах некондиционных газовых смесей - многие технологические установки оборудованы факельными устройствами в соответствии с российскими нормами обустройства месторождений и правилами безопасности в нефтегазодобывающей промышленности (Барз В.И., 1975, СТО Газпром 102-2011);

3. все другие типы фугитивных выбросов, главным образом утечки и испарения - несмотря на высокую надежность применяемого в нефтегазовой отрасли оборудования, на практике невозможно добиться полной его герметичности, вследствие чего происходят утечки через сварные швы, фланцевые и резьбовые соединения, сальниковые уплотнения, штоки кранов и прочее, а также аварийные выбросы, использование газа в качестве средства питания для работающих на энергии газов устройств (например, схемы контроля приборов, насосы для впрыскивания химических веществ, пусковые устройства компрессоров и т.д.), неконтролируемые выбросы из скважин (фонтанирование), наземных хранилищ, миграции газа к поверхности за пределами обсадной колонны скважины, образование биогенного газа в хвостохранилищах и

прочие виды потерь газа или паров нефти, не связанных со сжиганием на факелах и технологическими продувками (СТО Газпром 102-2011; Уварова Н.Е., 2012).

Исключаемыми из данной категории выбросами являются:

1. Сжигание топлива при производстве полезного тепла или энергии на стационарных или мобильных источниках (учтено в главах 2 и 3 тома);

2. Выбросы от проектов улавливания и захоронения углерода, транспортировки и удаления кислотных газов из нефти и газа путем их закачки в безопасные подземные геологические формации, или транспорт, закачка и захоронение CO₂ в рамках повышения нефтегазоотдачи пластов или проектов рекуперации метана угольных пластов;

3. Выбросы на промышленных объектах иных, чем нефтегазовые, или связанных с конечным использованием нефтепродуктов и газа иных, чем нефтегазовые объекты (учтено в секторе "Промышленные процессы");

4. Выбросы от деятельности по удалению отходов, происходящие вне газовой и нефтяной промышленности (учтено в секторе "Отходы").

4.2.2 Методологические вопросы

Согласно методологии МГЭИК, все выделяемые в атмосферу от нефтегазовой отрасли парниковые газы можно разделить на выбросы от сжигания (сжигание на факелах) и выбросы, не связанные со сжиганием углеводородов (технологические продувки и отведение, а также утечки и испарения и пр.). В результате сжигания в атмосферу в виде парниковых газов поступают продукты сгорания: CO₂ и N₂O, а также несгоревшие CH₄ и CO₂. Соотношение между компонентами выбросов парниковых газов зависит от многих факторов, к числу основных из них можно отнести условия сжигания, состав углеводородов, степень его дожига. Выбросы, не связанные со сжиганием, ответственны за поступление в атмосферу, главным образом, CH₄ и частично CO₂. Соотношение метана и диоксида углерода при этом также определяется составом углеводородов (Межправительственная, 2006; Норман Дж. Хайн., 2008; Уварова Н.Е., 2012).

Разнообразие состава углеводородов и геологические характеристики разрабатываемых месторождений приводят к различиям в организации технологических процессов (технологическая схема разработки месторождения, специфика обвязки оборудования, уровень контроля потерь углеводородов и прочее) нефтегазовой отрасли в отдельных регионах и, как следствие, к существенным вариациям и в структуре потенциальных источников и интенсивности выбросов с объектов отрасли (РД 153-39-007-96). Также стоит принимать во внимание, что при ограниченном использовании измерительных систем, и там, где измерительные системы используются, зачастую невозможно учесть широкий диапазон потоков и изменений состава углеводородов. Даже если некоторые виды потерь углеводородов или потоков отслеживаются как часть рутинных производственных процедур учета, часто имеет место несогласованность в том, получать ли данные методом инженерных расчетов или прямым измерением <7>. Детальные данные об источниках выбросов в большинстве случаев ограничены в масштабах субъекта РФ. Все это может затруднять точную количественную оценку фугитивных выбросов от нефтегазовой отрасли субъекта РФ. Поэтому оценка выбросов, как правило, сопряжена с существенной неопределенностью (Межправительственная, 2006). Основные проблемы при оценке выбросов заключаются в следующем:

<7> [Постановление](#) Госкомстата РФ от 29.05.96 N 44 (ред. от 14.10.2009) "Об утверждении Инструкций по заполнению форм федерального государственного статистического наблюдения за эксплуатацией нефтяных и газовых скважин".

1. Использование коэффициентов выбросов МГЭИК при отсутствии региональных коэффициентов ведет к снижению достоверности оценок выбросов;
2. Разработка региональных коэффициентов требует знаний специалистов и подробных данных, получение которых может быть трудным и дорогостоящим;
3. Реализация программ измерений затрат по временным и финансовым ресурсам.

При реализации оценок выбросов при помощи уровня 2 эффективная практика заключается в привлечении к составлению кадастра опытных технических специалистов (Межправительственная, 2006).

При оценке выбросов эффективная практика заключается в том, чтобы разделять деятельность на основные категории и подкатегории в нефтяной и газовой промышленности, а затем оценивать выбросы отдельно для каждой из них. Выбросы оцениваются от всех сегментов нефтегазовой отрасли, присутствующих в субъекте РФ. Однако не все сегменты отрасли обязательно присутствуют в каждом регионе. Например, к субъектам РФ, потребляющим, но не производящим природный газ, возможно, относится только транспортировка и распределение. Соответственно, вклад отдельных категорий, и как следствие, вклад отдельных парниковых газов в совокупные выбросы от нефтегазовой отрасли может существенно различаться от региона к региону.

4.2.2.1 Выбор метода

Методологический уровень, применяемый к каждому сегменту отрасли, должен определяться составителями региональных кадастров, в первую очередь, исходя из доступности исходных данных для оценок выбросов на уровне субъекта РФ, а также исходя из значимости источника (т.е. его вклада в совокупные выбросы от отрасли). Следовательно, можно применять различные методологические уровни для различных категорий и подкатегорий, и, возможно, даже включать фактические данные измерений выбросов или результаты мониторинга для некоторых более крупных источников, при условии, что достоверность результатов измерений подтверждена документально. Такой подход нацелен на улучшение достоверности оценок для источников выбросов, характеризующихся наибольшей неопределенностью (Межправительственная, 2006).

Метод уровня 1 является наименее требовательным к исходным данным и, соответственно, наименее точным методом оценки выбросов парниковых газов от нефтегазовой отрасли и связан со значительной неопределенностью. Поэтому он используется только в случае ограниченности, либо отсутствия доступных данных о деятельности нефтегазовой отрасли в субъекте РФ (Межправительственная, 2006). Выбросы CO₂ рассчитываются с помощью Уровня 1, предполагая полное окисление углеводородов до CO₂. Это является консервативным допущением, принимаемым во избежание возможных недооценок выбросов в условиях ограничения детальных данных. Если имеется информация о степени (полноте) окисления, ее следует учитывать при использовании методов Уровня 2.

Если регион обладает данными о фугитивных выбросах по сегментам нефтегазовой отрасли на основе оценок, произведенных нефтяными и газовыми компаниями, либо суммарными данными по фактическим газовым потерям в отрасли по субъекту РФ, эти данные могут быть

использованы для разработки региональных коэффициентов выбросов. Однако следует уделять особое внимание тому, чтобы не происходило недооценки источников или двойного счета выбросов (Межправительственная, 2006). Ниже описаны два уровня для оценки выбросов от нефтяного и газового секторов.

УРОВЕНЬ 1

Метод Уровня 1 базируется на формулах 4.3 и 4.4

Формула 4.3 - Оценка фугитивных выбросов от сегмента отрасли

$$E_{\text{газ, сегмент отрасли}} = AD_{\text{сегмент отрасли}} \cdot EF_{\text{газ, сегмент отрасли}}$$

Формула 4.4 - Суммарная оценка фугитивных выбросов от сегмента отрасли

$$E_{\text{газ}} = \sum_{\text{газ, сегмент отрасли}}$$

где:

$E_{\text{газ, сегмент отрасли}}$ - годовые выбросы в регионе (Гг);

$EF_{\text{газ, сегмент отрасли}}$ - коэффициент выбросов (Гг/ед. деятельности);

$AD_{\text{сегмент отрасли}}$ - региональные данные о деятельности отрасли (единиц деятельности).

Согласно Уровню 1, выбросы каждого парникового газа (CO_2 , CH_4 и N_2O) от категории источников (сегмента отрасли) определяются как произведение соответствующих категории региональных данных о деятельности (например, объема добычи нефти в субъекте РФ) на коэффициент выбросов. Коэффициент выбросов представляет собой среднюю величину выбросов рассматриваемого парникового газа для данного источника, соотношенную с единицей деятельности <8>. В свою очередь, выбросы парниковых газов (CO_2 , CH_4 и N_2O) в целом по нефтегазовой отрасли вычисляются как сумма выбросов газа по всем категориям источников, подлежащих оценке.

<8> http://unfccc.int/ghg_data/online_help/definitions/items/3817.php.

Коэффициенты выбросов, рекомендованные МГЭИК для Уровня 1, представлены в [таблице 4.7](#). В силу того, что единые коэффициенты применяются ко всему временному ряду, результаты расчетов повторяют динамику данных о деятельности и не будут отражать ежегодные меры по снижению выбросов, такие как обновление оборудования и прочее (Межправительственная, 2006).

Коэффициенты соотношены с объемом производства (например, объемы добытой нефти, транспортированного газа), поскольку подобные показатели отражены в региональной статистике о нефти и газе, которая, как правило, имеется в распоряжении составителей кадастров. В российской статистике количества жидких углеводородов учитываются не в объемных, а в

массовых единицах (Российский статистический ежегодник, 2009; Российский статистический ежегодник, 2011). В этом случае составители кадастра столкнутся с необходимостью пересчета исходных данных. Для пересчета из массовых единиц в объемные используется параметр плотности соответствующего углеводорода. При отсутствии средневзвешенных региональных значений, рекомендуется использовать следующие национальные параметры плотностей (таблица 4.5).

Таблица 4.5

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ПЕРЕСЧЕТА
МАССОВЫХ ЕДИНИЦ В ОБЪЕМНЫЕ <*>

<*> Параметры сообщены при стандартных условиях: 20 °С и 1 атм.

Параметр	Значение, т/м ³	Источник
Средневзвешенная плотность нефти	857,8	Григорьев и Попов, 2002
Средняя плотность газового конденсата	758,9	Рудин с соавт., 2004

При составлении кадастра может понадобиться разработка средневзвешенных по субъекту РФ параметров плотностей, рассчитать которые можно по формуле 4.5:

Формула 4.5 - Оценка средневзвешенных параметров углеводородов

$$\rho_{cp} = \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot x_i,$$

где:

ρ_{cp} - средневзвешенная плотность углеводородов по субъекту РФ, т/м³;

x_i - доля месторождения в валовой добыче субъекта РФ;

ρ - средняя плотность нефти месторождения, т/м³.

Средневзвешенные плотности рекомендуется рассчитывать по данным о плотностях углеводородов отдельных месторождений, расположенных в географических пределах субъекта РФ. Поскольку состав углеводородов меняется в процессе их подготовки, расчет средневзвешенных плотностей целесообразнее строить на данных о составе углеводородов до и после подготовки, т.е. данные добывающих компаний в первом случае и транспортирующих/перерабатывающих предприятий - во втором. Значения плотностей нефти и газового конденсата с детализацией по отдельным месторождениям доступны в справочнике "Нефти и газовые конденсаты России" под редакцией К.А. Демиденко (Демиденко К.А., 2000; Демиденко К.А., 2002) и могут быть использованы для разработки средневзвешенных региональных параметров. Коэффициенты выбросов в основном выражены в единицах массы

выбросов (Гг) на единицу объема (м^3), которая может стоять как в третьем или шестом порядке величины (10^3 м^3 , 10^6 м^3). Применяя коэффициенты, следует обращать внимание на порядок их размерности и гармонизировать порядки единиц данных о деятельности отрасли в соответствии с коэффициентами. Кроме того, важно учитывать такой параметр, как термодинамические условия (температура и давление). Рекомендуемые МГЭИК коэффициенты выбросов рассчитаны для стандартных условий: $15 \text{ }^\circ\text{C}$ и 1 атм., которые могут отличаться от тех, что применяются в российской нефтегазовой отрасли. Как следует из нормативной документации нефтегазовой отрасли Российской Федерации, объемы жидких и газообразных углеводородов могут быть приведены к следующим термодинамическим условиям (СТО Газпром 11-2005; ГОСТ 30319.1.-96; ГОСТ Р 8.595-2004; ГОСТ 3900-85):

1. Стандартные условия:

1. $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и 1 атм. (жидкие и газообразные углеводороды);

2. $15 \text{ }^\circ\text{C}$ и 1 атм. (жидкие углеводороды).

2. Нормальные условия: $0 \text{ }^\circ\text{C}$ и 1 атм. (газообразные углеводороды).

В связи с этим необходимо уточнять, к каким именно условиям (главным образом, температуре) приведены объемные данные, используемые для составления кадастра, и только после этого приступать к вычислениям. Может возникнуть необходимость гармонизации исходных данных о деятельности, выраженных в объемных величинах, с коэффициентами выбросов МГЭИК. Для приведения исходных данных к требуемым термодинамическим условиям рекомендуется использовать следующие подходы:

1. Для газообразных углеводородов

Для приведения газообразных объемов к требуемым условиям, необходимо умножить объем при исходных условиях на пересчетный коэффициент из таблицы 4.6.

Таблица 4.6

ПЕРЕСЧЕТНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРИВЕДЕНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ОБЪЕМОВ
К ТРЕБУЕМЫМ УСЛОВИЯМ

Требуемые условия \ Исходные условия	$0 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 атм.	$15 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 атм.	$20 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 атм.
$0 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 атм.	1	1,055	1,073
$15 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 атм.	0,948	1	1,017
$20 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 атм.	0,932	0,983	1

2. Для жидких углеводородов

Приведение объемов жидких углеводородов к требуемым условиям сводится к пересчету их плотностей из $20 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 атм. в $15 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 атм. посредством пересчетного коэффициента. Значения пересчетных коэффициентов, а также более детальные методические рекомендации даны в Межгосударственном стандарте ГОСТ 8.595-2010. Плотность и объем нефти. Таблицы

коэффициентов пересчета плотности и массы (ГОСТ Р 8.595-2010).

УРОВЕНЬ 2

Уровень 2 заключается в использовании уравнений уровня 1 и применение национальных (Уровень 2a) либо региональных (Уровень 2b) коэффициентов выбросов вместо коэффициентов, рекомендованных МГЭИК.

4.2.2.2 Выбор коэффициентов выбросов уровень 1

В [таблице 4.7](#) приведены коэффициенты выбросов, рекомендованные МГЭИК (Межправительственная, 2006). В большинстве случаев коэффициенты представлены в виде диапазонов значений, которые варьируют в широких пределах. Это может затруднить выбор конкретного значения. Поэтому в [таблице 4.7](#) приведены значения, лежащие в середине диапазонов, предложенных МГЭИК. При этом следует учитывать, что во избежание недооценки выбросов в условиях ограниченных данных о деятельности отрасли диапазоны коэффициентов являются консервативными и предусматривают большие объемы выбросов на единицу деятельности (часто на порядок или более того) по сравнению с национальными или региональными (полученными на уровне субъекта РФ). Значительная неопределенность, приведенная для некоторых коэффициентов выбросов, отражает высокую изменчивость между отдельными источниками, видами и масштабами применяемого контроля за выбросами и, в некоторых случаях, ограниченного количества доступных данных (Межправительственная, 2006).

УРОВЕНЬ 2

Выбирая коэффициенты для Уровня 2, стоит учитывать то, что в силу региональной специфики нефтегазовой отрасли, региональные коэффициенты выбросов могут дать более достоверную оценку выбросов по сравнению с национальными коэффициентами. Региональные коэффициенты могут быть разработаны в результате исследовательских и измерительных программ на уровне предприятий нефтегазовой отрасли. Допустимо разрабатывать региональные коэффициенты по данным для отдельных лет, а затем использовать их в оценке выбросов для последующих лет до очередной актуализации данных. В целом все коэффициенты выбросов (включая значения для Уровней 1 и 2) должны периодически подтверждаться или обновляться. Частота, с которой такие обновления выполняются, должна быть сопоставима с основными этапами внедрения новых технологий, методов, стандартов и принимать во внимание другие соответствующие факторы (например, изменения в динамике региональной нефтегазовой отрасли, старение месторождений и инфраструктуры и т.д.). Поскольку при таком подходе новые коэффициенты выбросов будут разработаны с учетом реальных изменений в отрасли, они не должны применяться к прошлым годам в рассматриваемом временном ряду.

Стоит отметить, что корреляция некоторых видов фугитивных выбросов с объемными данными о деятельности нефтегазовой отрасли (например, объемом прокачки газа по магистральному газопроводу) является более устойчивой, когда рассматриваются большие группы источников, например, когда выбросы оцениваются на национальном уровне. В связи с этим при разработке региональных коэффициентов стоит обращать внимание на корреляции выбросов с иными данными о деятельности отрасли, чем объемы углеводородов. Может быть целесообразно соотнесение выбросов с единицами оборудования, единицами мощности, километражу (в случае объектов транспорта) и прочее, если информация по ним доступна по всему рассматриваемому временному ряду (Межправительственная, 2006; Lechtenböhrer S. et al, 2005). При разработке региональных параметров важно обращать внимание на согласованность терминологии и четких определений, которая может иметь решающее значение при проведении подсчета объектов

и компонентов оборудования, а также может обеспечить любые значимые сопоставления одних результатов с другими (Межправительственная, 2006).

Также может оказаться необходимо применять другие виды коэффициентов для корректировки региональных различий нефтегазовой отрасли и разрабатывать, и поддерживать соответствующие процедуры, например:

1. Составы добываемых в данном субъекте РФ углеводородов для корректировки объема CH_4 , доли CO_2 и других целевых выбросов;

2. Суммарное годовое время эксплуатации для корректировки количества времени активного функционирования источника;

3. Эффективность мер контроля выбросов.

4. Ниже приводятся дополнительные вопросы, подлежащие рассмотрению при выборе коэффициентов выбросов:

5. Очень важно оценивать применимость отдельных коэффициентов к конкретному источнику выбросов на основе сопоставимости его характеристик;

6. При отсутствии более достоверных данных иногда целесообразно применение коэффициентов, разработанных для других субъектов Российской Федерации. В этом случае применимость коэффициентов должна быть обоснована схожестью таких критериев, как геологические условия, свойства добываемых углеводородов, применяемые технологии и типы оборудования, уровень контроля выбросов и прочее.

7. Если измерения производятся для расчета новых коэффициентов выбросов, должны применяться только утвержденные в российской нефтегазовой отрасли испытательные процедуры. Метод и процедуры обеспечения и контроля качества должны быть документально зафиксированы, отобранные источники должны быть репрезентативными, а также следует проводить статистический анализ для достижения доверительного интервала средних результатов в 95% (Межправительственная, 2006).

Таблица 4.7

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МГЭИК (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Категория	Подкатегория	Источник выбросов	Код	CH ₄		CO ₂ <1>		N ₂ O		Единицы измерения
				Величина	Неопределенность (% от величины)	Величина	Неопределенность (% от величины)	Величина	Неопределенность (% от величины)	
Бурение скважин	Все <2>	Сжиг. в факелах, продувки и отведение	1.B.2.a.ii или 1.B.2.b.ii	2,97E-04	-12,5 до +800%	9,00E-04	-12,5 до +800%	ND	ND	Гг на 10 ³ м ³ добытой нефти
Опробование скважин	Все	Сжиг. на факелах, продувки и отведение	1.B.2.a.ii или 1.B.2.b.ii	4,51E-04	-12,5 до +800%	7,95E-02	-12,5 до +800%	5,84E-07	-10 до +1000%	
Обслуживание скважин	Все	Сжиг. на факелах, продувки и отведение	1.B.2.a.ii или 1.B.2.b.ii	9,55E-04	-12,5 до +800%	1,70E-05	-12,5 до +800%	ND	ND	
Добыча газа	Все	Утечки и испарения	1.B.2.b.iii.2	1,22E-02	-40 до +250%	9,70E-05	-40 до +250%	NA	NA	Гг на 10 ⁶ м ³ добытого газа
		Сжиг. на факелах <3>	1.B.2.b.ii	8,80E-07	+/- 75%	1,40E-03	+/- 75%	2,50E-08	-10 до +1000%	
Подготовка газа	Установки для нейтрального газа	Утечки и испарения	1.B.2.b.iii.3	7,90E-04	-40 до +250%	2,50E-04	-40 до +250%	NA	NA	Гг на 10 ⁶ м ³ сырого газа, поступившего на подготовку
		Сжиг. на факелах	1.B.2.b.ii	1,40E-06	+/- 75%	2,15E-03	+/- 75%	2,95E-08	-10 до +1000%	
	Установки для	Утечки и испарения	1.B.2.b.iii.3	1,59E-04	-40 до +250%	1,30E-05	-40 до +250%	NA	NA	

	высокосернистого газа	Сжиг. на факелах	1.B.2.b.ii	2,85E-06	+/- 75%	4,25E-03	+/- 75%	6,40E-08	-10 до +1000%		
		Удаление сырого CO ₂	1.B.2.b.i	NA	NA	1,07E-01	-10 до +1000%	NA	NA		
	Установки для глубокого извлечения	Утечки и испарения	1.B.2.b.iii.3	1,80E-05	-40 до +250%	2,65E-06	-40 до +250%	NA	NA		
		Сжиг. на факелах	1.B.2.b.ii	8,55E-08	+/- 75%	1,30E-04	+/- 75%	4,65E-08	-10 до +1000%		
	Средневзвешенные значения по категории	Утечки и испарения	1.B.2.b.iii.3	2,50E-04	-40 до +250%	2,00E-05	-40 до +250%	NA	NA		Гг на 10 ⁶ м ³ добытого газа
		Сжиг. на факелах	1.B.2.b.ii	2,40E-06	+/- 75%	3,55E-03	+/- 75%	3,90E-08	-10 до +1000%		
Удаление сырого CO ₂		1.B.2.b.i	NA	N/A	6,75E-02	-10 до +1000%	NA	N/A			
Транспортировка и хранение газа	Транспортировка	Утечки и испарения	1.B.2.b.iii.4	6,33E-04	-40 до +250%	1,44E-06	-40 до +250%	NA	NA	Гг на 10 ⁶ м ³ товарного газа	
		Продувки и отведение	1.B.2.b.i	3,92E-04	-40 до +250%	5,20E-06	-40 до +250%	NA	NA		
	Хранение	Все	1.B.2.b.iii.4	4,15E-05	-20 до +500%	1,85E-07	-20 до +500%	ND	ND		
Распределение газа	Все	Все	1.B.2.b.iii.5	1,80E-03	-20 до +500%	9,55E-05	-20 до +500%	ND	ND	Гг на 10 ⁶ м ³ потребления газа по сетям среднего и низкого давления	

Транспортировка сжиженного газа	Конденсат	Все	1.B.2.a.iii.3	1,1E-04	-50 до +200%	7,2E-06	-50 до +200%	ND	ND	Гг на 10 ³ м ³ конденсата и пентанов с более тяжелыми углеводородами
	Сжиженный пнг	Все	1.B.2.a.iii.3	NA	NA	4,3E-04	+/- 100%	2,2E-09	-10 до +1000%	Гг на 10 ³ м ³ сжиженного пнг
	СПГ	Все	1.B.2.a.iii.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Гг на 10 ⁶ м ³ товарного газа
Добыча нефти	Природная нефть	Утечки и испарения (Суша)	1.B.2.a.iii.2	3,00E-02	-12,5 до +800%	2,15E-03	-12,5 до +800%	NA	NA	Гг на 10 ³ м ³ добытой природной нефти
		Утечки и испарения (Море)	1.B.2.a.iii.2	5,9E-07	-12,5 до +800%	4,3E-08	-12,5 до +800%	NA	NA	
		Продувки и отведение	1.B.2.a.i	8,55E-04	+/- 75%	1,13E-04	+/- 75%	NA	NA	
		Сжиг. на факелах	1.B.2.a.ii	2,95E-05	+/- 75%	4,85E-02	+/- 75%	7,60E-07	-10 до +1000%	
	Тяжелая нефть/Холодный битум	Утечки и испарения	1.B.2.a.iii.2	6,90E-02	-12,5 до +800%	4,77E-03	-12,5 до +800%	NA	NA	Гг на 10 ³ м ³ добытой тяжелой нефти
		Продувки и отведение	1.B.2.a.i	2,00E-02	-67 до +150%	6,30E-03	-67 до +150%	NA	NA	
		Сжиг. на факелах	1.B.2.a.ii	1,65E-04	-67 до +150%	2,60E-02	-67 до +150%	5,45E-07	-10 до +1000%	
	Термическая добыча	Утечки и испарения	1.B.2.a.iii.2	1,59E-03	-12,5 до	2,55E-04	-12,5 до	NA	NA	Гг на 10 ³ м ³ терм. добытого

	нефти				+800%		+800%			битума
		Продувки и отведение	1.B.2.a.i	4,15E-03	-67 до +150%	2,60E-04	-67 до +150%	NA	NA	
		Сжиг. на факелах	1.B.2.a.ii	1,90E-05	-67 до +150%	3,20E-02	-67 до +150%	2,85E-07	-10 до +1000%	
Добыча нефти	Синтетическая сырая нефть (из нефтеносных песков)	Все	1.B.2.a.iii.2	2,02E-02	-67 до +150%	ND	ND	ND	ND	Гг на 10 ³ м ³ добытой синт. сырой нефти из нефтеносных песков
	Синтетическая сырая нефть (из нефтеносного сланца)	Все	1.B.2.a.iii.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Гг на 10 ³ м ³ добытой синт. сырой нефти из нефтеносного сланца
	Средневзвешенные значения по категории	Утечки и испарения	1.B.2.a.iii.2	1,96E-02	-12,5 до +800%	2,49E-03	-12,5 до +800%	NA	NA	Гг на 10 ³ м ³ общей добычи нефти
		Продувки и отведение	1.B.2.a.i	1,04E-02	+/- 75%	2,15E-03	+/- 75%	NA	NA	
		Сжиг. на факелах	1.B.2.a.ii	2,50E-05	+/- 75%	4,05E-02	+/- 75%	6,40E-07	-10 до +1000%	
Первичная подготовка нефти	Все	Все	1.B.2.a.iii.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Гг на 10 ³ м ³ первичной переработки нефти
Транспортировка нефти	Трубопроводы	Все	1.B.2.a.iii.3	5,4E-06	-50 до +200%	4,9E-07	-50 до +200%	NA	NA	Гг на 10 ³ м ³ нефти, переданной по

										трубопроводам
	Авто- и ж/д цистерны	Продувки и отведение	1.B.2.a.i	2,5E-05	-50 до +200%	2,3E-06	-50 до +200%	NA	NA	Гг на 10 ³ м ³ нефти, перевезенной цистернами
	Погрузка шельфовой нефти на танкеры	Продувки и отведение	1.B.2.a.i	ND	ND	ND	ND	NA	NA	Гг на 10 ³ м ³ нефти, перевезенной танкерными судами
Переработка нефти	Все	Все	1.B.2.a.iii.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Гг на 10 ³ м ³ переработанной нефти
Распределение очищенных нефтепродуктов	Бензин	Все	1.B.2.a.iii.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Гг на 10 ³ м ³ перевезенных нефтепродуктов
	Дизтопливо	Все	1.B.2.a.iii.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	Авиационный бензин	Все	1.B.2.a.iii.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	Авиационный керосин	Все	1.B.2.a.iii.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

<1> Представленные коэффициенты выбросов CO₂ применимы только для прямых выбросов CO₂, кроме сжигания в факелах, когда данные значения учитываются для суммы прямых выбросов CO₂ и непрямого распределения вследствие атмосферного окисления газообразных выбросов углерода из иных чем CO₂ газов.

<2> "Все" означает все утечки и испарения, а также продувки и отведение, и выбросы от сжигания на факелах.

<3> Конкретные показатели сжигания некондиционных газовых смесей могут в значительной степени различаться в разных регионах. В случаях, когда известны объемы фактически сожженных некондиционных газовых смесей, эти данные следует использовать для определения выбросов в результате сжигания на факелах вместо того, чтобы применять представленные коэффициенты выбросов к показателям производства. Коэффициенты выбросов для прямой оценки выбросов CH₄, CO₂ и N₂O по зарегистрированным объемам сожженных в факелах газов составляют соответственно 0,012, 2,0 и 0,000023 Гг на 10⁶ м³ газа, сожженного в факелах, на основе показателя полноты сжигания в 98% и типичного компонентного газа на установке по переработке газа (т.е. 91,9% CH₄, 0,58% CO₂, 0,68% N₂ и 6,84% неметановых углеводородов по объему).

NA - не применимо; ND - не определено.

4.2.2.3 Выбор данных о деятельности

УРОВЕНЬ 1

Данные о деятельности нефтегазовой отрасли, необходимые для уровня 1, выбираются исходя из размерности коэффициентов выбросов (табл. 4.7). Источники данных могут включать:

1. Территориальные органы государственной статистики РФ (Росстат);
2. Региональные подразделения Федеральной службы по надзору в сфере природопользования РФ (Росприроднадзор);
3. Федеральное государственное унитарное предприятия "Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса" (ГП "ЦДУ ТЭК");
4. Региональные подразделения Министерства энергетики РФ;
5. Предприятия нефтегазовой отрасли.

При работе с источниками исходных данных рекомендуется запрашивать (по возможности) данные в тех единицах, в которых они будут применяться в расчете в соответствии с коэффициентом выбросов. Например, согласно с [Инструкциями](#) по заполнению форм статистической отчетности <9>, данные по газу сообщаются в объемных единицах, а впоследствии могут быть пересчитаны и опубликованы в статистических отчетах в массовых величинах (Российский статистический ежегодник, 2009; Российский статистический ежегодник, 2011). Поскольку коэффициенты выбросов МГЭИК предусматривают данные о деятельности в единицах объема, во избежание возможных дополнительных погрешностей и двойного пересчета

необходимую информацию о газообразных углеводородах рекомендуется запрашивать в территориальных органах Росстата в исходных объемных единицах.

<9> [Постановление](#) Госкомстата РФ от 29.05.96 N 44 (ред. от 14.10.2009) "Об утверждении Инструкций по заполнению форм федерального государственного статистического наблюдения за эксплуатацией нефтяных и газовых скважин".

УРОВЕНЬ 2

Данные о деятельности, необходимые для уровня 2 являются такими же, как и для подхода уровня 1. Дополнительные рекомендации по выбору данных о деятельности приведены в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

ГЛАВА 5. БАЗОВЫЙ (БАЛАНСОВЫЙ) ПОДХОД

5.1 ОБЩИЙ ОБЗОР

Базовый подход - это подход, реализующий принцип расчета "сверху-вниз", в котором для расчета выбросов CO₂, происходящих от сжигания различных видов ископаемых топливно-энергетических ресурсов, используются данные об общем потреблении топливных ресурсов в регионе. Базовый подход представляет собой метод, который может быть применен на основе относительно легкодоступной энергетической статистики. При подготовке данных для базового подхода сложность может представлять оценка исключенного углерода, т.е. углерода, не выбрасываемого при сжигании топливных ресурсов, а переходящего в конечный продукт или учитываемого в других секторах кадастра. Базовый подход позволяет производить независимую оценку выбросов CO₂ от сжигания топлива лишь с незначительными дополнительными усилиями и необходимыми данными. Эффективная практика заключается в использовании для оценки выбросов от сжигания топлива обоих подходов как секторного, так и базового, и последующее сравнение результатов двух независимых оценок. Значительные различия могут указывать на возможные проблемы с данными о деятельности, значениями низшей теплотворной способности, содержанием углерода и расчетами исключенного углерода (Межправительственная, 2006).

5.2 КАТЕГОРИИ ИСТОЧНИКОВ

Базовый подход разработан для расчета выбросов CO₂ от сжигания, начиная с обобщенных данных по снабжению региона топливно-энергетическими ресурсами. Предполагается, что углерод, содержащийся во вторичных топливных ресурсах, уже учтен в первичных ископаемых топливах, т.е. например: углерод, содержащийся в сырой нефти, равен общему содержанию углерода во всех вторичных нефтяных продуктах.

Базовый подход не делает различия между разными категориями источников внутри энергетического сектора и оценивает лишь общую сумму выбросов от категории источников "Сжигание топлива". Выбросы происходят как от сжигания в энергетическом секторе, где топливо используется как источник тепла для перегонки нефти или производства электроэнергии, так и от сжигания при окончательном потреблении топливных ресурсов.

5.3 АЛГОРИТМ

Методология Базового подхода разбивает расчет выбросов углекислого газа от сжигания

топливно-энергетических ресурсов на 5 этапов:

Этап 1: Оценка общего "кажущегося" потребления топлива в регионе в физических единицах.

Этап 2: Преобразование в энергетические единицы.

Этап 3: Оценка общего содержания углерода с использованием коэффициентов выбросов.

Этап 4: Расчет исключенного углерода.

Этап 5: Внесение поправки на неокисленный углерод и преобразование в выбросы CO₂.

Эти этапы обобщены в формуле 6.1:

Формула 6.1 - Расчет выбросов CO₂ при сжигании топлива с использованием Базового подхода

$$E_{CO_2} = [((FC_{\text{топливо}} \cdot CF_{\text{топливо}} \cdot EF_{\text{топливо}}) \cdot 10^{-3} - SC_{\text{топливо}}) \cdot COF_{\text{топливо}} \cdot 44/12],$$

где:

E_{CO_2} - Выбросы CO₂, Гг CO₂;

$FC_{\text{топливо}}$ - общее "кажущееся" потребление топливных ресурсов в регионе (производство + ввоз - вывоз - международный бункер - изменения запаса), выраженное в физических единицах, Гг;

$CF_{\text{топливо}}$ - переводный множитель из физических единиц в энергетические единицы (ТДж) на основании низшей теплотворной способности;

$EF_{\text{топливо}}$ - содержание углерода, Гг С/ТДж;

$SC_{\text{топливо}}$ - углерод, содержащийся в сырье или используемый в неэнергетических целях, исключенный из выбросов от сжигания топлива, Гг С;

$COF_{\text{топливо}}$ - доля окисленного углерода (обычно 1, что соответствует полному окислению, меньшие значения используются только для учета незначительного количества углерода, оставшегося в золе или саже).

44/12 - соотношение молекулярного веса CO₂ и С.

5.4 ДАННЫЕ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Базовый подход начинается со статистики о производстве различных видов топливно-энергетических ресурсов, их ввозе и вывозе из региона (включая внутрироссийскую и международную торговлю) и изменениях их запасов. Исходя из этой информации, оценивается "Общее "кажущееся" потребление в регионе". Базовый подход требует также исходных данных о

потреблении топливно-энергетических ресурсов в качестве сырья или в неэнергетических целях, где углерод может выбрасываться в ходе деятельности, не учитываемой или лишь частично учитываемой в секторе "Сжигание топлива".

5.4.1 Общее "кажущееся" потребление топливных ресурсов

Для оценки общего "кажущегося" потребления топливно-энергетических ресурсов внутри региона требуются данные о балансе первичных и вторичных топливных ресурсов (добыча и производство, ввоз и вывоз, включая внутрироссийскую и международную торговлю, использование международным морским и воздушным транспортом (бункерное топливо), изменении запаса). Таким образом, положительная составляющая баланса углерода в регионе формируется за счет добычи и производства топливных ресурсов и их ввоза из других регионов или стран, а отрицательная составляющая - за счет вывоза топливных ресурсов в другие регионы или другие страны и за счет использования международного бункерного топлива. Необходимо также учитывать поправку на изменение запаса топливных ресурсов в регионе за год.

Для того чтобы избежать двойного учета, важно проводить различие между первичными топливными ресурсами, т.е. природным ископаемым топливом, таким как уголь, сырая нефть, природный газ, и вторичными топливными ресурсами, т.е. топливной продукцией, такой как бензин, смазочные материалы и др. продукты переработки первичных топлив. Полный список различных видов топливно-энергетических ресурсов, учитываемых при расчете выбросов CO₂, можно найти в [главе 1](#) тома "Энергетика".

Для расчета общего "кажущегося" потребления топливных ресурсов в регионе необходимы следующие данные по каждому виду топлива и каждому году кадастра:

- Количество произведенных первичных топливных ресурсов.

Производство природного газа измеряется после очистки и экстракции газоконденсатной жидкости и серы. Потери при экстракции, повторно закачанные, высвобожденные и сожженные объемы не учитываются. Производство угля включает экстрагированные или произведенные количества, подсчитанные после каждой операции по удалению примесей. Производство нефти включает рыночное производство и исключает объемы, возвращенные на формирование.

Производство вторичных топливных ресурсов и топливной продукции не включается в расчет, потому что это приведет к двойному счету, т.к. количество углерода, переходящее при производстве во вторичные топливные ресурсы и топливную продукцию, уже было учтено в балансе углерода в составе первичных топливных ресурсов.

- Количество ввезенных на территорию субъекта РФ первичных и на территорию субъекта РФ вторичных топливных ресурсов (включая внутрироссийскую и международную торговлю);

- Количество вывезенных с территории субъекта РФ первичных и вторичных топливных ресурсов (включая внутрироссийскую и международную торговлю);

- Количество первичных и вторичных топливных ресурсов, используемых для международных перевозок (топливо, заправляемое в морские и воздушные суда, совершающие международные рейсы);

- Изменение запасов первичных и вторичных топливных ресурсов.

Таким образом, общее "кажущееся" потребление первичных топливных ресурсов рассчитывается из указанных данных следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{Общее "кажущееся" потребление} &= \text{Производство} + \text{Ввоз} - \\ &- \text{Вывоз} - \text{Международный бункер} - \text{Изменение запаса} \end{aligned}$$

Рост запасов топливных ресурсов в регионе в течение года уменьшает очевидное потребление, а уменьшение запасов вызывает повышение общего потребления, поэтому в расчете баланса топливных ресурсов изменение запасов учитывается со знаком "минус". Итоговое общее "кажущееся" потребление всех видов первичных топливно-энергетических ресурсов рассчитывается как сумма общего потребления каждого первичного топлива.

Общее "кажущееся" потребление вторичных топливных ресурсов необходимо прибавить к общему "кажущемуся" потреблению первичных топлив. Производство вторичных видов топливных ресурсов не включается в расчет баланса углерода, т.к. содержащийся в них углерод, уже учтен в общем потреблении первичного топлива, из которого они произведены. Например, оценка общего потребления сырой нефти уже содержит углерод, из которого будет произведен бензин. Общее "кажущееся" потребление вторичных топливных ресурсов рассчитывается следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{Общее "кажущееся" потребление вторичных топлив} &= \text{Ввоз} - \\ &- \text{Вывоз} - \text{Международный бункер} - \text{Изменение запаса} \end{aligned}$$

Заметим, что эти расчеты могут давать отрицательные числа для общего "кажущегося" потребления отдельных видов вторичных топливных ресурсов. Это допустимо и указывает на рост нетто вывоза или хранения данного вида топлива в регионе. Итоговое общее "кажущееся" потребление вторичных видов топливных ресурсов рассчитывается как сумма "кажущегося" потребления для каждого из видов вторичных топливных ресурсов.

5.4.2 Преобразование в общие единицы энергии

Исходные данные о потреблении топлива представляются в российской национальной статистике в физических единицах (тыс. т., млн. м³ и др.) или в унифицированных энергетических единицах - тоннах условного топлива (т.у.т.). Для реализации целей базового подхода общее потребление должно быть преобразовано в тераджоули на основе низшей теплотворной способности топлив. Подробное описание преобразования в энергетические единицы приведено в [главе 1](#).

5.5 СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА

Содержание углерода в топливе может значительно различаться как между, так и внутри различных видов первичных топливных ресурсов:

- Для природного газа содержание углерода зависит от состава газа, который в большей части состоит из метана, но может включать небольшие количества этана, пропана, бутана, СО₂ и тяжелых углеводородов. Природный газ, сжигаемый в факелах на месте добычи, обычно является "влажным", т.е. содержит значительно больше неметановых углеводородов. Соответственно, будет различаться и содержание углерода.

- Для сырой нефти содержание углерода может колебаться в зависимости от ее состава. Для

вторичных продуктов нефтепереработки содержание углерода в легких очищенных продуктах, таких как бензин, обычно меньше, чем в более тяжелых продуктах, таких как топочный мазут.

- Для угля содержание углерода на тонну значительно колеблется в зависимости от его состава: содержания углерода, водорода, серы, золы, кислорода и азота.

Так как содержание углерода тесно связано с энергетическим содержанием топлива, изменчивость его содержания незначительна, если данные о деятельности выражены в энергетических единицах.

Поскольку содержание углерода варьируется в зависимости от типа топлива, должны использоваться данные по отдельным категориям топлива и типам продуктов. Рекомендуемые значения содержания углерода, указанные во введении к тому "Энергетика", предлагается использовать только в том случае, если недоступны значения для конкретного региона. При разработке регионального значения содержания углерода для Базового подхода на основе детальных значений потребления, эффективная практика предполагает использование среднего взвешенного значения. Для некоторых видов топливных ресурсов (например, угля), содержание углерода может со временем меняться. В этом случае рекомендуется использовать различные значения коэффициента выбросов углерода для различных лет.

5.6 ИСКЛЮЧЕННЫЙ УГЛЕРОД

Следующий этап состоит в исключении из общего объема углерода того количества, которое не ведет к выбросам при сжигании топлива, так как цель состоит в оценке выбросов от топливных ресурсов, израсходованных непосредственно в качестве топлива, т.е. сожженных. Углерод, исключенный из категории сжигания топлива, учитывается в качестве выбросов в другом секторе кадастра (например, в качестве выбросов, связанных с промышленными процессами) либо консервируется в продукте, произведенном из топливных ресурсов.

Основные потоки углерода, учитываемые при расчете исключенного углерода - те, которые применяются в качестве сырья или восстановителей в промышленности или содержатся в продуктах, идущих на неэнергетические цели. В [Таблице 6.1](#) приведены основные топливные ресурсы, относящиеся к каждой из этих групп. Метод оценки выбросов от использования топливных ресурсов в качестве сырья, восстановителей или при использовании продуктов в неэнергетических целях, подробно рассматривается в [разделе "Промышленные процессы и использование продукции"](#). Если в регионе имеются другие углеродные продукты ископаемого топлива, которые следует исключить, их необходимо учитывать и документировать.

Ниже рассматриваются основные процессы, связанные с неэнергетическим использованием топливных ресурсов в России:

Неэнергетическое использование твердых топлив

Неэнергетическое использование в промышленности ископаемых твердых углеродосодержащих веществ относится, в основном, к каменному углю. В российской статистике к каменному углю относится антрацит, уголь для коксования и, собственно, каменный уголь. Основное неэнергетическое использование каменного угля происходит при высокотемпературном пиролизе (коксовании). На это уходит до 30% общего объема добычи исходного каменного угля. При коксовании уголь разлагается на сухой остаток - кокс (75% по массе) и необработанный коксовый газ (25% по массе). Неэнергетическое использование кокса определяется применением его в качестве восстановителя и сырья для производства электродов в черной и цветной

металлургии. Сырой коксовый газ перерабатывается с целью получения коксового газа, каменноугольной смолы и аммиака. Сухой коксовый газ затем сжигается для поддержания температуры пиролиза, то есть используется в энергетических целях. Смола, в свою очередь, служит сырьем для получения бензола, толуола и прочих продуктов коксохимии (производимых в количестве более 400 видов), а также каменноугольного пека, применяемого затем для производства электродов, используемых в цветной металлургии.

Таблица 6.1

ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ,
ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ И ДЛЯ НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

Использование в качестве сырья	Нафта
	Сжиженный нефтяной газ
	Газ нефтеперерабатывающих заводов
	Дизтопливо топливо и керосин
	Природный газ
	Этан
Использование в качестве восстановителя	Печной кокс (металлургический кокс) и нефтяной кокс
	Уголь и каменноугольная смола
	Природный газ
Неэнергетическое использование конечных продуктов	Битум
	Смазочные материалы
	Твердые парафины
	Уайт-спирит
	Природные газ (закачка в пласт)

Неэнергетическое использование природного газа

Неэнергетическое использование природного газа состоит из 3 частей:

- Использование в качестве сырья в химической промышленности для производства синтез-газа с целью дальнейшего получения аммиака, метанола, формальдегида и ряда других продуктов химической промышленности;

- Использование природного газа для поддержания давления при нефтедобыче;

- Использование в качестве восстановителя в металлургической промышленности при производстве губчатого железа.

Неэнергетическое использование нефти и нефтепродуктов

Большая часть добываемой нефти подвергается переработке с целью получения вторичных нефтепродуктов, которые либо являются конечными продуктами, либо используются в качестве сырья при дальнейшем производстве. Неэнергетическое использование нефти в Российской Федерации составляет около 10 - 20% общего использования нефти и состоит из следующих процессов:

- Производство нефтяных масел, в том числе смазочных (моторных, трансмиссионных, промышленных, энергетических) и других (не смазочных) масел, используемых в качестве рабочих жидкостей в тормозных системах;
- Производство углеродных и вяжущих материалов (нефтяные коксы, нефтебитумы, нефтяные пеки);
- Производство нефтехимического сырья, в том числе ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилолы и т.д.), сырья для пиролиза (попутные нефтяные газы, прямогонные бензиновые фракции) и парафинов и церезинов;
- Производство нефтепродуктов специального назначения (термогазойль, присадки к маслам).

5.6.1 Использование в качестве сырья

Важно иметь в виду, что выбросы углерода от использования топливных ресурсов в качестве сырья описываются в категориях источников сектора "Промышленные процессы". Следовательно, весь углерод в топливе, поставляемом как сырье, исключается из углерода, учитываемого в базовом подходе. Например, выбросы от использования кокса в черной металлургии учитываются в категории "Черная металлургия" сектора "Промышленные процессы". Для того чтобы избежать двойного учета, весь кокс, отнесенный в статистике к черной металлургии, в кадастре при расчете по базовому подходу рассматривается как исключенный углерод. Таким образом, данные об исключенном углероде за счет использования кокса в черной металлургии вычтены из расчетов эмиссии CO₂ по базовому методу. Весь временной ряд данных по использованию кокса в черной металлургии, производству и неэнергетическому использованию нефтебитума и смазочных материалов должен быть согласован с данными, использующимися при проведении расчетов в секторе "Промышленные процессы".

Большая часть топлива, используемого как сырье, используется для повышения тепла на нефтеперегонных заводах или в других производствах. Например, газойль или природный газ могут поставляться с целью повышения тепла дополнительно к их использованию в качестве сырья. Поэтому важно, чтобы из общего количества углерода топливно-энергетических ресурсов вычиталось только количество топлива, поставленного как сырье. Различие между использованием топлива в качестве сырья и сжиганием топлива требует тщательного учета и документирования.

Переработка сырья может давать побочные продукты в виде газов или масел. Соответственно, часть поставок сырья для определенного процесса может использоваться для снабжения этого процесса топливом. Однако так как одной из целей Базового подхода является простота, здесь необходимо сохранить полное исключение сырьевого углерода. Эффективная практика заключается в том, что любые расхождения между Базовым и Секторным подходами должны быть определены и разъяснены.

5.6.2 Восстановители

ПЕЧНОЙ КОКС И НЕФТЯНОЙ КОКС

При использовании кокса в качестве восстановителя в промышленных процессах, возникающие "отходящие газы" могут сжигаться на месте для получения дополнительного тепла либо они сжигаются в другом месте, попадая в другую категорию источников. В последнем случае выбросы описываются как сжигание топлива. Однако, поскольку данные об этой деятельности не всегда имеются в наличии и для сохранения простоты Базового подхода, количества кокса, поставленного для производства чугуна, стали и цветных металлов, необходимо исключить из общего количества углерода. Результат этого исключения отражается при объяснении разницы между Базовым и Секторным подходами при их сравнении.

УГОЛЬ И КАМЕННОУГОЛЬНАЯ СМОЛА

Распыленный уголь используется в основном в производстве чугуна и стали и учитывается в секторе "Промышленные процессы". Только в том случае, если какое-то количество доменного газа будет переведено в другую промышленность в качестве топлива, выбросы будут классифицированы в секторе "Энергетика", но доля выбросов, относимых к распыленному углю и другим углеводородам, будет весьма малой.

Перегонка угля в доменных печах для получения кокса ведет к образованию смол или легких фракций нефти, извлеченных из доменного газа. Легкие фракции нефти включают бензол, толуол, ксилол и неароматические соединения, так же, как и небольшие количества других химикатов. Смолы включают нафталин, антрацен и деготь. Легкие фракции нефти ценны в качестве растворителей или основных химикатов. Выбросы, связанные с их получением, предпочтительно учитывать в секторе "Промышленные процессы".

Дегти часто используются как связующее вещество при производстве анодов. Более тяжелые фракции нефти, связанные с дегтями, могут использоваться в красителях, консерваторах дерева или дорожных битумах при укладке асфальта. Все эти виды деятельности учитываются в секторе "Промышленные процессы" и связанные с ними выбросы исключаются из сжигания топлива.

На производящих кокс заводах, где масла или смолы сжигаются для подъема температуры, рекомендуется учитывать все случаи подобного производства, чтобы объяснить разницу между Базовым и Секторным подходами, когда будет проводиться их согласование.

ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

На некоторых заводах, производящих чугун или сталь, природный газ может вводиться в доменные печи как восстановитель в процессе производства чугуна. Классификация выбросов, связанных с введением газа, идентична рассмотренной выше классификации распыленного угля; а количества вводимого природного газа должны быть исключены.

5.6.3 Использование неэнергетических продуктов

БИТУМ

Битум и асфальт используются для покрытия дорог и крыш, где содержащийся в них углерод хранится в течение длительных периодов времени. Следовательно, в годовых кадастрах

отсутствуют выбросы от сжигания топлива, происходящие от поставок битума.

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Статистика смазочных материалов обычно охватывает не только использование смазок в устройствах, но также масла и смазки для промышленных целей, теплоносители и смазочно-охлаждающие жидкости. Все поставки смазочных материалов должны исключаться из Базового подхода. Посредством этого предотвращается возможный двойной учет выбросов от сжигания отходов смазочных материалов, учтенных в Базовом подходе в категории "Другие виды ископаемого топлива", но игнорируется включение выбросов от смазочных материалов в двухтактных двигателях.

ТВЕРДЫЕ (НЕФТЯНЫЕ) ПАРАФИНЫ

Все нефтяные парафины исключаются из Базового подхода. Среди многих способов использования твердых парафинов существует два основных способа, ведущих к сжиганию топлива, как это определено в [разделе 1.2](#). Это сжигание свечей в нагревающих или обогревающих устройствах (например, в жаровнях) и сжигание материалов, покрытых парафином на муниципальных мусоросжигательных заводах с использованием вторичного тепла. Использование свечей для освещения считается в основном декоративной целью и не включается в сжигание топлива. Выбросы от сжигания парафинов на муниципальных мусоросжигательных заводах с использованием вторичного тепла уже включены в Базовый подход (в категории "Другие виды ископаемого топлива"), так что соответствующие количества парафина необходимо исключить. Данные о вкладе оставшихся незначительных источников энергии очень сложно получить, так что в рамках Базового подхода эти источники исключены из сжигания топлива.

УАЙТ-СПИРИТ

Уайт-спирит приводит к выбросам от растворителей, которые не являются выбросами от сжигания топлива и, следовательно, должны быть исключены.

ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

Используется для поддержания давления в нефтяных скважинах, обычно относится в статистике к нетопливному использованию. Соответствующее количество природного газа должно быть учтено при расчете исключенного углерода.

5.6.4 Метод оценки исключенного углерода

Количество углерода, который необходимо исключить из выбросов от сжигания топлива, рассчитывается в соответствии с формулой 6.2. Данные о деятельности для каждого продукта даны в [таблице 6.2](#).

Формула 6.2 - Углерод, исключенный из выбросов
от сжигания топлива

$$SC_{\text{топливо}} = AD_{\text{топливо}} \cdot CC_{\text{топливо}} \cdot 10^{-3},$$

где:

$SC_{\text{топливо}}$ - углерод, исключенный из расчета выбросов от сжигания топлива, Гг С;

$AD_{\text{топливо}}$ - данные об использовании топливных ресурсов с неэнергетическими целями, ТДж;

$CC_{\text{топливо}}$ - содержание углерода в топливе, используемом с неэнергетическими целями, Гг С/ТДж.

Таблица 6.2

ДАННЫЕ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПОТОКОВ ИСКЛЮЧЕННОГО УГЛЕРОДА

Топливо	Данные о деятельности <10>
Сжиженный нефтяной газ, этан, нефтяной газ, газ нефтеперерабатывающих заводов, дизтопливо, керосин	Поставки в нефтехимическую промышленность <11>
Битум	Общий объем поставок
Смазочные материалы	Общий объем поставок
Твердые парафины <12>	Общий объем поставок
Уайт-спирит <12>	Общий объем поставок
Кокс Нефтяной кокс, Металлургический кокс	Общий объем поставок Объем поставок в отрасли производства чугуна и стали, и цветных металлов
Каменноугольная смола Легкие масла из угля	Поставки в химическую промышленность Поставки в химическую промышленность и строительство
Природный газ	Поставки в качестве сырья и в качестве восстановителя для прямого восстановления железа в производстве чугуна и стали

<10> Поставки относятся к общему количеству поставленных топливно-энергетических ресурсов всех видов, включая вторичные топливные ресурсы.

<11> В целях Базового подхода поставки, используемые как данные о деятельности, должны быть свободными от любых нефтепродуктов, возвращенных на нефтеперерабатывающие предприятия из процессов нефтехимической переработки.

5.7 НЕОКИСЛЕННЫЙ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА УГЛЕРОД

Небольшая часть топливного углерода при сгорании не подвергается окислению, но позже, поступив в атмосферу, окисляется. Предполагается, что тот углерод, который остается неокисленным (например, в виде сажи или золы), сохраняется в течение неопределенного срока. Для целей Базового подхода, если конечно отсутствует дополнительная информация по

конкретному региону, следует использовать рекомендуемое значение 1 (полное окисление).

5.8 СРАВНЕНИЕ БАЗОВОГО И СЕКТОРНОГО ПОДХОДОВ

Базовый подход и Секторный подход часто имеют различающиеся результаты, поскольку базовый подход строится по нисходящему принципу (сверху-вниз), в котором используются данные по топливно-энергетическим ресурсам региона, но подробная информация о том, как используется тот или иной вид топлива в разных отраслях, отсутствует. Базовый подход обеспечивает оценки CO_2 для сравнения с оценками, полученными с помощью секторного подхода. Обычно расхождение между этими подходами относительно мало (5%), когда сравнение идет с общим расходом углерода. Если (1) фугитивные выбросы пропорциональны массовому расходу топлив при производстве и/или трансформации; (2) изменения в запасах у конечных потребителей незначительны и (3) статистические различия в данных по энергоресурсам невелики, как Базовый, так и Секторный подходы дают примерно одинаковые оценки выбросов CO_2 .

Если отмечаются значительные расхождения и значительные отклонения временного ряда, то основные причины могут заключаться в следующем:

- Значительные статистические различия между данными о снабжении региона топливно-энергетическими ресурсами и их потреблением. Статистические различия возникают из-за того, что сбор данных производится разными органами, начиная от производства топливно-энергетических ресурсов в местах добычи до разных стадий последующей обработки и использования. Это нормально и является характерной частью топливного баланса. Значительные случайные расхождения следует всегда изучать для того, чтобы определить их причину, но также важно рассматривать и незначительные статистические различия, которые систематически указывают на то, что предложение превысило спрос (или наоборот).

- Дисбаланс массы между сырой нефтью и другими видами сырья, поступающими на переработку, и (валовым) объемом производимых нефтепродуктов.

- Использование приблизительных значений теплотворной способности и содержания углерода в случае первичного топлива, большая часть которого преобразуется во вторичные виды топлива, чем используется непосредственно с энергетическими целями. При этом оценка выбросов CO_2 в базовом подходе проводится на основе расчетного "общего" потребления топлив, в результате чего для условий России количество потребленных первичных (природных) топлив оказывается завышенным, а вторичных - заниженным. Учитывая, что к первичным и вторичным топливам применяются разные расчетные параметры (например, содержание углерода), это приводит к дополнительным расхождениям при сравнении с результатами секторного подхода и может вести к переоценке или недооценке выбросов по Базовому подходу.

- Неверное распределение количества топлива, используемого в качестве сырья для преобразования в другие виды топлива, и сожженного с энергетическими целями.

При согласовании различия между Базовым подходом и Секторным подходом Уровня 1 важно удостовериться в том, что количества топливных ресурсов, учтенных как сырье для производства вторичных топлив и непосредственно в качестве топлива (например, для коксовых печей), отражены верно. Заметим, что в энергетической статистике количество топливных ресурсов, используемых в качестве сырья на производство нетопливной продукции и на переработку в другие виды топлива, учитывается отдельно. Если какие-либо производные продукты используются как топливо в процессе преобразования, то соответствующие количества должны учитываться в секторе энергетики энергетического баланса. В Секторном подходе Уровня

1 исходные данные об использовании топливных ресурсов в качестве сырья для производства топливной продукции не должны включаться в данные о деятельности, используемые для оценки выбросов. При этом в Базовом подходе при расчете исключенного углерода используются только данные об использовании топливных ресурсов в качестве сырья для производства нетопливной продукции и в неэнергетических целях.

- Отсутствие информации о сжигании отдельных продуктов переработки топлив.

Выбросы от сжигания вторичного и третичного топлив, являющихся побочными продуктами производственных процессов и процессов переработки топлива (например, коксовый газ), могут быть опущены в Секторном подходе Уровня 1, если данных мало или они недоступны. Однако сжигание таких видов топливных ресурсов должно быть включено в Секторный подход для всех вторичных продуктов. Если этого не делать, то может произойти недооценка Секторного подхода.

- Упрощения в Базовом подходе. Существуют небольшие количества углерода, которые необходимо включить в Базовый подход, так как их выбросы относятся к сжиганию топлива. Эти количества исключались там, где их поток невелик или не представлен основной статистикой в данных об энергетике. Примеры объемов, не учитываемых в Базовом подходе, включают смазки для двухтактных двигателей, доменные и другие побочные газы, использующиеся для сжигания топлива вне их категории источников производства, а также сжигание парафиновых продуктов в мусоросжигательных установках с получением тепла. С другой стороны, существуют потоки углерода, которые необходимо исключить из Базового подхода, но по похожим причинам невозможно найти практический способ их исключения, не перегружая расчеты. Сюда входят уголь и другие углеводороды, вводимые в доменные печи, так же, как и коксы, используемые как восстановители при производстве неорганических химикатов. Результаты этих упрощений будут видны при сравнении расхождений между Базовым подходом и Секторным подходом, и, в случае если данные доступны, их величина может быть оценена.

- Отсутствие информации об изменениях в запасах, которое может произойти на уровне конечного потребителя. Соответствие потребительских запасов зависит от метода, используемого в Секторном подходе. Если используются данные о поставках (как это часто происходит), то изменения потребительских запасов не имеют значения. Однако если Секторный подход использует данные о реальном потреблении топлива, то может возникнуть переоценка или недооценка в Базовом подходе.

- Высокие потери распределения газа приведут к тому, что данные Базового подхода будут превышать данные Секторного подхода.

- Неучтенное потребление газа или другого топлива может привести к недооценке в Секторном подходе.

- Необходимо отметить, что для регионов, которые производят и экспортируют большие объемы топливных ресурсов, неопределенность остаточного снабжения может быть значительной и оказывать влияние на Базовый подход.

5.9 ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ

Для базового подхода исходной информацией для расчета являются статистические данные о снабжении региона топливно-энергетическими ресурсами. Предпочтительным является использование данных территориальных органов Федеральной службы государственной статистики (официальные публикации, статистические ежегодники, отчеты), данных форм

регулярной статистической отчетности, представляемых в территориальные и федеральные органы Росстата, ведомственных данных, например, Министерства энергетики РФ (Топливо-энергетический баланс субъектов Российской Федерации, годовые отчеты). Возможно также использование отчетов поставщиков (продавцов) топлива и статистика продаж. Эффективным способом получения исходных данных является обращение с запросами в территориальные органы федеральной службы государственной статистики, профильные министерства, к производителям и поставщикам топливно-энергетических ресурсов.

5.10 НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Если Базовый подход является первичным методом расчета выделения CO₂ при сжигании топлива, то эффективная практика заключается в выполнении анализа неопределенностей.

5.10.1 Данные о деятельности

Общая неопределенность в данных о деятельности представляет собой комбинацию как систематических, так и случайных ошибок. Эксперты считают, что неопределенность данных о деятельности в странах и регионах с хорошо развитой статистикой колеблется в пределах +/- 5% для конкретного топлива. В странах и регионах с менее развитой системой статистики этот процент может быть значительно выше, возможно, около +/- 10% для конкретного топлива.

5.10.2 Содержание углерода и низшая теплотворная способность

Неопределенности, связанные с содержанием углерода и низшей теплотворной способностью, происходят из-за двух основных элементов: точности, с которой измеряются значения, и изменчивости в источнике снабжения топливом и количестве выборок доступных снабжений. Следовательно, ошибки могут считаться в основном случайными. Неопределенность будет происходить, прежде всего, от изменчивости в составе топлива. Для продаваемого топлива неопределенность скорее всего будет ниже, чем для топлива, не участвующего в продажах.

5.10.3 Коэффициенты окисления

Рекомендуемых диапазонов неопределенности для коэффициентов окисления нет. Неопределенности коэффициентов окисления могут быть получены на основе информации о полноте сжигания в используемом оборудовании, предоставленной крупными потребителями топливно-энергетических ресурсов.

Список литературы

1. Бараз В.И. "Добыча, подготовка и транспорт нефтяного газа". М.: Недра, 1975.
2. Габриэлянц Г.А. "Геология нефтяных и газовых месторождений". М.: Недра, 1984.
3. "Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР". Гл. ред. А.И. Кравцов, в 3-х томах. М.: Недра, 1979.
4. Госкомстат, 1999. Об утверждении "Методологических положений по расчету топливно-энергетического баланса Российской Федерации в соответствии с международной практикой". Постановление Госкомстата РФ от 23.06.1999 N 46.
5. Григорьев М., Попов В. "Проверяйте пробу, не отходя от скважин".//Нефтегазовая

вертикаль. 2002. N 12, С. 8 - 12.

6. Каламкаров Л.В. "Нефтегазоносные провинции и области России и сопредельных стран. Нефтегазоносные провинции и области России и зарубежных стран". Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Издательство "НЕФТЬ И ГАЗ" РГУ нефти и газа им. И.М. ГУБКИНА, 2005. 570 с.

7. Каламкаров Л.В., Павлинич М.Ф., Самсонов Ю.В. "Нефтегазоносные провинции и области России и ближнего зарубежья". Учебное пособие. М.: ГАНГ, 1997. 58 с.

8. Малышев Ю.Н., Айруни А.Т. "Комплексная дегазация угольных шахт". М.: Издательство академии горных наук, 1999, 327 с.

9. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30319.0-96. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Общие положения. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.

10. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности. М.: ИПК Издательство стандартов, 1987.

11. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 8.595-2010. Государственная система обеспечения единства измерений. Плотность и объем нефти. Таблицы коэффициентов пересчета плотности и массы. М.: Стандартинформ, 2011.

12. Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2006. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК. 2006 г. Подготовлены Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. С. Игглестона, Л. Буэндиа, К. Мива, Т. Нгара и К. Танабе. Т. 1 - 5. ИГЕС, Япония. (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html>).

13. МЭА, 2007. Международное энергетическое агентство. Организация экономического сотрудничества и развития. Руководство по энергетической статистике. Париж, ОЭСР/МЭА.

14. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 8.595-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений. М.: ИПК Издательство стандартов, 2005.

15. Нефти и газовые конденсаты России: Справочник. Т. 1. Нефти Европейской части и газовые конденсаты России. (Под ред. К.А. Демиденко) М.: ООО "ТУМА ГРУПП". Издательство "Техника", 2000. 192 с.

16. Нефти и газовые конденсаты России: Справочник. Т. 2. Нефти Сибири. (Под ред. К.А. Демиденко). М.: ООО "ТУМА ГРУПП". Издательство "Техника", 2002. 160 с.

17. Николайкин Н.И., Смирнова Ю.В., Карпин Б.Н. "Промышленная экология: Расчет выбросов загрязняющих веществ от воздушных судов". Пособие для практических занятий и дипломного проектирования. М.: МГТУ ГА, 2006, 58 с.

18. Норман Дж. Хайн. "Геология, разведка, бурение и добыча нефти" (Серия "Для профессионалов и неспециалистов") М.: ЗАО "Олимп-Бизнес", 2008.

19. РД 153-39-007-96. Регламент составления проектных технологических документов на разработку нефтяных и газонефтяных месторождений. М., 1996.

20. Российская Федерация, 2006. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. - М., 2006. (http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/3734.php).

21. Российская Федерация, 2009. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. В 2-х томах. М., 2009. (http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4771.php).

22. Российская Федерация, 2014. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. В 2-х томах. М., 2014. (http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php).

23. Российский статистический ежегодник. Стат. сб. - М.: Росстат, 2011. 795 с.

24. Российский статистический ежегодник. Стат. сб. - М.: Росстат, 2009. 795 с.

25. Рудин М.Г., Сомов В.Е., Фомин А.С. Карманный справочник нефтепереработчика. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. 336 с. Книжников А.Ю., Пусенкова Н.Н. "Проблемы и перспективы использования нефтяного попутного газа в России"//Экологический вестник России. 2009. N 9. С. 8 - 12.

26. Соловьянов А.А., Андреева Н.Н., Крюков В.А., Ляте К.Г. "Стратегия использования попутного нефтяного газа в Российской Федерации". М.: ЗАО "Редакция газеты "Кворум", 2008.

27. СТО Газпром 102-2011. "Инвентаризация выбросов парниковых газов". М., 2012.

28. СТО Газпром 11-2005. Корпоративный стандарт ОАО "Газпром". Методические указания по расчету валовых выбросов углеводородов (суммарно) в атмосферу в ОАО "Газпром". М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2005.

29. Уварова Н.Е. "Атмосферная эмиссия парниковых газов от нефтегазового сектора России". Дис. ...канд. геогр. наук 2012.

30. Уварова Н.Е., Гитарский М.Л. Эколого-климатические проблемы нефтедобычи. Экологический вестник России, 2010, N 12, с. 24 - 27.

31. Характеристики воздушных судов, эксплуатируемых российскими авиаперевозчиками в 2010 г. Ежегодник АТО. М., АТО, 2011, с. 132 - 144.

32. Flared Gas Utilization Strategy. Opportunities for Small-Scale Uses of Gas. The International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank, 2004, 113 pp.

33. IPCC, 2000, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Geneva: IPCC.

34. Lechtenböhmer, S., Dienst, C., Fishedick, M., Hanke, T., Fernandez, R., Robinson, D., ...

Gillis, B., 2005, Greenhouse Gas Emissions from the Russian Natural Gas Export Pipeline System, Results and Extrapolation of Measurements and Surveys in Russia: A Project on behalf of E. ON Ruhrgas AG. Wuppertal and Mainz: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy in co-operation with Max-Planck-Institute for Chemistry; [cited 2014 Aug. 20]. Available from: <http://www.wupperinst.org/download/1203-report-en.pdf>.

Приложение

РАБОЧИЕ ФОРМУЛЯРЫ

Авиационный керосин									
Другие виды керосина									
Сланцевое масло									
Газойль/Дизельное топливо									
Мазут									
Сжиженный нефтяной газ									
Этан									
Лигроин									
<p><a> Заполните копию этого листа для каждой категории источников и вставьте название источника категории рядом с номером листа.</p> <p> Когда потребление выражается в единицах массы или объема, коэффициент пересчета принимается по таблице 1.3 Тома 2. Энергетика.</p>									

Сектор	Энергетика								
Категория	Деятельность, связанная со сжиганием топлива								
Код категории	1A <a>								
Лист	2 из 4 (CO ₂ , CH ₄ и N ₂ O от сжигания топлива по категориям источников - Этап 1)								
	Потребление энергии			CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	А Потреблени	В Коэффи	С Потребле	Д Коэффи	Е Выброс	Ф Коэффи	Г Выбр	Н Коэффице	І Выбросы

Другие виды битуминозного угля (каменный уголь)									
Лигнит/бурый уголь									
Горючий сланец и битуминозные пески									
Брикетированный бурый уголь									
<p><a> Заполните копию этого листа для каждой категории источников и вставьте имя категории источников, рядом с номером листа.</p>									

Сектор	Энергетика								
Категория	Деятельность, связанная со сжиганием топлива								
Код категории	1A <a>								
Лист	3 из 4 (CO ₂ , CH ₄ и N ₂ O от сжигания топлива по категориям источников - Этап 1)								
	Потребление энергии					CH ₄		N ₂ O	
	А Потребление (масса, объем или другие единицы)	В Коэффициент пересчета (ТJ/единица)	С Потребление (ТJ)	Д Коэффициент выброса CO ₂ (кг CO ₂ /ТJ)	Е Выбросы CO ₂ (Гг CO ₂)	Ф Коэффициент выброса CH ₄ (кг CH ₄ /Т)	Г Выбросы CH ₄ (Гг CH ₄)	Н Коэффициент выброса N ₂ O (кг N ₂ O/ТJ)	И Выбросы N ₂ O (Гг N ₂ O)

отходы										
Нефтяные отходы										
Торф										
Торф										
Брикеты и полубрикеты торфяные										
Всего										
<p><a> Заполните копию этого листа для каждой категории источников и вставьте название источника категории рядом с номером листа.</p>										

Сектор	Энергетика								
Категория	Деятельность, связанная со сжиганием топлива								
Код категории	1A <a>								
Лист	4 из 4 (CO ₂ , CH ₄ и N ₂ O от сжигания топлива по категориям источников - Этап 1)								
	Потребление энергии								
	А Потребление (масса, объем или другие единицы)	В Коэффициент пересчета (ТД/единица)	С Потребление (ТД)	Д Коэффициент выброса CO ₂ (кг CO ₂ /ТД)	Е Выбросы CO ₂ (Гг CO ₂)	Ф Коэффициент выброса CH ₄ (кг CH ₄ /ТД)	Г Выбросы CH ₄ (Гг CH ₄)	Н Коэффициент выброса N ₂ O (кг N ₂ O/ТД)	И Выбросы N ₂ O (Гг N ₂ O)
			$C = A * B$		$E = C * D / 10^6$		$G = C * F / 10^6$		$I = C * H / 10^6$

Биомасса				Справочная информация <5>					
Древесина/древесные отходы									
Щелок									
Другие виды первичной твердой биомассы									
Древесный уголь									
Биобензин									
Био-дизтопливо									
Другие виды жидкого биотоплива									
Газ из органических отходов									
Канализационный газ									
Другие биогазы									
Бытовые отходы (фракция биомассы)									
				Всего		Всего		Всего	

<a> Заполните копию этого листа для каждой категории источников и вставьте название источника категории рядом с номером листа.

 Справочная информация: Выбросы от топлива в виде биомассы сообщается только в качестве справочной информации, потому что они не добавляются к национальным итогам.

Сектор		Энергетика				
Категория		Твердое топливо				
Код категории		1В 1				
Лист		1 из 1 Выбросы CH ₄ и CO ₂ от угледобычи и последующих операций с добытым углем (Уровень)				
Выбросы CH ₄						
Категория источников		А Количество добываемого угля (тонн)	В Коэффициент выбросов (м ³ тонн ⁻¹)	С Выбросы метана (м ³) $C = A * B$	Д Коэффициент преобразования (Гг CH ₄ м ⁻³)	Е Выбросы метана (Гг CH ₄) $E = C * D$
Добыча угля подземным способом	Добыча				0,67 x 10 ⁻⁶	
	Последующие операции с углем				0,67 x 10 ⁻⁶	
Добыча угля открытым способом	Добыча				0,67 x 10 ⁻⁶	
	Последующие операции с углем				0,67 x 10 ⁻⁶	
Всего:						
Утилизация шахтного метана		Не применимо			0,67 x 10 ⁻⁶	
Итого <1>:						
Выбросы CO ₂						
Категории источников		А Количество добываемого угля (тонн)	В Коэффициент выбросов (м ³ тонн ⁻¹)	С Выбросы углекислого газа (м ³) $C = A * B$	Д Коэффициент преобразования (Гг CO ₂ м ⁻³)	Е Выбросы CO ₂ (Гг CO ₂) $E = C * D$
Добыча угля подземным способом	Добыча				1,83 x 10 ⁻⁶	
	Последующие				1,83 x 10 ⁻⁶	

	ие операции с углем					
Добыча угля открытым способом	Добыча					1,83 x 10 ⁻⁶
Добыча угля подземным способом	Последующие операции с углем					1,83 x 10 ⁻⁶
					Всего:	

<1> Итоговый выброс метана от угледобычи является разностью суммы выбросов при добыче угля подземным и открытым способами и величины утилизированного шахтного метана.

Сектор	Энергетика				
Категория	Твердое топливо				
Код категории	1В 1				
Лист	1 из 1 (Выбросы метана от закрытых угольных шахт)				
Выбросы CH ₄					
	А Количество закрытых шахт	В % Газосодержание угольные шахты	С Коэффициент выбросов (м ³ год ⁻¹)	Д Коэффициент преобразования (Гг CH ₄ м ⁻³)	Е Выбросы метана (Гг CH ₄) E = A * B * C * D
Подземная добыча				0,67 x 10 ⁻⁶	
				Всего:	

Сектор	Энергетика				
Категория	Твердое топливо				
Код категории	1В 1				
Лист	1 из 1 (Выбросы при сжигании утилизированного шахтного метана без получения тепла и энергии <1>)				
Парниковый газ	А Объем	В Коэффициент	С Коэффициент	Д Стехиометриче	Е Выбросы

	сжигаемого метана (м ³)	преобразования (Гг СН ₄ м ⁻³)	нт недожога	ский коэффициент массы	СО ₂ (Гг СО ₂) E = A * B * C * D
СО ₂		0,67 x 10 ⁻⁶	0,98	2,75	
СН ₄			0,02	1	
				Всего:	

<1> Выбросы от сжигания утилизированного шахтного метана для получения тепла и энергии, в том числе для собственных нужд предприятий, включены в раздел сжигания топлива стационарными источниками.

Сектор		Энергетика							
Категория		Нефть и природный газ							
Код категории		1В 2							
Лист		1 из 2							
				CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
Код категории	Название сектора	Подкатегория	А Деятельность	В Коэффициент выбросов	С Выбросы (Гг)	Д Коэффициент выбросов	Е Выбросы (Гг)	Ф Коэффициент выбросов	Г Выбросы (Гг)
					$C = A * B$		$E = A * D$		$G = A * F$
1.В.2	Нефть и природный газ								
1.В.2.а	Нефть								
1.В.2.а.i	Продувка и отведение газов								
1.В.2.а.ii	Сжигание на факелах								
1.В.2.а.iii	Все прочее								
1.В.2.а.iii.1	Разведка								
1.В.2.а.iii.2	Добыча и первичная переработка								
1.В.2.а.iii.3	Транспортировка								

1.В.2.а.iii.4	Перегонка								
1.В.2.а.iii.5	Распределение нефтепродуктов								
1.В.2.а.iii.6	Прочие категории								
				Всего:		Всего:		Всего:	
1.В.2.б	Природный газ								
1.В.2.б.i	Продувка и отведение газов								
1.В.2.б.ii	Сжигание на факелах								

Сектор		Энергетика							
Категория		Нефть и природный газ							
Код категории		1В 2							
Лист		2 из 2							
				CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
Код категории	Название сектора	Подкатегория	А Деятельность	В Коэффициент выбросов	С Выбросы (Гг)	Д Коэффициент выбросов	Е Выбросы (Гг)	F Коэффициент выбросов	G Выбросы (Гг)
					$C = A * B$		$E = A * D$		$G = A * F$
1.В.2.б.iii	Все прочее								

1.В.2.в.iii. 1	Разведка								
1.В.2.в.iii. 2	Добыча								
1.В.2.в.iii. 3	Подготовка								
1.В.2.в.iii. 4	Транспортировка и хранение								
1.В.2.в.iii. 5	Распределение								
1.В.2.в.iii. 6	Прочие категории								
				Всего:		Всего:		Всего:	
1.В.3	Другие выбросы от производства энергии								

Сектор	Энергетика						
Категория	Деятельность, связанная со сжиганием топлива						
Код категории	1А						
Лист	1 из 3 (СО ₂ от сжигания топлива - Базовый подход)						
	Шаг 1						
	А	В	С	Д	Е	Ф	
Вид топлива	Производство	Ввоз	Вывоз	Международное бункерное	Изменение запаса	Кажущееся потреблен	

						ТОПЛИВО	В	ие
								$F = A + B - C - D - E$
Жидкое	Основные	Сырая нефть						
ископаемое топливо	Вторичные	Природный газоконденсат						
		Автомобильный бензин						
	виды топлива	Авиационный керосин						
		Другие виды керосина						
		Сланцевое масло						
		Газойль/Дизельное топливо						
		Топочный мазут						
		Сжиженный нефтяной газ						
		Этан						
		Лигроин						
		Битум						
		Смазочные материалы						

		Нефтяной кокс						
		Сырье нефтепереработки						
		Прочие нефтепродукты						
Жидкое ископаемое топливо, всего								
Твердое	Основные виды	Антрацит						
ископаемое	топлива	Коксующийся уголь						
топливо		Другие виды битуминозного угля						
		Лигнит						
		Горючий сланец						
	Вторичные виды топлива	Брикетированный бурый и каменный уголь						
		Печной кокс/Коксовый газ						
		Каменноугольная смола						

Твердое ископаемое топливо, всего							
Газообразное ископаемое топливо	Природный газ (сухой)						
Прочее	Бытовые отходы (небиологические фракции)						
	Промышленные отходы						
	Нефтяные отходы						
Другие виды ископаемого топлива							
Торф и торфяные брикеты							
Всего:							

Сектор	Энергетика			
Категория	Деятельность, связанная со сжиганием топлива			
Код категории	1А			
Лист	2 из 3 (СО ₂ от сжигания топлива - Базовый подход)			
	Шаг 2		Шаг 3	
	G Кoeffициент преобразования (ТJ/единиц)	H Кажущееся потребление (ТJ)	I Содержание углерода (t C/TJ)	J Всего углерода (Гг C)
Вид топлива		$H = F * G$		$J = H * I / 1000$

Жидкое	Основные	Сырая нефть				
ископаемое топливо	виды топлива	Природный газоконденсат				
	Вторичные	Автомобильный бензин				
	виды	Авиационный керосин				
	топлива	Другие виды керосина				
		Сланцевое масло				
		Газойль/Дизельно е топливо				
		Топочный мазут				
		Сжиженный нефтяной газ				
		Этан				
		Лигроин				
		Битум				
		Смазочные материалы				
		Нефтяной кокс				
		Сырье нефтепереработки				
		Прочие				

		нефтепродукты				
Жидкое ископаемое топливо, всего						
Твердое	Основные виды	Антрацит				
ископаемое	топлива	Коксующийся уголь				
топливо		Другие виды битуминозного угля				
		Лигнит				
		Горючий сланец				
	Вторичные виды топлива	Брикетированный бурый и каменный уголь				
		Печной кокс/Коксовый газ				
		Каменноугольная смола				
Твердое ископаемое топливо, всего						
Газообразное ископаемое топливо	Природный газ (сухой)					
Прочее	Бытовые отходы (небиологические фракции)					
	Промышленные отходы					

	Нефтяные отходы				
Другие виды ископаемого топлива					
Торф и торфяные брикеты					
Всего					

Сектор			Энергетика			
Категория			Деятельность, связанная со сжиганием топлива			
Код категории			1А			
Лист			3 из 3 (CO ₂ от сжигания топлива - Базовый подход)			
			Шаг 4		Шаг 5	
			К Исключенный углерод (Гг С)	Л Чистые выбросы углерода (Гг С)	М Доля окисленно го углерода	Н Фактически е выбросы CO ₂ (Гг CO ₂)
Вид топлива				L = J - K		$N = L * M * 44/12$
Жидкое	Основные	Сырая нефть				
ископаемое топливо	виды топлива	Природный газоконденсат				
	Вторичные	Автомобильный бензин				
	виды	Авиационный керосин				

	топлива	Другие виды керосина				
		Сланцевое масло				
		Газойль/Дизельное топливо				
		Топочный мазут				
		Сжиженный нефтяной газ				
		Этан				
		Лигроин				
		Битум				
		Смазочные материалы				
		Нефтяной кокс				
		Сырье нефтепереработки				
		Прочие нефтепродукты				
Жидкое ископаемое топливо, всего						
Твердое	Основные виды	Антрацит				
ископаемое	топлива	Коксующийся уголь				
топливо		Другие виды				

		битуминозного угля				
		Лигнит				
		Горючий сланец				
	Вторичные виды топлива	Брикетированный бурый уголь и патентованное топливо				
		Печной кокс/Коксовый газ				
		Каменноугольная смола				
Твердое ископаемое топливо, всего						
Газообразно е ископаемое топливо	Природный газ (сухой)					
Прочее	Бытовые отходы (небиологические фракции)					
	Промышленные отходы					
	Нефтяные отходы					
Другие виды ископаемого топлива						
Торф и торфяные брикеты						
Всего:						

Сектор	Энергетика
--------	------------

Категория	Базовый подход (вспомогательный Лист 1-1 Исключенный углерод)				
Код категории	1А				
Лист	1 из 1 Вспомогательный				
Лист	1-1: Исключенный углерод				
	А Расчетное количество топлива	В Коэффициент преобразования (ТJ/единиц)	С Оценочное количество топлива (ТJ)	Д Содержание углерода (t С/ТJ)	Е Исключенны й углерод (Гг С)
Тип топлива			$C = A * B$		$E = C * D / 1000$
Сжиженный нефтяной газ <a>					
Этан <a>					
Лигроин <a>					
Доменный газ <a> 					
Газойль/Дизельное топливо <a>					
Другие виды керосина <a>					
Битум <c>					
Смазочные материалы <c>					
Парафины <c>					

Уайт-спирит <c>					
Нефтяной кокс <c>					
Кокс/Газовый кокс <d>					
Каменноугольная смола (легкие масла из угля) <e>					
Природный газ <g>					
Другие виды топлива <h>					
<p>Примечание: Поставки относятся к общему количеству поставленного топлива и не то же самое, как видимого потребления (где производство вторичного топлива исключено).</p> <p><a> Введите количество топлива, подаваемого в нефтехимическом сырье.</p> <p> Доменный газ, твердые парафины и уайт-спирит включены в статью "Прочие масла".</p> <p><c> Общий объем поставок.</p> <p><d> Поставки железа, стали и цветных металлов промышленности.</p> <p><e> Поставки для химической промышленности.</p> <p><f> Поставки для химической промышленности и строительства.</p> <p><g> Поставки для нефтехимического сырья и доменных печей.</p> <p><h> Используйте другие виды топлива, в эти строки вводить какие-либо другие продукты, в которых углерод может быть сохранен. Они должны соответствовать продуктам, приведенным в таблице 1-1.</p>					

Часть III. Промышленные процессы и использование продукции

ГЛАВА 1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

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

В данной главе рассмотрены:

- определение промышленных процессов и структура данных о промышленных процессах и

использовании продукции (1.1);

- несколько общих или комплексных вопросов (1.2), в том числе определение для выбросов от промышленных процессов и сжигания топлива (1.2.1) и национальные источники данных, которые могут быть использованы составителями кадастра выбросов парниковых газов (1.2.3);

- характер неэнергетического использования ископаемого топлива (1.3);

- полнота и отнесение выбросов CO₂ от неэнергетического использования топлива (1.4).

КЛАССИФИКАЦИЯ И СТРУКТУРА СЕКТОРА

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

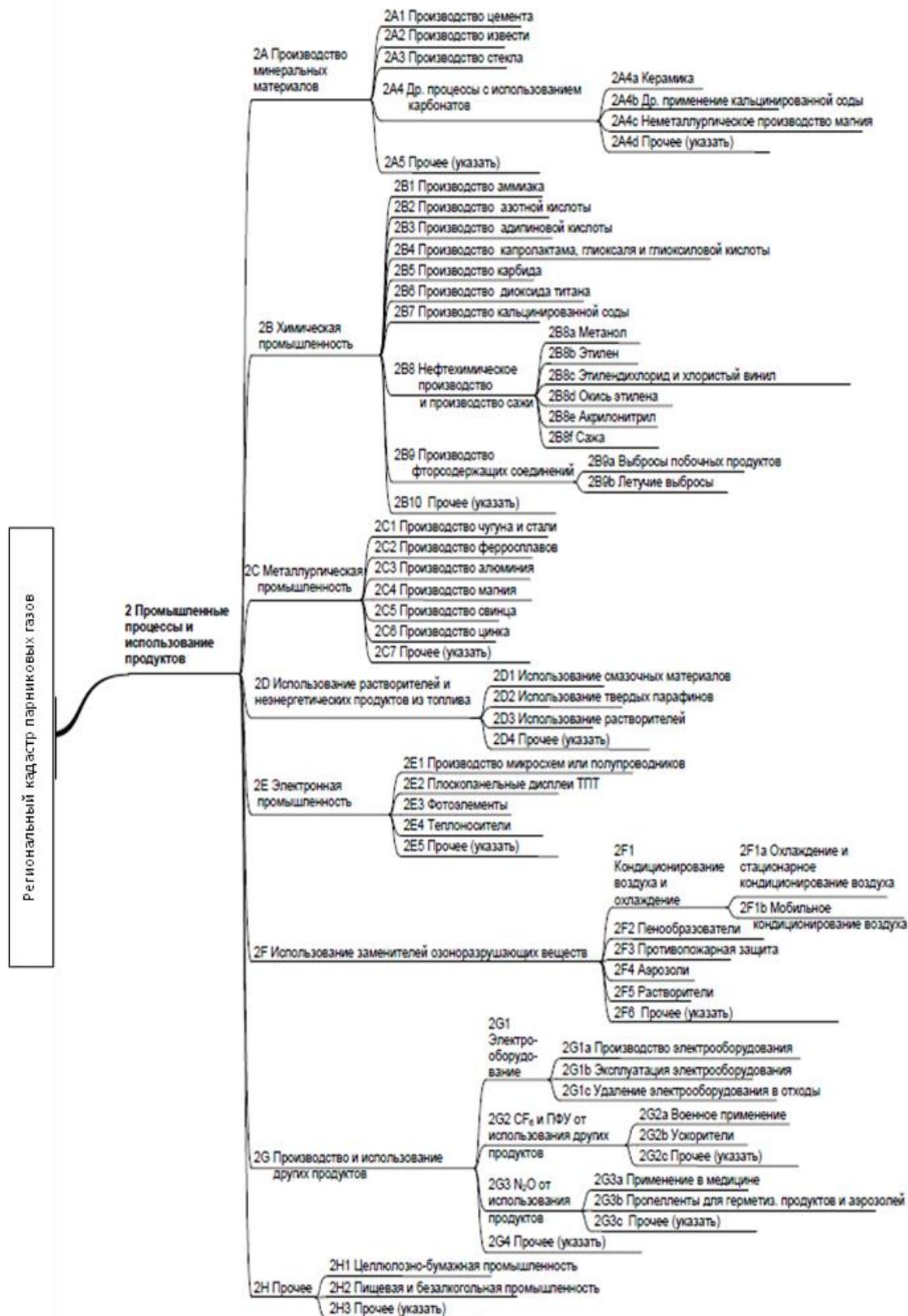


Рисунок 1.1 - Категории промышленных процессов

1.2 ОБЩИЕ И КОМПЛЕКСНЫЕ ВОПРОСЫ

1.2.1 Определение выбросов от промышленных процессов и сжигания топлива

Распределение выбросов от ископаемого топлива между сектором энергетики и сектором ППИП может быть затруднительно. Применение топлива в качестве исходного сырья или восстановителя часто приводит к образованию газов, которые можно сжигать с целью получения энергии процесса. Равным образом часть исходного сырья может сжигаться для получения тепла. Это может стать причиной неопределенности и неоднозначности в отчетах. Для того чтобы преодолеть это противоречие, в данных Методических рекомендациях рассмотрены практические рекомендации о том, в каких случаях выбросы CO₂ от сжигания топлива относить к категории "сжигание топлива" сектора "Энергетика", а в каких - к категории промышленных процессов. Соответствующее правило представлено в [блоке 1.1](#).

Проблемы, возникающие при отнесении выбросов CO₂ либо к сжиганию топлива, либо к промышленным процессам особенно заметны, если побочное топливо или отработанные газы транспортируют с места производства и сжигают в другом месте, в рамках другого вида деятельности. Поэтому был выработан принципиальный подход, представленный в [блоке 1.1](#), в котором дается определение для "сжигания топлива", а также критерий отнесения источника выбросов от побочного топлива либо к сектору ППИП, либо к сектору "Энергетика". В [разделе 1.3](#) даны общие сведения о характере неэнергетического использования ископаемого топлива с учетом его использования в качестве исходного сырья и восстановителя; а также о том, как неэнергетическое использование ископаемого топлива связано с его использованием в секторе "Энергетика".

1.2.2 Улавливание и снижение выбросов

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

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

Если на предприятии используется технология улавливания CO₂, то по правилам эффективной практики следует вычитать количество улавливаемого CO₂ при расчетах выбросов

более высокого уровня. Количества CO₂, предназначенные для более позднего использования и для краткосрочного хранения, не следует вычитать из выбросов CO₂, за исключением случаев, когда выбросы CO₂ учитываются в другом месте кадастра <2>. По умолчанию, в приводимых в разделе ПППИП методиках считается, что диоксид углерода не улавливается и не размещается на хранение. Любая методика, которая учитывает улавливание CO₂, должна принимать во внимание, что выбросы CO₂, улавливаемые при производстве, могут быть связаны как со сжиганием, так и с самим технологическим процессом на предприятии. Если требуются данные отдельно о выбросах от промышленных процессов и от сжигания, то составители кадастра не должны допускать того, чтобы одни и те же количества CO₂ были учтены дважды. В таких случаях общее количество улавливаемого CO₂ лучше указывать в соответствующей категории "сжигание топлива" и категории ПППИП пропорционально количествам CO₂ в этих категориях источников. Дополнительную информацию об улавливании и хранении CO₂ см. в общей части и в разделе "Энергетика".

<2> Например, производство мочевины (раздел 3.2) или использование CO₂ при производстве метанола (раздел 3.9), где CO₂ учитывается в конечном продукте.

Для других газов (кроме CO₂) по правилам эффективной практики необходимо убедиться в том, что более поздние выбросы уловленных газов были учтены по месту образования этих выбросов. Например, ГФУ-23, получаемый в качестве побочного продукта при производстве HCFC-22, извлекается из отходящего газа и затем используется в продуктах или процессах. Методы правильного учета уловленных газов, рассматриваются в разделе ПППИП в тех случаях, если к настоящему времени накоплено достаточно информации.

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

Блок 1.1

Отнесение выбросов CO₂ к выбросам от сжигания топлива или к выбросам от промышленных процессов

Сжигание топлива определяется по функциональному признаку как:

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

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

Топливо для поддержания процесса можно взять прямо из исходного сырья. Например, при производстве аммиака природный газ является и исходным сырьем, и топливом. В других случаях топливо для процесса можно получать непрямым

способом за счет использования побочного продукта переработки исходного сырья или использования восстановителя. Примерами служат отходящие газы, получаемые при производстве этилена методом парового крекинга нефти, или доменный газ из доменной печи.

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

Выбросы от сжигания топлива, полученного прямо или косвенно из исходного сырья для ППИП, как правило, относят к той части категории источника, к которой относится процесс (переработки исходного сырья). Обычно это категории источника 2В и 2С. Тем не менее, если полученное топливо транспортируют для сжигания в другой категории источников, то выбросы относят к соответствующей части категории источника в секторе "Энергетика" (обычно 1А1 или 1А2).

Два примера в качестве иллюстрации этого правила:

1. Если доменный газ полностью сжигается в границах сталелитейной промышленности (например, для нагрева воздуха дутья, энергетических нужд предприятия или для металлообработки), то выбросы относят к подкатегории 2С1 источника ППИП. Если часть газа транспортируют на электростанцию или в расположенный поблизости кирпичный завод для производства тепла, то выбросы относят к подкатегории источников (1А2f или 1А1a).
2. Если избыток метана или водорода, выделяющийся при паровом крекинге нефти, сжигают внутри нефтехимического предприятия для проведения других процессов, то выбросы относят к ППИП, 2В8. Напротив, если газы транспортируют в расположенный недалеко нефтеперегонный завод для использования в качестве топлива, то связанные с этим выбросы относят к подкатегории 1А1b (нефтеперегонка).

1.2.3 Источники данных

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

1. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Данные промышленной, в том числе региональной, статистики могут быть получены от центрального и региональных органов Росстата. На сайте Росстата (<http://www.gks.ru>) представлены электронные версии публикаций Росстата. С этого сайта по ссылке можно попасть на сайт Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), где представлены, в частности, данные о промышленном производстве в целом по Российской Федерации и по федеральным округам. На этом же сайте можно найти ссылки на сайты региональных органов Росстата.

2. Ежегодные "Государственные доклады о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации", размещенные на сайте Министерства природных ресурсов и экологии (<http://www.mnr.gov.ru/regulatory/>) в разделе "Государственные доклады и программы". Информация, которая приводится в этих докладах, может быть полезна

для определения компаний и предприятий, осуществляющих деятельность в области черной и цветной металлургии. Кроме того, в докладах приводятся данные об объемах производства цветных металлов.

3. Официальные сайты промышленных компаний и предприятий и представленные на них годовые отчеты для акционеров и инвесторов содержат сведения об объемах производства, применяемой технологии и контактную информацию, необходимую для составления запроса на данные.

4. "Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом" (2006-...) размещен на сайте РКИК ООН (http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/nationalinventoriessubmissions/items/8108.php).

5. Полезными могут быть отчеты компаний, выполняющих маркетинговые исследования рынков промышленной продукции: исследовательская группа Инфомайн (<http://informarket.ru>), агентство РБК Research (<http://marketing.rbc.ru/>), исследовательская компания Research.Techart (<http://research-techart.ru>) и другие.

Таблица 1.1

КАТЕГОРИИ ППИП И ВОЗМОЖНЫЕ ВЫБРОСЫ КАТЕГОРИИ ППИП

2 Промышленные процессы и использование продукции <1>, <2>	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	ГФУ	ПФУ	SF ₆	Другие галогеносодержащие газы
2А Производство минеральных материалов							
2А1: Производство цемента	X	*					
2А2: Производство извести	X	*					
2А3: Производство стекла	X	*					
2А4: Другие процессы с использованием карбонатов							
2А4а: Керамика	X	*					
2А4б: Другое использование кальцинированной соды	X	*					
2А4с: Неметаллургическое производство магнезия	X	*					
2А4д: Прочее	X	*					
2А5: Прочее	X	*	*				

2В Химическая промышленность							
2В1: Производство аммиака	X	*	*				
2В2: Производство азотной кислоты	*	*	X				
2В3: Производство адипиновой кислоты	*	*	X				
2В4: Производство капролактама, глиоксаля и глиоксиловой кислоты	*	*	X				
2В5: Производство карбида	X	X	*				
2В6: Производство диоксида титана	X	*	*				
2В7: Производство кальцинированной соды	X	*	*				
2В8: Нефтехимическое производство и производство сажи							
2В8а: Метанол	X	X	*				
2В8b: Этилен	X	X	*				
2В8с: Этилендихлорид и хлористый винил	X	X	*				
2В8d: Окись этилена	X	X	*				
2В8е: Акрилонитрил	X	X	*				
2В8а: Сажа	X	X	*				
2В9: Производство фторсодержащих соединений <3>							
2В9а: Выбросы побочных продуктов <4>				X	X	X	X
2В9b: Летучие выбросы <4>				X	X	X	X
2В10: Прочие	*	*	*	*	*	*	*
2С Metallургическая промышленность							
2С1: Производство чугуна и стали	X	X	*				
2С2: Производство ферросплавов	X	X	*				
2С3: Производство алюминия	X	*			X		
2С4: Производство магния <5>	X			X	X	X	X

2C5: Производство свинца	X						
2C6: Производство цинка	X						
2C7: Прочее	*	*	*	*	*	*	*
2D Неэнергетические продукты, связанные с использованием топлива и растворителей <6>							
2D1: Использование смазочных материалов	X						
2D2: Использование твердых парафинов	X	*	*				
2D3: Использование растворителей <7>							
2D4: Прочее <8>	*	*	*				
2: Электронная промышленность							
2E1: Микросхемы или полупроводники <9>	*		*	X	X	X	X
2E2: Плоскопанельные дисплеи на тонкопленочных транзисторах <9>				X	X	X	X
2E3: Фотоэлементы <9>				X	X	X	X
2E4: Жидкие теплоносители <10>							X
2E5: Прочее	*	*	*	*	*	*	*
2F Использование продуктов, заменяющих озоноразрушающие вещества							
2F1: Кондиционирование воздуха и охлаждение							
2F1a: Охлаждение и стационарное кондиционирование воздуха	*			X	X		*
2F1b: Мобильное кондиционирование воздуха	*			X	X		*
2F2: Пенообразователи	*			X	X		*
2F3: Противопожарная защита	*			X	X		*
2F4: Аэрозоли				X	X		*
2F5: Растворители <11>				X	X		*
2F6: Прочее	*	*	*	X	X		*

2G: Производство и использование другой продукции							
2G1: Электрооборудование							
2G1a: Производство электрооборудования <12>					X	X	*
2G1b: Использование электрооборудования <12>					X	X	*
2G1c: Утилизация электрооборудования <12>					X	X	*
2G2: SF ₆ и ПФУ от использования другой продукции							
2G2a: Продукта: военного назначения					*	X	
2G2b: Ускорители частиц <13>					*	X	
2G2c: Прочее					X	X	
2G3: N ₂ O от использования продукции							
2G3a: Продукта: медицинского назначения			X				
2G3b: Пропелленты для герметизированных продукции и аэрозолей			X				
2G3c: Прочие			X				
2G4: Прочие	*	*		*			*
2H Прочие							
2H1: Целлюлозно-бумажная промышленность <14>	*	*					
2H2: Пищевая и безалкогольная промышленность <14>	*	*					
2H3: Прочее	*	*	*				

<1> "X" указывает на то, что методическое руководство для этих газов включено в этот том.

<2> "*" указывает на газы, которые могут давать выбросы, но методическое руководство для этих газов отсутствует.

<3> Методики для уровней 2 и 3 применимы ко всем фторированным парниковым газам, а

именно к ГФУ, ПФУ, SF₆, NF₃ и др. В этих методиках все оценки основаны на измерениях (либо утечек из процессов, либо выбросов) и отражают выбросы, характерные для отдельных процессов. В методе уровня 1 применяются значения по умолчанию для выбросов ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 и для выбросов ГФУ, ПФУ и SF₆ от промышленных процессов. Известно также, что для других материалов (которые производятся по собственным технологиям производителей) применимы общие значения по умолчанию.

<4> "Другие галогенсодержащие газы" включают фторированные спирты, фторированные эфиры, NF₃, SF₅, CF₃.

<5> Считается, что количества CO₂, который применяется в качестве растворителя для SF₆ и выделяется при производстве магния, весьма незначительны и, как правило, подлежат учету в других местах кадастра. Здесь "другие галогенсодержащие газы" включают в основном фторированные кетоны.

<6> Выбросы от использования исходного сырья в нефтехимической промышленности следует относить к 2B8 "Нефтехимическое производство и производство сажи". Выбросы от некоторых видов использования продукции следует относить к соответствующей категории промышленных источников (например, CO₂ от угольных анодов и электродов относится к 2C "Металлургическая промышленность").

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

<8> Сюда относятся выбросы от битумного производства, дорожных и кровельных работ. Дополнительную информацию см. в разделе 5.4.

<9> "Другие галогенсодержащие газы" включают NF₃, цикло-C₄F₈O и т.д.

<10> Здесь "другие галогенсодержащие газы" включают C₄F₉OC₂H₅ (ГФЭ-7200), CHF₂OCF₂OC₂F₄OCHF₂ (H-Galden 1040x), CHF₂OCF₂OCHF₂ (HG-10) и пр.

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

<12> Во время подготовки Методических указаний не было известно о выбросах "других галогенсодержащих газов", но вероятно в будущем эти газы могут найти применение и будут давать выбросы.

<13> Во время подготовки Методических указаний не было известно о выбросах ПФУ и "других галогенсодержащих газов", но вероятно в будущем эти газы могут найти применение и будут давать выбросы.

<14> В данных Методических рекомендациях нет раздела, посвященного этим категориям, однако методическое руководство по выбросам CO₂ от использования карбонатов в этих отраслях промышленности представлено в [разделе 2.5 главы 2](#).

1.3 НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКОПАЕМОГО ТОПЛИВА

В разделе 1.1 было отмечено, что некоторые выбросы CO₂ от ископаемого топлива возникают вследствие использования, которое изначально не направлено на энергетические цели, а в этом разделе будут рассмотрены принципы оценки и составления отчетности о таких выбросах. Методы, используемые для оценки выбросов, описаны в специальных главах, посвященных категориям источников ППП (главы 3, 4 и 5). В данном разделе приводится дополнительная исходная информация относительно использования данных о неэнергетическом использовании, а также раскрыта связь между этими данными и использованием ископаемого топлива.

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

1.3.1 Типы использования

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

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

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

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

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

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

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

В дополнение к выбросам от первого использования углеводородов продукты, полученные из исходного сырья (метанол, этилен, сажа), и их производные могут давать дополнительные выбросы уже после их производства и продажи. Например, конверсия этилена в окись этилена приводит к значительным выбросам CO₂ от промышленных процессов ([раздел 3.9](#)).

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

Таблица 1.2

ТИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА ДЛЯ НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

Тип использования	Примеры типов топлива	Продукт/процесс	Глава
Исходное сырье	природный газ, масла, уголь	аммиак	3.2
	нафта, природный газ, этан, пропан, бутан, газойль, топливные масла	метанол, олефины (этилен, пропилен), сажа	3.9
Восстановитель	нефтяной кокс	карбиды	3.6
	уголь, нефтяной кокс	диоксид титана	3.7
	доменный кокс, угольная пыль, природный газ	чугун и сталь (первичные)	4.2
	доменный кокс	ферросплавы	4.3
	нефтяной кокс, смола (аноды) <1>	алюминий	4.4
	доменный кокс, уголь	свинец	4.6
	доменный кокс, уголь	цинк	4.7

Неэнергетический продукт	смазочные материалы	смазочные свойства	5.2
	твердые парафины	различные (например, свечи, покрытия)	5.3
	битум (асфальт)	дорожные и кровельные покрытия	5.4
	уайт-спирит, некоторые ароматические соединения	в качестве растворителя (краски, химическая чистка)	5.5
<p><1> Также используется при вторичном производстве стали (в электродуговых печах) (см. главу 4.2).</p>			

1.3.2 Учет выбросов CO₂ от использования ископаемого топлива в качестве исходного сырья и восстановителя

Идеально было бы проводить оценку выбросов от использования топлива в качестве исходного сырья и восстановителей на основании данных по конкретным предприятиям, которые используют такие процессы. Однако далеко не всегда имеются все необходимые сведения и, по крайней мере, для некоторых оценок может потребоваться региональная статистика о неэнергетическом использовании топлива. Чтобы определить, какие данные потребуются для оценки выбросов CO₂ от процессов, в которых топливные углеводороды используются в качестве исходного сырья или восстановителя, необходимо понять взаимосвязь между потоками углеводородов и национальными энергетическими данными. Применение термина "неэнергетическое использование" различается для разных стран и источников энергетических данных. Например, три категории, рассмотренные выше, в энергетических статистиках часто не объединяют в одну группу неэнергетического использования. В большинстве энергетических статистик топливо в доменных печах не учитывается как восстановитель, но учитывается конверсия топлива, в результате которой из угля и других исходных материалов получают доменный газ (см. далее). Такого подхода придерживается и Международное энергетическое агентство (МЭА). В своих отчетах оно выделяет категорию исходное сырье в виде примечания к энергетическому использованию в рамках химической отрасли промышленности, тогда как неэнергетические продукты, как было сказано выше, рассматриваются в графе "неэнергетическое использование".

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

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



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

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

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

При производстве этилена и других основных химических веществ методом парового крекинга, помимо основной продукции (поток 8) образуются топливные побочные продукты. Топливные побочные продукты частично используются для поддержания эндотермической реакции парового крекинга (поток 5), частично - в качестве топлива для других химических процессов (поток 6) и частично их используют в других секторах (поток 7, например, обратный

поток к нефтеперегонным установкам для объединения с перегоняемыми продуктами). В отличие от первичного производства чугуна и стали конверсию сырьевых углеводородов в топливные побочные продукты часто не относят к процессу энергетической конверсии в национальных энергетических статистиках, потому что данные о производстве топливных побочных продуктов, как правило, недоступны. Вместо этого общее количество загруженных углеводородов (включая углеводороды, которые перейдут в топливные побочные продукты) относят к использованию исходного сырья. В национальных энергетических статистиках тех стран, где известны объемы производства побочных продуктов, сжигание топливных побочных продуктов может рассматриваться как конечное энергетическое потребление и исключаться из неэнергетического использования.

При производстве синтез-газа, необходимого для получения аммиака, метанола и других химических веществ, углеводороды используются для получения синтез-газа в процессах парового риформинга или частичного окисления. Поскольку паровой риформинг - эндотермический процесс, то часть углеводородов сжигают в печи для поддержания реакции. Таким образом, часть углеводородов превращается в выбросы CO₂ от сжигания топлива, а другая часть образует выбросы от промышленных процессов. При конвенционном паровом риформинге сжигание и риформинг протекают в разных реакторах, поэтому могут существовать отдельные данные о потреблении углеводородов каждым из этих реакторов. В более совершенных процессах и при частичном окислении намного труднее провести четкое разделение между выбросами от сжигания и выбросами от промышленных процессов. Согласно правилу отнесения, представленному в [блоке 1.1](#), все выбросы от производства синтез-газа следует учитывать в секторе ППП.

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

В национальных энергетических статистиках может быть применено брутто-определение "неэнергетического использования" для этих процессов, в котором весь объем потребления углеводородов относится к неэнергетическому использованию. Можно также применять нетто-определение, которое заключается в вычитании из общего количества углеводородного сырья той части, которая была отнесена к конечному энергетическому использованию в процессе. В случае брутто-определения поток 1 приравнивается к потоку 3 на [рисунке 1.2](#), а потоки 2 и 4 отсутствуют. В случае нетто-определения углеводородное сырье (поток 1) разделяется на неэнергетическое использование (поток 3) и конечное энергетическое использование (поток 2). Кроме чистых брутто- и нетто-определений, иногда применяется смешанный подход в зависимости от имеющихся данных о процессах и топливе. При подготовке кадастра для конкретного региона нужно хорошо понять определение неэнергетического использования, чтобы избежать двойного учета либо пропуска выбросов CO₂ (см. [раздел 1.4](#)). В идеале должны быть известны данные для всех потоков на [рисунке 1.2](#). Однако далеко не всегда доступна вся информация, поэтому рассмотренное выше описание процессов и данных должно создавать ясную картину, необходимую для поиска ключевых данных для инвентаризации выбросов сектора ППП. Такими ключевыми данными являются количество топливного углерода, введенного в процесс (поток 1), количество углерода в продуктах (поток 8) и количество топливного побочного продукта, используемого в другой категории источников (поток 7; см. также [блок 1.1](#)). Оценку выбросов можно также проводить путем вычитания последних двух количеств из первого количества.

1.3.3 Выбросы от процессов нефтеперегонки

Нефтеперегонные заводы выпускают нефтепродукты для топливного и неэнергетического использования и одновременно производят водород, другие газы, полупродукты и основные химические вещества. Выбросы CO₂, связанные с потреблением топлива на поддержания работы нефтеперегонных заводов, относятся к выбросам сектора "Энергетика". Этот принцип реализуется даже в тех случаях, когда часть топлива, потребляемого на нефтеперегонном заводе, используется для поддержания производства химических продукции для продажи (например, пропилен или ароматических соединений). Обычно основные химические вещества производятся на нефтеперегонных заводах переработкой побочных продукции основного производства; они могут быть использованы в других нефтеперегонных процессах либо транспортированы на соседние нефтехимические заводы. Однако, при условии спроса на основные химические вещества, нефтеперегонные заводы могут приспособить производственный процесс для увеличения выпуска химических веществ с целью прямой продажи на рынке. Несмотря на присутствие этого вида деятельности, использование топлива для поддержки всех процессов все равно считается топливом для нефтеперегонного завода, и его выбросы относятся к выбросам сектора "Энергетика". Важно понять, что производство основных химических веществ на нефтеперегонных заводах с целью продажи считается вторичным видом деятельности в отличие от производства химических веществ на соседних или совмещенных нефтехимических заводах. Это согласуется с отдельной статистической классификацией этих двух видов экономической деятельности.

1.4 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОЛНОТЫ И КЛАССИФИКАЦИИ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

1.4.1 Введение

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

Для правильного выполнения процедуры КК необходимо иметь четкое понимание термина "неэнергетическое использование" (включая использование в качестве сырья в различных технологических процессах и использование в качестве восстановителя) и принципов классификации (см. [раздел 1.3](#) выше). Выбросы CO₂, связанные с окислением углерода в каждой из категорий источников выбросов, могут происходить при первом или последующих использованиях получаемой в технологических процессах продукции, а также при их разрушении продукции в конце ее жизненного цикла. Для того чтобы не допустить двойного учета, важно помнить, что некоторые выбросы CO₂ от продукции, получаемой из ископаемого топлива, учитываются в секторах "Энергетика" и "Отходы".

В общем виде эффективная практика включает проверку полноты всех видов топлива и источников, рассмотренных здесь, и описание того, как и в каком разделе кадастра они были учтены. Составители кадастра должны убедиться в том, что все ископаемое топливо, израсходованное на неэнергетические цели, учтено в кадастре, и убедиться в том, что величина выбросов CO₂ в кадастре согласуется с количеством углерода, содержащегося в этом топливе.

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

Проверяют, чтобы суммарное, рассчитанное снизу вверх количество выбросов CO₂ от неэнергетического использования ископаемого топлива, в различных подкатегориях, было полным и согласованным.

Проверяют баланс между поставками сырья и потребностью в исходном сырье (если разработчики кадастра располагают для этого соответствующими возможностями). При этом используются те же данные о сырье и о другом неэнергетическом использовании топлива и те же коэффициенты содержания углерода, что и при расчете исключенного углерода в базовом подходе к оценке CO₂ от сжигания топлива в секторе "Энергетика" (см. [том 2](#)).

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

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

1.4.2 Контроль качества по полноте

Проверка полноты учета выбросов CO₂ нацелена на проверку того, чтобы все значительные выбросы CO₂ от первого неэнергетического использования ископаемого топлива были учтены в каком-либо разделе кадастра, причем без двойного учета. Количество выбросов равно сумме выбросов CO₂ от: (а) топлива, используемого в качестве исходного сырья в химической промышленности; (б) топлива, используемого в качестве восстановителя в металлургии; (с) топливной продукции, окисленной в процессе использования (частично или полностью; прямые выбросы или выбросы углеродсодержащих не-CO₂ газов (ЛНОС, СО и СН₄), которые окисляются в атмосфере).

Последующие выбросы CO₂ могут иметь место в процессе обращения с отходами, если отработанные масла или продукты сжигают. Однако количество продукции, содержащей ископаемый углерод, которое ежегодно уничтожается в качестве отходов, не равно количеству, которое ежегодно расходуется для первого использования, потому что продукты, содержащие ископаемый углерод, могут быть ввезены в регион или вывезены из региона, либо они могут использоваться в течение нескольких лет до момента их уничтожения. Сложности, возникающие в связи с межрегиональными и экспортно-импортными потоками, относятся в равной степени к использованию продукции, изготовленной из исходного сырья, и к ее производным. Поскольку производные продукты также могут быть ввезены или вывезены, то выбросы от их использования (например, от производства окиси этилена или акрилонитрила) нельзя напрямую связывать с первым неэнергетическим использованием ископаемого топлива. По этой причине проверка полноты CO₂ ограничивается первым неэнергетическим использованием ископаемого углерода, которое приводит к выбросам, и не включает выбросы CO₂ от сжигания отходов. Другими

неэнергетическими источниками ископаемого CO₂ являются сжигание в факелах, удаление газов и прочие летучие (фугитивные) выбросы категории 1 В, которые также не входят в этот метод проверки полноты.

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

1.4.3 Отчетность и документация

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

Также рекомендуется сформулировать выводы, из которых должно быть ясно, имеется ли в кадастре значительный недоучет выбросов CO₂. Если значительные неучтенные выбросы имеются, то следует привести ориентировочную оценку величины неучтенного CO₂ и указать, к какой части кадастра относятся неучтенные выбросы.

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

Результаты проверки полноты учета выбросов CO₂ (если они имеются), по крайней мере, для базового года (если имеются необходимые данные) и для последнего отчетного года (в табличном формате).

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

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

1.5 ПРОЧИЕ ВОПРОСЫ

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

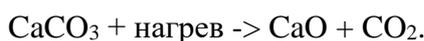
данной ключевой категории. Остальные подкатегории могут быть оценены с применением метода Уровня 1.

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

ГЛАВА 2. ВЫБРОСЫ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

2.1 ВВЕДЕНИЕ

В этой главе рассмотрены методы оценки выбросов диоксида углерода (CO₂) от использования карбонатного сырья при производстве различных видов продукции. 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, можно выделить три категории источников по их относительному вкладу в глобальные выбросы. Это производство цемента, производство извести и производство стекла. Помимо этих трех категорий источников в этой главе рассмотрены выбросы от использования карбонатов в других отраслях, включая производство керамики и неметаллургическое производство магнезии.

Известняк и другие карбонатные материалы потребляют также другие отрасли, не включенные в эту главу. Это использование карбонатов в качестве флюсов <3> и шлакообразователей <4>, при выплавке и очистке металлов (например, при производстве чугуна и стали) и в качестве сырья для химической промышленности (например, для производства удобрений). Методы оценки выбросов от использования карбонатов, рассмотренные в этой главе, применимы также к этим отраслям. По правилам эффективной практики выбросы от использования известняка, доломита и других карбонатов относят к той категории промышленных источников, где они происходят (например, к сталелитейной промышленности).

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

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

Методики оценки выбросов, описанные далее (как и во всем разделе "Промышленные процессы и использование продукции" (ППИП), рассматривают только выбросы, связанные с процессами, и не рассматривают выбросы, связанные с энергией. Составители кадастра должны учитывать энергетические выбросы от этих производств в секторе "Энергетика", не допуская двойного учета выбросов ни в секторе "Энергетика", ни в секторе ППИП. Например, расчет выбросов CO₂ от топлива, потребленного при производстве цемента, следует учитывать, как сжигание ископаемого топлива. Эти связанные со сжиганием выбросы должны быть отнесены к энергетическим выбросам, а не к ППИП (куда относятся только выбросы от кальцинирования).

Таблица 2.1

ФОРМУЛЫ, МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВЕСА И СОДЕРЖАНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА
ДЛЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ КАРБОНАТОВ <*>

Карбонат	Название минерала	Молекулярный вес	Коэффициент выброса (тонны CO ₂ /тонну карбоната) <*>
CaCO ₃	КАЛЬЦИТ <***> ИЛИ АРАГОНИТ	100,0869	0,43971
MgCO ₃	МАГНЕЗИТ	84,3139	0,52197
CaMg(CO ₃) ₂	ДОЛОМИТ <***>	184,4008	0,47732
FeCO ₃	СИДЕРИТ	115,8539	0,37987
Ca(Fe,Mg,Mn)(CO ₃) ₂	АНКЕРИТ <****>	185,0225 - 215,6160	0,40822 - 0,47572
MnCO ₃	РОДОХРОЗИТ	114,9470	0,38286
Na ₂ CO ₃	КАРБОНАТ НАТРИЯ ИЛИ КАЛЬЦИНИРОВАН НАЯ СОДА	106,0685	0,41492
<p><*> Окончательные результаты (т.е. оценки выбросов) с использованием этих данных следует округлить до не более двух значащих цифр.</p>			

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

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

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

Источник: (Межправительственная, 2006)

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

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

2.2 ПРОИЗВОДСТВО ЦЕМЕНТА

2.2.1 Вопросы методологии

При производстве цемента CO_2 образуется в процессе получения клинкера - зернистого промежуточного продукта, который затем тонко измельчают вместе с небольшой пропорцией сульфата кальция [гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 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. Цемент можно изготавливать целиком из импортного (или привезенного из другого региона) клинкера, в этом случае можно считать, что цементное предприятие дает нулевые выбросы CO_2 , связанные с процессом. Цементная пыль (ЦП) может образовываться в процессе изготовления клинкера. Оценка выбросов должна учитывать выбросы, связанные с ЦП.

При производстве кладочного цемента не происходит никаких дополнительных выбросов.

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

2.2.1.1 Выбор метода

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

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

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

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

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

Если на предприятии установлена и используется технология улавливания CO_2 , то в эффективной практике следует вычитать количество улавливаемого CO_2 в расчетах 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 учет выбросов от промышленных процессов и от сжигания (например, для производства цемента), то составители кадастра должны гарантировать, что одни и те же количества CO_2 не были учтены дважды. В таких случаях общее количество улавливаемого CO_2 лучше указывать в соответствующих категориях сжигания топлива и категориях источников ППИП пропорционально количествам CO_2 , произведенным в этих категориях источников.

Метод уровня 1: оценка производства клинкера по производству цемента

Как было отмечено выше, расчет выбросов CO_2 на основании объемов производства цемента (т.е. с использованием постоянного коэффициента выбросов, привязанного к цементу) не приемлем в эффективной практике. При отсутствии данных о загрузке карбоната или региональных данных о производстве клинкера, для оценки производства клинкера можно использовать данные о производстве цемента, учитывая при этом количества и типы произведенного цемента, а также содержание в нем клинкера и делая поправку на ввоз и вывоз

клинкера из региона. Учет ввоза и вывоза клинкера очень важен для оценки выбросов от этого источника. Выбросы от производства клинкера, произведенного в другом регионе или стране, не должны включаться в региональную оценку выбросов, поскольку эти выбросы были произведены и должны быть учтены в другом регионе или стране. Аналогично, выбросы от клинкера, который был вывезен из региона, должны быть включены в региональную оценку выбросов того региона, где этот клинкер был произведен. Затем применяется коэффициент выбросов для производства клинкера, и выбросы CO₂ рассчитывают по уравнению:

Уравнение 2.1

Уровень 1: оценка выбросов на основании производства цемента

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

где:

Выбросы CO₂ - выбросы CO₂ от производства цемента, тонны;

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

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

Im - ввоз в регион клинкера, тонны;

Ex - вывоз из региона клинкера, тонны;

EF_{clc} - коэффициент выбросов для клинкера, тонны CO₂/тонну клинкера.

Коэффициент выбросов, принятый по умолчанию, скорректирован на ЦП

Метод уровня 2: использование данных о производстве клинкера

Если полные и подробные данные (включая веса и составы) о карбонатах, израсходованных для производства клинкера не известны (уровень 3) или если строгий подход уровня 3 кажется неудобным по какой-либо другой причине, то для оценки выбросов по правилам эффективной практики используют групповые данные о производстве клинкера на уровне завода или региона и данные о содержании 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 CO₂ - выбросы CO₂ от производства цемента, тонны;

M_{cl} - вес (масса) произведенного клинкера, тонны;

E_{Cl} - коэффициент выбросов для клинкера, тонны CO_2 /тонну клинкера. Этот коэффициент выбросов для клинкера не скорректирован на ЦП;

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

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

1. Преобладающую часть гидравлического цемента составляет - портландцемент или аналогичный цемент, для которого требуется клинкер.

2. Содержание CaO в составе клинкера строго ограничено, а содержание MgO очень низкое.

3. Заводы, как правило, могут контролировать в жестких пределах содержание CaO в загрузке сырья и в клинкере.

4. Даже если для завода выпуск клинкера рассчитывают, а не измеряют напрямую, то несмотря на это, по данным аудита, обычно наблюдается хорошее соответствие между этими двумя результатами.

5. Содержание CaO в клинкере, выпущенном на конкретном заводе, практически не меняется на протяжении многих лет.

6. Основным источником CaO для большинства заводов является $CaCO_3$, и можно легко определить количества любых некарбонатных источников CaO , по крайней мере, на уровне завода (см. [раздел 2.2.1.2](#) далее).

7. При производстве клинкера достигается 100% (или очень близкое к 100%) кальцинирование исходного карбонатного материала, включая (обычно в меньшей степени) материальную потерю в системе в виде ЦП, не возвращаемой в процесс.

8. Заводские пылесборники очень хорошо улавливают всю ЦП, однако этот материал не обязательно возвращается в обжиговую печь.

Метод уровня 3: использование данных о карбонатах загрузки

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

2.2.1.2 Выбор коэффициентов выбросов метод уровня 1

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

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

по умолчанию (EF_{clc}):

Уравнение 2.3

Коэффициент выбросов для клинкера

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

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

Метод уровня 2:

Коэффициент выбросов для клинкера (EF_{cl}).

В методе уровня 2, если известны региональные данные о содержании CaO в клинкере и о потреблении некарбонатных источников CaO, то по правилам эффективной практики рассчитывают коэффициент выбросов CO_2 для клинкера, специфичный для конкретного региона. Как отмечалось выше, для расчета 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 остается стабильным в пределах 1 - 2 процентов. Базовый коэффициент выбросов по умолчанию (рекомендованный для уровня 1) основан на допущении о том, что клинкер на 65% состоит из CaO, что 100% CaO было получено из $CaCO_3$ и что при обжиге достигается 100% кальцинирование.

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

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

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

оценках выбросов от производства цемента при отсутствии данных о содержании СаО в клинкере, произведенном на цементных заводах региона.

Коэффициент выбросов по умолчанию не включает поправку на MgO. На каждый 1 процент MgO, полученный из карбоната, коэффициент выбросов равен дополнительным 0,011 тоннам 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 портландцементе весьма низкое, то реальное количество MgO из карбоната, по-видимому, очень незначительно. Поскольку допущение о том, что источником СаО на 100% является карбонат, уже дает завышенную оценку выбросов (вероятно, имеется какой-то небольшой вклад СаО от некарбонатных источников) и поскольку некоторое количество MgO, по-видимому, было произведено из некарбонатного источника, то поправка на MgO не требуется для расчетов 2-го уровня. О неопределенностях, 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 ее можно сразу направлять в обжиговую печь вместе с воздухом для горения, или (после улавливания) ее можно отправлять в отходы. Степень возврата ЦП обратно в печь зависит от того, будет ли это влиять на качество клинкера (например, на избыточное содержание щелочи) или производимого из него готового цемента. В той степени, в которой потери ЦП состоят из кальцинированного сырьевого карбоната, выбросы от этого кальцинированного сырья дают прибавление к выбросам от производства клинкера в расчетах уровня 1 и 2.

Поскольку данные о количестве произведенной ЦП могут быть скудными (за исключением, возможно, отчетности 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 в пределах 1,5% (дополнительного CO₂ по отношению к рассчитанному количеству CO₂ для клинкера) для современного завода или в пределах около 20% для завода, на котором теряется большое количество высоко кальцинированной ЦП. При отсутствии данных поправочный коэффициент для ЦП по умолчанию (CF_{ckd}) равен 1,02 (т.е. к CO₂, рассчитанному для клинкера, добавляется 2%). Если считается, что кальцинированная ЦП не теряется в системе, то поправочный коэффициент для ЦП будет 1,00.

Если данные известны, то поправочный коэффициент (CF_{ckd} в [уравнении 2.2](#)) для "потерянных" выбросов CO₂ можно рассчитать по уравнению 2.4.

Уравнение 2.4

Поправочный коэффициент для ЦП,
не возвращенной 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 возвращенной в обжиговую печь, тонны;

M_{cl} = вес произведенного клинкера, тонны;

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

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

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

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

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

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

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

2.2.1.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для уровня 1 следует собрать данные о типах производимого цемента и о доле клинкера в составе цемента с целью оценки производства клинкера на уровне региона. Самая большая часть производимого в мире гидравлического цемента - это либо портландцемент, либо смешанные (компазитные) цементы на основе портландцемента (т.е. портландцемент (или клинкер) плюс пуццолановые или вяжущие добавки), либо цементы кладочного типа (портландцемент плюс пластифицирующие материалы, такие как молотый известняк). Если производство цемента невозможно разгруппировать по типам цемента и если есть основания полагать, что помимо портландцемента 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 портландцемент, то в эффективной практике по умолчанию считают, что клинкер составляет 95%. К сожалению, даже если типы производимого в регионе цемента известны, фракция клинкера в цементе может значительно меняться в пределах одного типа смешанного или кладочного цемента. В таблице 2.2 представлены пределы содержания клинкера в различных цементах. Необходимо четко документировать все допущения относительно состава цемента и фракции клинкера, которые были использованы при оценке выбросов.

Таблица 2.2

ДОЛЯ КЛИНКЕРА В СМЕШАНОМ ЦЕМЕНТЕ "RECIPES" И ОБЩЕМ АССОРТИМЕНТЕ ПРОДУКЦИИ (НА ОСНОВАНИИ СТАНДАРТОВ США ASTM C-150 И C-595; ДАННЫЕ ДЛЯ США МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРА ДЛЯ ДРУГИХ СТРАН И РЕГИОНОВ)

Название цемента	Обозначение	Состав	% клинкера	Примечания		
Портланд	'PC'	100% PC	95 - 97 90 - 92	В некоторых штатах США допускается включение 3% молотого доменного шлака. Последние стандарты допускают включение < 5% молотого известняка.		
Кладочный	'MC'	2/3 PC	64	меняется в значительной степени		
Портланд, модифицированный шлаком	I(SM)	шлак < 25%	> 70 - 93			
Доменно-шлаковый портланд	IS	шлак 25 - 70%	28 - 70			
Пуццолановый портланд	IP и P	пуццолан 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 ПРОДУКЦИИ						
		Процент добавок (пуццолан + шлак) в смешанном цементе <*>				
Ассортимент продукции (портланд/смешанный цемент) <***>	0%	10%	20%	30%	40%	75%
100/0	95 - 97	0	0	0	0	0
0/100	0	85,5	76	66,5	57	23,8
15/85	14,2	86,9	78,9	70,8	62,7	26,4
25/75	23,8	87,9	80,8	73,6	66,5	41,6

30/70	28,5	88,35	81,7	75,1	68,4	45,2
40/60	38	89,3	83,6	77,9	72,2	52,3
50/50	47,5	90,3	85,5	80,8 <***>	76	59,4
60/40	57	91,2	87,4	83,6	79,8	66,5
70/30	66,5	92,2	89,3	86,5	83,6	73,6
75/25	71,1	92,6	90,1	87,8	85,4	77,1
85/15	80,8	93,6	92,2	90,7	89,3	84,3

Примечания:

<*> В зависимости от содержания шлака смесь относится к портланд и/или доменно-шлакововому портландцементу.

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

<***> Ассортимент продукции для страны, например, 75% общего производства составляет портланд, все 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% портландцемента и 50% смешанного цемента, при этом смешанный цемент содержит 70% портланда и 30% добавок.

Источник: (Межправительственная, 2006)

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

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо собрать данные о производстве клинкера. Эффективной практикой считается сбор данных о производстве клинкера непосредственно из региональных статистик или, еще 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 используется для расчета выбросов. По возможности следует собирать данные о количестве собранной ЦП и количестве возвращенной в цикл ЦП на заводах, а также данные о типичном составе ЦП и степени кальцинирования ЦП. Сбор данных от отдельных производителей (если они полные), в отличие от использования статистических данных, снизит неопределенность оценки, поскольку эти данные будут учитывать изменения на уровне заводов.

2.2.1.4 Полнота

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

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

Также необходимо проанализировать вероятность двойного учета. Например, составители кадастра должны просмотреть статистики, использованные для оценки выбросов от категории "Другие процессы с использованием карбонатов", чтобы выбросы, учтенные 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 учета, в эффективной практике выбросы, связанные со сжиганием, учитывают в разделе "Энергетика".

2.2.2 Оценка неопределенностей

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

Неопределенности коэффициентов выбросов

Для уровня 1 основной составляющей неопределенности является содержание (доля) клинкера в производимом цементе. Если достоверные данные о ввозе в регион и вывозе из региона клинкера не доступны, то оценка неопределенности для производства клинкера будет выше. Хотя поправочный коэффициент на ЦП по умолчанию сам по себе содержит очень высокую неопределенность, ее влияние на расчет общих выбросов меньше, чем влияние неопределенности, связанной с долей клинкера. Для уровня 2 основной источник неопределенности связан с определением содержания СаО в клинкере.

Таблица 2.3

ЗНАЧЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА

Неопределенность	Комментарий	Уровень
Химический анализ/состав		
2 - 7%	Допущение о том, что портландцемент содержит 95% клинкера	1
1 - 2%	Химический анализ клинкера на содержание СаО	2

3 - 8%	Допущение о том, что клинкер содержит 65% CaO	2
1 - 3%	Допущение о том, что 100% CaO получено из CaCO ₃ (неопределенность выше, если в сырье использовали, но не учли золу или шлак)	2
1%	Допущение о том, было достигнуто 100% кальцинирование карбоната, идущего на производство клинкера	2, 3
1 - 3%	Количественное определение керогена (или другого некарбонатного углерода)	3
1 - 3%	Общий химический анализ количественного содержания карбонатов и типов карбонатов	3
1 - 5%	Допущение о том, что все карбонаты - это CaCO ₃ (100%)	3
Данные о производстве		
1 - 2%	Отчетные (на уровне завода) данные о производстве цемента	1
35%	Допущение о том, что выпускается только портландцемент (100%)	1
10%	Использование оценочных данных (национальных статистик) по национальному производству (или сгруппированных данных по заводам)	1, 2
Переменная	Использование отчетных, но округленных, данных о весе цемента или клинкера (например, если в национальном отчете используются крупные единицы измерения); неопределенность равна одной единице в последней показанной значащей цифре	1, 2
1 - 2%	Взвешивание или расчет производства клинкера, при условии полной отчетности	2
1 - 3%	Неопределенность 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. Неопределенность предполагает, что 33 - 50% клинкера не возвращается в цикл. Если ЦП вообще не возвращается в цикл или если процент кальцинирования намного превосходит 50%, то неопределенность может быть 50% и более	
1%	Допущение о том, что исходные компоненты ЦП те же,	2, 3

	что и в сырьевой смеси	
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 возвращенной в обжиговую печь	2, 3
5 - 10%	Взвешивание ЦП, уловленной скрубберами и не возвращенной в обжиговую печь (другой вид утилизации)	2, 3
10 - 15%	Оценка веса ЦП, автоматически возвращенной в обжиговую печь	2, 3
20 - 30%	Оценка веса ЦП, если она не была извлечена или уловлена	2, 3
Импорт (ввоз)/экспорт (вывоз)		
10%	Данные о торговле клинкером (если тарифные коды выделены корректно и не включают цемент)	1
50% импорта (по весу)	Завышенная оценка вследствие того, что не был вычтен импорт клинкера из объемов потребления (это происходит, потому что в уравнении 2.4 CO_2 составляет примерно половину веса клинкера)	1
Источник: (Межправительственная, 2006)		

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

Неопределенности данных о деятельности

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

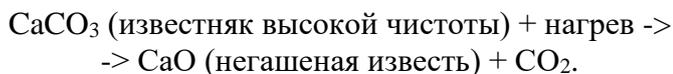
Хотя выбросы от ЦП намного меньше, чем выбросы от карбонатов, может присутствовать

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

2.3 ПРОИЗВОДСТВО ИЗВЕСТИ

2.3.1 Вопросы методологии

Оксид кальция (CaO или негашеная известь) образуется при нагревании известняка с разложением карбонатов. Этот процесс обычно проводят в шахтных или вращающихся печах при высоких температурах; процесс протекает с выделением CO₂. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к конечному продукту (целлюлоза и бумага, строительные материалы, очистка сточных вод, смягчение воды, контроль pH, закрепление грунта и т.д.), известняк с изначально высоким содержанием кальция перерабатывают согласно следующей реакции:



Доломит и доломитовые (с высоким содержанием магния) известняки также могут быть переработаны при высокой температуре с образованием доломитовой извести (и CO₂) согласно следующей реакции:



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

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

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

2.3.1.1 Выбор метода

Имеется три базовых методики оценки выбросов при производстве извести (так же, как при производстве цемента): метод, основанный на объеме выпуска с использованием значений по умолчанию (уровень 1); метод, основанный на объеме выпуска, в котором оцениваются выбросы от производства CaO и CaO-MgO и национальная или региональная информация для расчета

поправочных коэффициентов (уровень 2); и метод, основанный на загрузке карбонатов (уровень 3). В отличие от уровня 3, где требуется оценка на уровне завода, в уровнях 2 и 3 можно использовать либо региональные, либо (по возможности) заводские статистики. Выбор правильного метода эффективной практики зависит от национальных условий. Если производство извести является ключевой категорией для региона, необходимо выполнять оценку выбросов, используя методы уровня 2 и 3.

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

Метод уровня 1

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

Метод уровня 2

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

Уравнение 2.5

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

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

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от производства извести, тонны;

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

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

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

$C_{Гаш,i}$ = поправочный коэффициент на гашеную известь типа i , относительные единицы (см. описание в разделе 2.3.1.3 "Выбор данных о деятельности");

i = любой тип извести из перечисленных в таблице 2.4.

Метод уровня 3

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

2.3.1.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

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

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

Уравнение 2.6

Уровень 1: коэффициент выбросов по умолчанию для производства извести

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

Таблица 2.4

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ИЗВЕСТИ

Тип извести	Стехиометрическое отношение [тонны CO_2 на тонну CaO или $CaOMgO$]	Диапазон содержания CaO [%]	Диапазон содержания MgO [%]	Значение по умолчанию для содержания CaO или $CaOMgO$	Коэффициент выбросов по умолчанию [тонны CO_2 на тонну]

				[дробь]	известии]
Известь с большим содержанием кальция	0,785	93 - 98	0,3 - 2,5	0,95	0,75
Доломитовая известь	0,913	55 - 57	38 - 41	0,85	0,77
Гидравлическая известь	0,785	65 - 92	нет данных	0,75	0,59
Источник: (Межправительственная, 2006)					

Метод уровня 2

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

Уравнение 2.7

Уровень 2: коэффициенты выбросов для производства извести

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

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

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

где:

$EF_{\text{известь a}}$ = коэффициент выбросов для негашеной 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_{CaOMgO} = стехиометрическое отношение CO_2 и CaO-MgO (см. [таблицу 2.4](#)), тонны CO_2 /тонну CaO-MgO ;

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

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

2.3.1.3 Выбор данных о деятельности

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

Метод уровня 1

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

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

Метод уровня 2

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

известь с высоким содержанием кальция (CaO + примеси);

доломитовая известь (CaO-MgO + примеси);

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

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

Значительные количества ИП могут быть произведены в качестве побочного продукта при

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

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

Поправка на долю гашеной извести

Известь с высоким содержанием кальция и доломитовая известь могут быть гидратированы и превращены в гашеную известь, соответственно в $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-Mg}(\text{OH})_2$. По правилам эффективной практики поправку на гашеную 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 гашеной извести. Если x - это доля гашеной извести, а y - содержание воды в ней, то в эффективной практике количество произведенной гашеной извести умножают на поправочный коэффициент $1 - (x \cdot y)$. Поскольку в огромном большинстве случаев преобладает гашеная известь с высоким содержанием кальция (90%), то значения по умолчанию будут $x = 0,10$ и $y = 0,28$ (содержание воды по умолчанию), следовательно, поправочный коэффициент равен 0,97. Этот поправочный коэффициент по умолчанию для гашеной извести можно включить в уравнение 2.5.

2.3.1.4 Полнота

Для эффективной практики необходима полнота данных о деятельности (т.е. о производстве извести). Обычно отчетные 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 отчетах. Например, многие заводы, выпускающие сталь, синтетическую кальцинированную соду, карбид кальция, оксид магния и металлический магний, а также медеплавильные и сахарные заводы производят известь, но могут не сообщать об этом органам Росстата. Упущение этих данных может привести к заниженной оценке производства извести в два и более раз. Аналогично, может существовать сельское или кустарное производство извести для санитарных целей или побелки. Все производство извести должно быть учтено в этой категории источников независимо от того, предназначена известь, полученная в обжиговых печах, для продажи или это нетоварный промежуточный реагент.

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

производства извести.

2.3.2 Оценка неопределенностей

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

2.3.2.1 Неопределенности коэффициентов выбросов

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

Таблица 2.5

ЗНАЧЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ИЗВЕСТИ

Неопределенность	Комментарий	Уровень
4 - 8%	Неопределенность предположения о среднем содержании CaO в извести	1, 2
2%	Коэффициент выбросов для извести с большим содержанием кальция	1, 2
2%	Коэффициент выбросов для доломитовой извести	1, 2
15%	Коэффициент выбросов для гидравлической извести	1, 2
5%	Поправка на гашеную известь	1, 2
	Другие ошибки значений, которые возможны, если нетоварное производство извести не оценивается	1, 2, 3
1 - 2%	Неопределенность данных о производстве извести на уровне завода. Заводы обычно не определяют выпуск с большей точностью, чем эта. При условии полной отчетности	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%	Неопределенность взвешивания сырьевых материалов	3

	на уровне завода	
Источник: (Межправительственная, 2006)		

2.3.2.2 Неопределенности данных о деятельности

Неопределенность для данных о деятельности, вероятно, намного выше, чем для коэффициентов выбросов, о чем свидетельствуют опыт по сбору данных о производстве извести (см. выше [раздел 2.3.1.4 \(Полнота\)](#)). Пропуски в учете нетоварного производства извести могут дать заниженную на порядок оценку выбросов. Поправка на гашеную известь обычно приводит к дополнительной неопределенности.

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

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

2.4 ПРОИЗВОДСТВО СТЕКЛА

2.4.1 Вопросы методологии

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

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

Наибольшую часть стекольного сырья, которое выделяет CO_2 в процессе плавки, составляют известняк (CaCO_3), доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ и кальцинированная сода (Na_2CO_3). В меньшем количестве выделяют CO_2 такие сырьевые материалы, как карбонат бария (BaCO_3), костная зола ($3\text{CaO}_2\text{P}_2\text{O}_5 + \text{XCaCO}_3$), карбонат калия (K_2CO_3) и карбонат стронция (SrCO_3). Кроме того, для создания восстанавливающих условий в расплаве 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 негашеной извести или с обжигом доломитовой извести. Тем не менее такая плавка (в районе 1500 °С) дает такой же нетто-эффект в пересчете на выбросы CO₂.

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

Стеклобой приходит из двух источников: возврат стекла, разбитого на собственном предприятии в процессе производства, или другое (собственное) бракованное стекло, а также стеклобой из посторонних источников - из программ по вторсырью или брокерских услуг по стеклобою. Этот второй источник менее важен для регионов, в которых утилизация стекла не так распространена. Было показано, что удержание растворенного CO₂ в стекле относительно мало, и его можно проигнорировать при оценке выбросов парниковых газов.

2.4.1.1 Выбор метода

Метод уровня 1

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

Уравнение 2.8

Уровень 1: расчет выбросов от производства стекла

$$\text{Выбросы CO}_2 = M_g \cdot EF \cdot (1 - CR),$$

где:

Выбросы CO₂ = выбросы CO₂ от производства стекла, тонны;

M_g = масса произведенного стекла, тонны;

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

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

Метод уровня 2

Метод уровня 2 представляет собой улучшенный вариант метода уровня 1. Оценка выбросов базируется на данных о различных технологиях производства, применяемых в регионе. Как будет

описано ниже, в различных технологиях производства стекла (листовое стекло, тарное стекло, стекловолокно и т.д.) обычно используются различные типы и отношения сырьевых материалов. В методе уровня 2 применяются коэффициенты выбросов по умолчанию для каждой технологии производства. Оценка выбросов при этом должна быть скорректирована с учетом добавления в печь отходов стекла (стеклобоя) (уравнение 2.9). Если производство стекла является ключевой категорией для данного региона, оценка выбросов должна выполняться по методам уровня 2 или 3.

Уравнение 2.9

Уровень 2: расчет выбросов от производства стекла

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum [M_{gi} \cdot EF_i \cdot (1 - CR_i)],$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от производства стекла, тонны;

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

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

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

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

2.4.1.2. Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

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

Уравнение 2.10

Уровень 1: коэффициент выбросов по умолчанию
для производства стекла

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

Метод уровня 2

В методе уровня 2 коэффициенты выбросов по умолчанию и пропорции стеклобоя применяются к показателям производства различных типов стекла в регионе (таблица 2.6). Если

известны региональные данные или данные на уровне заводов, рекомендуется использовать их в дополнение или вместо значений по умолчанию, представленных далее. Пропорции стеклобоя могут значительно меняться.

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

Таблица 2.6

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ
И ДОЛЯ СТЕКЛОБОЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СТЕКЛА**

Тип стекла	Коэффициент выбросов (кг CO ₂ /кг стекла)	Доля стеклобоя (типичный диапазон)
Листовое	0,21	10% - 25%
Тарное (бесцветное)	0,21	30% - 60%
Тарное (желтое/зеленое)	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: (Межправительственная, 2006)		

2.4.1.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Данные о деятельности для уровня 1 включают региональные статистические данные о производстве стекла по весу, а также поправку на количество стеклобоя, использованного при производстве стекла. В уровне 1 делается допущение о том, что пропорция стеклобоя по умолчанию составляет 50%; поэтому чтобы оценить выбросы, данные о массе произведенного стекла на уровне региона умножают на $0,20 \cdot (1 - 0,50) = 0,10$ тонн CO₂/тонну стекла. Если для региона известна ежегодная пропорция использования стеклобоя, то рекомендуется модифицировать коэффициент выбросов следующим образом - $EF = 0,20 \cdot (1 - \text{пропорция}$

стеклобоя для данного региона).

Метод уровня 2

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

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

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

Таблица 2.7

ТОЛЩИНА И ПЛОТНОСТЬ ЛИСТОВОГО СТРОИТЕЛЬНОГО СТЕКЛА. СРЕДНИЙ ВЕС ТАРНОГО СТЕКЛА

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

2.4.1.4 Полнота

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

Кальцинированная сода во многих случаях является важнейшим сырьем для стекольного производства. Рекомендуется, чтобы составители кадастра убедились в отсутствии двойного учета выбросов от использования кальцинированной соды - в выбросах от производства стекла

(кальцинированная сода должна быть учтена в категории 2А3 (Производство стекла)) и выбросах от "Другого использования кальцинированной соды", о котором речь пойдет ниже. Важно иметь в виду, что в национальных статистиках могут быть не учтены многочисленные мелкие предприятия (например, по выпуску художественного стекла или стекла специального назначения). Надо добиться того, чтобы вся стекольная промышленность была учтена.

2.4.2 Оценка неопределенностей

Неопределенности коэффициентов выбросов

Аналогично цементу и извести, если выбросы от производства стекла оцениваются по загрузке карбоната (уровень 3), то неопределенность коэффициента выбросов (1 - 3%) будет относительно низкой, потому что коэффициент выбросов основан на стехиометрическом отношении. Может также присутствовать некоторая неопределенность (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 неопределенность уровня 2 будет выше, чем неопределенность уровня 3. Можно предполагать, что коэффициенты выбросов будут иметь неопределенность +/- 10%. Из [таблицы 2.6](#) видно, что типичный диапазон для пропорции стеклобоя варьируется в зависимости от типа стекла. Для анализа неопределенности можно допустить, что этот типичный диапазон отражает 95% доверительный интервал.

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

Неопределенности данных о деятельности

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

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 дает выбросов CO_2 и, следовательно, их не следует включать в национальный кадастр парниковых газов (см. [таблицу 2.9](#)).

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

Эффективная практика предусматривает описание выбросов от потребления карбонатов в той категории источников, где эти карбонаты были израсходованы и выделился CO_2 . Таким образом, если известняк используется для известкования почв, то выбросы должны быть учтены в соответствующей категории сектора "Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования (СХЛХДВЗ)". Если карбонаты используются как флюсы или шлакообразователи (например, при производстве чугуна и стали, химических веществ или для снижения загрязнения окружающей среды и т.д.), то выбросы должны быть учтены в тех категориях источников, где карбонаты были использованы. Как было отмечено выше, все товарное и нетоварное производство извести должно быть учтено в пункте "Производство извести". Особые категории источников, описанные далее (керамика, другое использование кальцинированной соды и неметаллургическое производство магнезии), должны быть учтены в категории "Производство минеральных материалов". Категория источников "Прочее" должна включать оценку выбросов, которые не попадают ни в одну из главных категорий, перечисленных в [таблице 2.9](#).

Керамика

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

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

Другое использование кальцинированной соды

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

учитываться в ней же (т.е. в категории использования).

Неметаллургическое производство магнезии

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

Магнезит (MgCO₃) - один из главных видов сырья при производстве магнезии и, в конечном итоге, плавленной магнезии. Имеется три главных категории продукции магнезии: кальцинированная магнезия, жженая 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). Жженая магнезия используется в основном для производства огнеупорных изделий, а плавная магнезия - в секторе огнеупорных и электроизоляционных материалов.

Магнезию получают кальцинированием MgCO₃, в результате которого выделяется CO₂ (таблица 2.1). Обычно при производстве кальцинированной магнезии выделяется 96 - 98% содержания CO₂, при этом почти 100% CO₂ выделяется в процессе последующего нагревания с образованием жженой магнезии. Производство плавной магнезии также приводит к выделению около 100% CO₂.

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 учета выбросов, которые уже были отражены в других категориях источников.

2.5.1.1 Выбор метода

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

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

Метод уровня 1

Метод уровня 1 основан на уравнении 2.12.

Уравнение 2.12

Уровень 1: расчет выбросов по массе потребленных карбонатов

$$\text{Выбросы CO}_2 = M_c \cdot (0,85EF_{Is} + 0,15EF_d),$$

где:

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

M_c = масса потребленных карбонатов, тонны;

EF_{1s} 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%, 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 85%/15%. Выбросы оценивают путем умножения количества потребленной кальцинированной соды на уровне региона на коэффициент выбросов по умолчанию для карбоната натрия (см. таблицу 2.1).

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

Таблица 2.8

СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ИЗВЕСТНЯКОВ И ДОЛОМИТОВ В КАРБОНАТНОМ
СЫРЬЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОМ В ОБЖИГОВЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ, %

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

Метод уровня 2

В методе уровня 2 количество CO_2 , выделившегося от использования известняка и доломита, оценивают исходя из анализа потребления и стехиометрии химических процессов. В методе уровня 2 используется уравнение подобное уравнению для уровня 1, но в методе уровня 2 требуются данные о количествах известняка и доломита, потребленных в регионе (уравнение

2.13). В эффективной практике не используют значения по умолчанию для фракции известняка и фракции доломита.

Уравнение 2.13

Уровень 2: метод расчета для других процессов с использованием карбонатов

$$\text{Выбросы CO}_2 = (M_{\text{Is}} \cdot \text{EF}_{\text{Is}}) + (M_{\text{d}} \cdot \text{EF}_{\text{d}}),$$

где:

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

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

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

Метод уровня 3

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

2.5.1.2 Выбор коэффициентов выбросов уровень 1 и уровень 2

Коэффициент выбросов для методик уровня 1 и уровня 2 рассчитывают по массе CO₂, выделившегося на единицу массы потребленного карбоната (см. [таблицу 2.1](#)). Различие между уровнем 1 и уровнем 2 состоит в данных о деятельности.

2.5.1.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

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

Метод уровня 2

Эффективная практика предполагает сбор данных о деятельности с целью определения общего количества потребленных карбонатов в каждом секторе конечного использования. Если данные, необходимые для определения потребленных карбонатов, не доступны по каждому

сектору конечного использования, то в эффективной практике собирают данные о потреблении известняка и доломита на региональном уровне. Аналогично методу уровня 1, если не известна степень кальцинирования, то в рамках эффективной практики делают предположение о том, что достигается 100%-ное кальцинирование. Составители кадастра не должны делать допущение о том, что весь потребленный в регионе известняк и доломит привел к выбросам CO₂. Например, известняк и доломит часто применяют в качестве заполнителя цемента в ряде процессов, и этот вид использования дробленого камня не приводит к выбросам (таблица 2.9).

2.5.1.4 Полнота

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

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

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

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

Таблица 2.9

КАРБОНАТЫ, ДАЮЩИЕ И НЕ ДАЮЩИЕ ВЫБРОСЫ ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Где были использованы карбонаты?	Дает ли источник выбросы?	Если да, то в каком месте следует учесть выбросы?
Сельское хозяйство:		
Агротехнический известняк	Да <*>	СХЛХДВЗ: 3С2 (Известкование)
Минеральный корм и камешки для скормливания домашней птице	Нет	

Другое использование в сельском хозяйстве	Нет	
Химическая промышленность и металлургия:		
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	ППИП: 2С (Металлургическая промышленность), промышленность по месту потребления; если не учтено в секторе "Энергетика" (для горючих отходящих газов, продаваемых другим потребителям)
Химическое сырье	Да <*>	Категория источника по месту потребления
Производство стекла	Да	ППИП: 2А3 (Производство стекла)
Поглощение оксида серы	Да <*>	Категория источника по месту потребления
Удобрения	Да <*>	ППИП: 2В (Химическая промышленность)
Керамика и минеральная вата:		
Керамика	Да	ППИП: Производство минеральных материалов: 2А4а (Керамика)
Минеральная вата	Да	ППИП: 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	
Другие наполнители	Нет	

Строительство:		
Применение в качестве мелкого и крупного минерального заполнителя	Нет	
Другие области применения:		
Обжиг магнезита	Да	ППИП: Производство неметаллургической магнезии 2А4с
Нейтрализация кислоты	Да <*>	Категория источника по месту потребления
Химические вещества	Нет	
Производство бумаги	Нет	
Абразивы	Нет	
Рафинирование сахара	Да	ППИП: Выбросы от производства извести на сахарных заводах должны учитываться в 2А2 (Производство извести); все прочие выбросы - в 2А4 (Другие процессы с использованием карбонатов)
Прочее	Да <*>, нет	Если да, то ППИП: 2А4 (Другие процессы с использованием карбонатов)
<*> Выбросы в результате реакции с кислотой. <***> Выбросы могут происходить в результате кальцинирования и/или реакции с кислотой.		

2.5.2 Оценка неопределенностей

Неопределенности коэффициентов выбросов

Теоретически неопределенность, 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 неопределенности присутствуют (отчасти) по причине изменения химического состава известняка и других карбонатов. Например, помимо карбоната кальция известняк может включать в меньших количествах магнезит, диоксид кремния и серу. При условии, что данные о деятельности были собраны правильно, и, следовательно, был применен правильный коэффициент выбросов, неопределенность, связанная с коэффициентом выбросов будет ничтожной. Может присутствовать некоторая неопределенность, связанная с допущением о чистоте известняка и доломита в тех случаях, когда доступны данные только о карбонатной породе (+/- 1 - 5%).

Неопределенности данных о деятельности

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

Сбор данных о деятельности для использования известняка и доломита может быть затруднен, поскольку имеется много разных областей конечного использования в различных отраслях, причем в некоторых из них выделяется CO₂, а в других нет. Если невозможно правильно идентифицировать ни один из видов использования, то неопределенность возрастает.

ГЛАВА 3. ВЫБРОСЫ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

3.1 ВВЕДЕНИЕ

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

[Раздел 3.2](#) посвящен выбросам от производства аммиака.

[Раздел 3.3](#) посвящен выбросам от производства азотной кислоты.

[Раздел 3.4](#) посвящен выбросам от производства адипиновой кислоты.

[Раздел 3.5](#) посвящен выбросам от производства капролактама, глиоксаля и глиоксиловой кислоты.

[Раздел 3.6](#) посвящен выбросам от производства карбида.

[Раздел 3.7](#) посвящен выбросам от производства диоксида титана.

[Раздел 3.8](#) посвящен выбросам от производства карбоната натрия (кальцинированной соды).

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

[Раздел 3.10](#) посвящен выбросам от производства фторированных соединений, т.е. выбросам ГФУ-23 при производстве ГХФУ-22 и выбросам летучих и побочных продуктов при производстве других фторированных соединений, включая гидрофторуглероды (ГФУ) и гексафторид серы (SF₆).

На практике выбросы CO₂, связанные с участием углерода в химических реакциях и в сжигании с целью получения энергии для проведения реакции, могут быть тесно взаимосвязаны между собой. Это может привести к ошибкам в оценке выбросов CO₂, связанным с:

- двойным учетом выбросов диоксида углерода (CO₂) в секторе ПШИП и в секторе "Энергетика";

- недооценкой выбросов CO₂.

В связи с этим следует уделять особое внимание определению источников выбросов CO₂ и корректности их оценок. Если на химическом предприятии внедрена технология улавливания CO₂, то количество фактически улавливаемого CO₂ следует вычитать при расчетах выбросов. При этом количество улавливаемого диоксида углерода определяется инструментально и подтверждается протоколами проведенных измерений. Руководство, посвященное улавливанию и последующему разрушению или использованию ГФУ-23 или других фторсодержащих веществ, представлено в [разделе 3.10](#). Однако стоит принимать во внимание, что выбросы CO₂, улавливаемые при производстве, могут быть связаны как со сжиганием, так и с технологическим процессом. Если необходимо проводить отдельный учет выбросов от промышленных процессов и от сжигания (например, в нефтехимической промышленности), то составители кадастра должны гарантировать, что одни и те же количества CO₂ не были учтены дважды. В таких случаях общее количество улавливаемого CO₂ лучше указывать в соответствующих категориях сжигания топлива и категориях ПППИ пропорционально количествам CO₂, произведенным в этих категориях источников. По умолчанию настоящей методикой предусматривается, что CO₂ не улавливается и не размещается на хранение.

3.2 ПРОИЗВОДСТВО АММИАКА

3.2.1 Введение

Аммиак (NH₃) является одним из основных веществ, применяемых в промышленности, и наиболее важным источником связанного азота для дальнейшего производства азотсодержащих соединений. Газообразный аммиак используется как удобрение, при производстве бумажной массы, азотной кислоты и нитратов, эфиров азотной кислоты и нитросоединений, взрывчатых веществ различного типа, а также в качестве хладагента. Из аммиака получают амины, амиды и многие другие органические соединения, например, мочевины (Межправительственная, 2006). Россия является крупным производителем аммиака, обеспечивая не только внутренние потребности страны, но и значительные экспортные поставки за рубеж (Золотарев П. с соавт., 2003).

Вопросы методологии

Производство аммиака может представлять собой крупный неэнергетический источник промышленных выбросов CO₂. Современный процесс промышленного получения аммиака основан на его прямой синтезе из азота (N₂) и водорода (H₂). Производство аммиака в промышленных условиях в общем виде включает следующие основные стадии (Межправительственная, 2006; ИнфоМайн, 2013; Мельников Е.Я. с соавт., 1983; Фримантл М., 1998; Бесков В.С., 1999):

1) очистка природного газа от сернистых соединений каталитическим гидрированием их до H₂S с его последующим поглощением ZnO;

2) каталитическая паровая конденсация природного газа при повышенном давлении в трубчатой печи (первичный риформинг: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$; $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$);

3) каталитическая паровоздушная конверсия остаточного метана в шахтном конверторе (вторичный риформинг) при повышенных давлении и температуре (на этом этапе водород обогащается азотом воздуха для получения смеси состава H₂:N₂ = 3, поступающей на синтез NH₃);

4) каталитическая конверсия CO в присутствии водяных паров до CO₂ и H₂ сначала при температуре более 400 °C на катализаторе Fe-Cr, затем при температуре 200 - 260 °C на катализаторе Zn-Cr-Cu;

5) очистка H₂ от CO₂ адсорбцией раствором моноэтаноламина (МЭА) или горячим раствором K₂CO₃ или сульфинола (алканоламин и тетрагидротиофендиоксид) или других веществ;

6) очистка газа от остаточных CO и CO₂ путем каталитического гидрирования;

7) компримирование очищенного газа до 30 МПа и каталитический синтез аммиака при 420 - 500 °C.

В результате химических реакций в качестве побочного продукта синтеза водорода образуется диоксид углерода (CO₂) - это основной источник прямых выбросов парниковых газов при промышленном производстве аммиака. Для поддержания необходимых технологических параметров процесса используется энергия, получаемая в результате сжигания топлива. Все выбросы от производства аммиака: выбросы, связанные с химическим процессом, и выбросы в результате сжигания топлива должны учитываться в секторе ПШИП.

Заводы, использующие для производства аммиака готовый водород и не производящие его из углеводородов, не дают выбросов CO₂ от процесса синтеза аммиака. Некоторое количество CO₂ также может выделяться на стадии очистки водорода от диоксида углерода при регенерации CO₂ из промывного раствора скруббера; в меньшем количестве выбросы происходят при отгонке конденсата (Межправительственная, 2006; Мельников Е.Я. с соавт., 1983; Фримантл, - М.: 1998).

Если на предприятии установлена и используется технология улавливания CO₂, то в эффективной практике при расчете выбросов 2 уровня следует вычитать количество улавливаемого CO₂. В большинстве случаев методики, которые учитывают улавливание CO₂, должны принимать во внимание, что выбросы CO₂, улавливаемые при производстве, могут быть связаны как со сжиганием, так и с процессом. Однако в случае производства аммиака нет разницы между выбросами от топлива и от исходного сырья - все они учитываются в секторе ПШИП. Подобным же образом, весь уловленный CO₂ должен быть учтен в секторе ПШИП. Дополнительную информацию об улавливании и хранении CO₂ см. в [разделе 1.2.2](#). При оценках 1 уровня предполагается, что CO₂ не улавливается и не размещается на хранение (Межправительственная, 2006).

3.2.2 Выбор метода

Выбор метода зависит от доступности региональных данных о предприятиях аммиачной промышленности. При отсутствии либо ограниченности данных применяют метод уровня 1 с коэффициентами по умолчанию. Выбросы CO₂ оценивают по общей потребности в топливе (топливо + сырье). Выбросы CO₂ от сжигания топлива для получения энергии отдельно в секторе "Энергетика" не учитываются.

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

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

Метод уровня 1

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

Уравнение 3.1

Выбросы CO₂ от производства аммиака - Уровень 1

$$E_{CO_2} = AP \cdot EF_{AP} - R_{CO_2},$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO₂, тонны;

AP = региональное производство аммиака, тонны;

EF_{AP} = коэффициент выбросов по умолчанию, тонны CO₂/тонну продукции аммиака;

R_{CO_2} = CO₂, извлеченный для дальнейшего использования (производство мочевины), тонны.

Расчет базируется на региональных данных по объемам производства аммиака в регионе. Количество CO₂, извлеченного для дальнейшего использования, можно оценить по количеству произведенной мочевины; для этого количество произведенной мочевины умножают на 44/60 (стехиометрическое отношение CO₂ к мочеvine). После того, как был вычтен CO₂, использованный для производства мочевины, по правилам эффективной практики необходимо убедиться в том, что выбросы от применения мочевины были учтены в другом месте кадастра. Если нет данных о производстве мочевины, то в эффективной практике делают допущение о нулевом извлечении CO₂.

Метод уровня 2

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

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

Уравнение 3.2

Общая потребность в топливе для производства аммиака - уровень 2

$$TFR_i = \sum (AP_{ij} \cdot FR_{ij}),$$

где:

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

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

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

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

Выбросы CO_2 рассчитывают по уравнению 3.3:

Уравнение 3.3

Выбросы CO_2 от производства аммиака - Уровень 2

$$E_{CO_2} = \sum (TFR_i \cdot CCF_i \cdot COF_i \cdot 44 / 12) / 1000 - R_{CO_2},$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO_2 , тонны;

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

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

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

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

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

Блок 3.1 - CO_2 , извлекаемый для использования в промышленности

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

Метод уровня 3

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

Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

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

В таблице 3.1 представлены коэффициенты выбросов МГЭИК по умолчанию (Межправительственная, 2006) и национальные коэффициенты выбросов, рассчитанные на основании оценок выбросов CO₂ от производства аммиака по методу уровня 2 МГЭИК в национальном кадастре выбросов парниковых газов (Российская, 2006 -...). Национальный коэффициент выбросов представляет собой значение, осредненное за последние 4 года. При оценке выбросов CO₂ от производства аммиака в региональном кадастре, если используется метод уровня 1, предпочтительным является использование национального коэффициента выбросов.

Таблица 3.1

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АММИАКА

	Коэффициент выбросов (тонны CO ₂ /тонну NH ₃)	Источник
Средний коэффициент выбросов МГЭИК по умолчанию для современных и старых заводов. В качестве сырья и топлива используется природный газ	2,104	Межправительственная, 2006
Национальный коэффициент выбросов	2,172	Российская, 2006 -...

Метод уровня 2

Данные об удельном потреблении топлива на тонну произведенного аммиака и объемы производства аммиака на уровне предприятия - это наиболее точные данные для расчета выбросов CO₂ от производства аммиака. По правилам эффективной практики значения коэффициентов углеродного содержания CCF и коэффициентов окисления углерода COF получают от производителей. Если это невозможно, по правилам эффективной практики используют национальные коэффициенты или коэффициенты МГЭИК по умолчанию. Использование национальных коэффициентов является предпочтительным при составлении регионального кадастра выбросов парниковых газов. Национальные коэффициенты углеродного содержания и окисления углерода представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

НАЦИОНАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ CO₂

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

Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

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

Метод уровня 2

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

Для метода уровня 2 требуются данные на уровне предприятия о выпуске аммиака и удельному потреблению природного газа на тонну произведенного аммиака. Если данные об удельном потреблении природного газа представлены в м³/тонну аммиака, можно использовать формулу 3.4 для перевода этих значений в ГДж/тонну.

Уравнение 3.4

Перевод значений удельного потребления
природного газа из м³/тонну в ГДж/тонну

Удельное потребление ПГ в ГДж/тонну =

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

Кроме того, необходимы данные предприятия о количестве CO₂, извлеченного для дальнейшего использования в других областях применения или хранения. Использование CO₂ для производства мочевины рассматривается в [Блоке 3.3](#). Данные об объемах производства мочевины могут быть получены в региональных органах Росстата, или в компаниях-производителях.

Блок 3.2 - Двойной учет

Во избежание двойного учета общее количество нефти или газа, израсходованное при производстве аммиака (топливо плюс сырье) следует вычесть из количества, указанного в графе использования энергии в секторе "Энергетика".

Кроме того, чтобы получить выбросы CO₂, следует из общего количества произведенного CO₂ вычесть количество CO₂, извлеченного для последующего производства мочевины. Выбросы CO₂ от применения мочевины следует учитывать в секторах по месту применения мочевины. В частности, выбросы от применения

мочевины в качестве удобрения следует включить в сектор "Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования (СХЛХДВЗ) (том 4). Выбросы от использования мочевины в автомобильных каталитических конвертерах следует учитывать в секторе "Энергетика" (том 2). Выбросы от любых других химических продуктов, производимых с использованием CO₂, извлеченного из процесса (например, выбросы от использования карбоновой кислоты), в предлагаемой методике относятся к сектору химической промышленности и не должны учитываться в других разделах ППП или в других секторах.

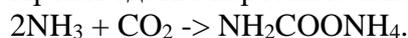
Блок 3.3 - Производство мочевины

Мочевина (CO(NH₂)₂) (или карбамид) является важным азотным удобрением с самым высоким содержанием азота, которое возможно для твердых удобрений. Мочевина также используется как добавка к белковой пище для жвачных животных, в производстве меламина, в качестве ингредиента при производстве смол, пластмасс, клеев, покрытий, антиурадных агентов для текстиля и ионообменных смол. Расширяется использование мочевины в качестве восстановителя в селективной каталитической реакции NO_x выхлопных газов от дизельных двигателей и бензиновых двигателей прямого впрыска. Выбросы от применения мочевины следует учитывать в секторах применения.

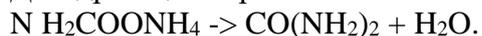
Производство мочевины, как правило, интегрировано с производством аммиака и осуществляется на тех же предприятиях. В процессе используется поток побочного CO₂ от производства аммиака вместе с аммиаком.

Мочевину получают при взаимодействии NH₃ и CO₂ с образованием карбамата аммония, который затем дегидратируется до мочевины по следующим реакциям.

Производство карбамата аммония:



Дегидратация карбамата аммония с образованием мочевины:



При условии полной конверсии NH₃ и CO₂ до мочевины, на каждую тонну мочевины требуется 0,733 тонн CO₂. Выбросы парниковых газов на современных заводах, по-видимому, невелики. Избыток NH₃ и CO₂ накапливается в технологической воде, которая насыщается в ходе реакции. Воду очищают с целью извлечения этих газов из технологической воды и возврата в синтез. Судя по типичной загрузке сырья на современных заводах, получается, что при производстве одной тонны мочевины улетает от 2 до 7 кг CO₂ (Межправительственная, 2006). Для завода производительностью 1000 тонн мочевины в сутки, при использовании мощностей около 90%, годовые выбросы CO₂ немного превысят 2 Гг.

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

Полнота

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

выбросов по методу уровня 1, чтобы обеспечить полноту в переходный период.

3.2.3 Оценка неопределенностей

Неопределенности коэффициентов выбросов

Неопределенности для значений коэффициентов выбросов по умолчанию составляют +/- 7% (Межправительственная, 2006). Неопределенности для коэффициентов выбросов по умолчанию отражают различия между заводами на различных территориях.

Неопределенности данных о деятельности

Данные о деятельности, полученные от производителей, по-видимому, наиболее точные (т.е. неопределенность составляет всего +/- 2%). Эта неопределенность включает оценки неопределенностей для использования топлива, производства аммиака и извлечения CO₂. Данные, получаемые от национальных статистических агентств, обычно не включают оценки неопределенностей. В эффективной практике информацию о погрешностях выборки запрашивают у национальных статистических агентств. Если значения неопределенностей не доступны из внешних источников, то можно применить значение по умолчанию +/- 5%.

3.3 ПРОИЗВОДСТВО АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

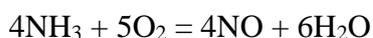
3.3.1 Введение

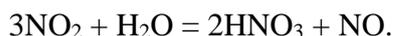
Азотная кислота используется в качестве сырья в основном при производстве азотных удобрений, а также может применяться для получения адипиновой кислоты и взрывчатых веществ (например, динамита), для травления металла и обработки черных металлов. При производстве азотной кислоты (HNO₃) в качестве нежелательного побочного продукта высокотемпературного каталитического окисления аммиака (NH₃) образуется оксид азота (N₂O). Выход N₂O зависит, в числе прочих, от условий окисления (давление, температура), состава и срока службы катализатора, от конструкции контактного аппарата и прочее (Межправительственная, 2006).

Россия является крупным производителем азотной кислоты и располагает значительными производственными мощностями по ее выпуску (около 14 млн. т/год), обеспечивая экспортные поставки и внутренний рынок. Около 95% производства кислоты сосредоточено в Приволжском и Центральном федеральных округах (МА ROIF Expert, 2014; ИнфоМайн, 2006). С целью снижения негативного воздействия на окружающую среду, все российские предприятия азотной кислоты оснащены установками по каталитической очистке выбрасываемых в атмосферу газов. Тем не менее, выбросы N₂O при производстве азотной кислоты являются значительными и подлежат оценке при составлении региональных кадастров (Межправительственная, 2006; Российская, 2006 -...).

Вопросы методологии

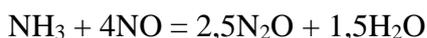
Современный процесс получения азотной кислоты основан на каталитическом окислении аммиака кислородом воздуха и включает следующие стадии:





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

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



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

3.3.2 ВЫБОР МЕТОДА

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

Метод уровня 1

Выбросы рассчитывают по уравнению 3.5:

Уравнение 3.5

Выбросы N_2O от производства азотной кислоты - уровень 1

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = EF \cdot \text{NAP},$$

где:

$E_{\text{N}_2\text{O}}$ = выбросы N_2O , кг;

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

NAP = объем производства азотной кислоты в регионе, тонны.

В методе уровня 1 по правилам эффективной практики считается, что выбросы не очищаются

от N₂O, и поэтому используется самый высокий коэффициент выбросов по умолчанию для данного производства (таблица 3.3).

Метод уровня 2

На практике возможна заметная разница в коэффициентах выбросов N₂O для разных предприятий по производству азотной кислоты, использующих различные технологии. Следовательно, для расчета выбросов N₂O при производстве азотной кислоты следует учитывать тип технологии производства. Если для оценки выбросов от производства азотной кислоты используются значения по умолчанию, то в рамках эффективной практики заводы подразделяют по типам и используют коэффициент образования N₂O для конкретного типа завода.

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

Уравнение 3.6

Выбросы N₂O от производства азотной кислоты - уровень 2

$$E_{N_2O} = \sum [EF_i \cdot NAP_i \cdot (1 - DF_j \cdot ASUF_j)],$$

где:

E_{N_2O} = выбросы N₂O, кг;

EF_i = коэффициент выбросов N₂O для технологии типа i , кг N₂O/тонну продукции азотной кислоты;

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

DF_j = коэффициент эффективности технологии очистки типа j , дробь;

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

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

Базовое уравнение для расчета выбросов N₂O включает дополнительные члены, в которых предусмотрено потенциальное использование технологий очистки от N₂O с учетом фактического времени его использования.

Метод уровня 3

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

Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

В рамках эффективной практики используется самый высокий коэффициент выбросов для каждой технологии (таблица 3.3) и принимается допущение о том, что очистка от выбросов N₂O не производится.

Метод уровня 2

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

В таблице 3.3 показаны коэффициенты выбросов для N₂O и связанные с ними неопределенности. Коэффициенты, представленные в таблице 3.3 для заводов, использующих неселективное каталитическое восстановление (НСКВ) (технология снижения выбросов NO_x, которая также снижает выбросы N₂O), уже учитывают очистку от N₂O. Для того чтобы использовать эти коэффициенты, необходимо убедиться в том, что очистные технологии имеются и применяются на заводах круглый год.

Таблица 3.3

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

Производственный процесс	Коэффициент выбросов N ₂ O (по отношению к 100%-ной кислоте)	Неопределенно сть коэффициентов выбросов
Заводы с НСКВ <a> (все процессы)	2 кг N ₂ O/тонну азотной кислоты	+/- 10%
Заводы, на которых N ₂ O разрушают в процессе синтеза или в остаточном газе	2,5 кг N ₂ O/тонну азотной кислоты	+/- 10%
Заводы, где процесс протекает при атмосферном (низком) давлении	5 кг N ₂ O/тонну азотной кислоты	+/- 10%
Заводы, где процесс протекает при среднем давлении	7 кг N ₂ O/тонну азотной кислоты	+/- 20%
Заводы, где процесс протекает при высоком давлении	9 кг N ₂ O/тонну азотной кислоты	+/- 40%
<a> Неселективное каталитическое восстановление (НСКВ). Источник: Межправительственная, 2006		

Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности должны быть представлены в пересчете на 100% HNO₃ - по правилам эффективной практики следует убедиться в том, что все данные о производстве представлены в пересчете на 100% HNO₃. Для этого количество азотной кислоты, представленное в моногидрате

надо умножить на дробь 63/81 в соответствии с молярными соотношениями.

Метод уровня 1

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

Для этого рекомендуется использовать следующие источники данных:

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

Однако стоит принимать во внимание, что статистика об азотной кислоте, может заниженной и не включать значительную часть данных, а именно, не учитывать выпуск слабой (неконцентрированной) кислоты, перерабатываемой на предприятиях-производителях в другую продукцию. Полностью учитывается производство товарной слабой кислоты и производство крепкой кислоты. Неконцентрированная азотная кислота, как правило, используется для внутривзаводского применения и практически не транспортируется. Мощности по ее производству сбалансированы с мощностями по переработке: производству аммиачной селитры, сложных удобрений, получаемых азотнокислым или азотно-сернокислотным разложением фосфатного сырья и для других целей. Поэтому при работе с данными следует уточнять, все ли произведенные объемы включены. При необходимости объем неконцентрированной азотной кислоты, используемой в производстве удобрений, может быть оценен косвенно по данным о производстве минеральных удобрений. Для этого используется информация по объемам производства минеральных удобрений в регионе, и на основе расходных коэффициентов (таблица 3.4) (Российская, 2006 -...) рассчитывается количество 100% азотной кислоты, которая была затрачена на производство этих удобрений. В таблице 3.4 перечислены минеральные удобрения, при производстве которых используется азотная кислота, и представлены расходные коэффициенты для оценки количества азотной кислоты, использованной для их производства.

Таблица 3.4

КОЭФФИЦИЕНТЫ РАСХОДА АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ НА ПРОИЗВОДСТВО МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, Т/Т

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

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

Метод уровня 2

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

Полнота

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

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

3.3.3 Оценка неопределенностей

Неопределенности коэффициентов выбросов

Неопределенности для значений коэффициентов выбросов по умолчанию представлены в [таблице 3.3](#).

Неопределенности данных о деятельности

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

3.4 ПРОИЗВОДСТВО АДИПИНОВОЙ (ГЕКСАНДИОНОВОЙ) КИСЛОТЫ

В мировой практике адипиновая (гександионовая) кислота используется при производстве многих видов продукции, включая синтетические волокна, покрытия, пластмассы, уретановые пены, эластомеры и синтетические смазки. Большое количество адипиновой кислоты применяется для производства нейлона. Наряду с этим, значительная часть адипиновой кислоты подвергается дальнейшей переработке до гексаметилендиамина, представляющий собой важный, для химической промышленности, мономер. Еще небольшую часть адипиновой кислоты превращают в диоктил (ди-2-этилгексил) - или дигексиловые эфиры, применяемые в качестве пластификаторов для эластичных марок поливинилхлорида, или в качестве высококипящего компонента синтетических моторных масел (Межправительственная, 2006). Несмотря на потребность российской промышленности в адипиновой кислоте в несколько десятков тыс. тонн, ее

производство в Российской Федерации на текущий момент отсутствует (Дружинина Ю.А. с соавт., 2008). Поэтому в рамках настоящих Методических рекомендаций методика оценки выбросов от данной категории источников не рассматривается. При необходимости, подробная методика дана в Руководстве МГЭИК (Межправительственная, 2006).

3.5 ПРОИЗВОДСТВО КАПРОЛАКТАМА, ГЛИОКСАЛЯ И ГЛИОКСИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

3.5.1 Введение

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

3.5.2 Капролактамы

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

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

<6> http://newchemistry.ru/item.php?n_id=138.

Синтез капролактама на российских предприятиях производят на основе ароматических углеводородов, главным образом, бензола <7>.

<7>
<http://www.kuazot.ru/page.php?Cat=6&ID=79&q=%EA%E0%EF%F0%EE%EB%E0%EA%F2%E0%E>
C.

3.5.2.1 ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ

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

Гидрирование в присутствии катализаторов. На выходе получается циклогексан.

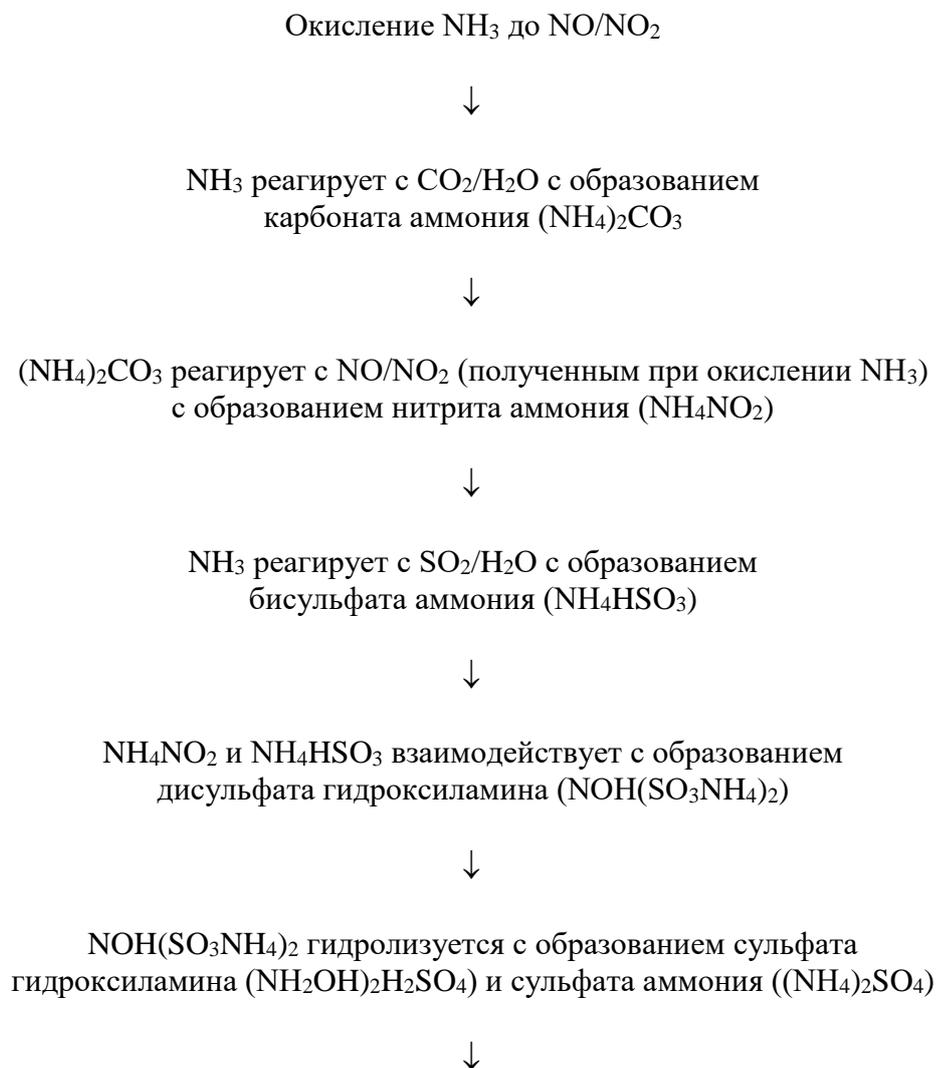
Жидкофазное окисление в присутствии солей жирных кислот (нафтинат или стеарат кобальта). На выходе получается циклогексанон.

Обработка водным раствором сульфата гидроксилamina в присутствии щелочей (получается циклогексаноноксим) с последующей обработкой концентрированной серной кислотой

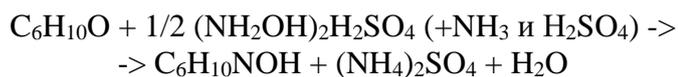
(перегруппировка Бекмана) <8>.

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

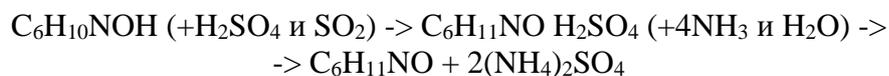
Классический способ Рашига и уравнения основных реакций синтеза капролактама из циклогексанона (Межправительственная, 2006):



Реакция циклогексанона:



Перегруппировка Бекмана:



Капролактама образуется в результате перегруппировки Бекмана при добавлении сульфата

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

3.5.2.2 Выбор метода

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

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

- постоянного мониторинга выбросов на предприятии, при котором выбросы измеряются постоянно (уровень 3);

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

- по данным нерегулярного отбора проб на предприятии с целью определения коэффициента выбросов, который умножают на объем производства капролактама и получают количество выбросов (уровень 2);

- либо умножением коэффициента выбросов по умолчанию МГЭИК на объем производства капролактама при отсутствии данных по выбросам на уровне предприятия (уровень 1).

Метод уровня 1

Выбросы рассчитывают по уравнению 3.7:

Уравнение 3.7

Выбросы N_2O от производства капролактама - уровень 1

$$E_{N_2O} = EF \cdot AD,$$

где:

E_{N_2O} = региональные выбросы N₂O, кг;

EF = коэффициент выбросов N₂O, кг N₂O/тонну продукции капролактама;

AD = объемы регионального производства капролактама, тонны;

В методе уровня 1 эффективной практики предполагается, что выбросы N₂O не улавливаются.

Метод уровня 2

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

Уравнение 3.8

Выбросы N₂O от производства капролактама - уровень 2

$$E_{N_2O} = \sum [EF_i \cdot CP_i \cdot (1 - DF_j \cdot ASUF_j)],$$

где:

E_{N_2O} = выбросы N₂O, кг;

EF_i = коэффициент выбросов N₂O для технологии типа i, кг N₂O/тонну продукции капролактама;

CP_i = производство капролактама по технологии типа i, тонны;

DF_j = коэффициент деструкции N₂O по технологии очистки типа j, дробь;

ASUF_j = коэффициент использования системы очистки по технологии j, дробь.

Базовое уравнение для расчета выбросов N₂O включает дополнительные члены, которые учитывают возможное внедрение технологий по очистке выбросов предприятия от N₂O. Коэффициент деструкции N₂O следует умножить на коэффициент использования очистной системы, чтобы учесть время эксплуатации оборудования по снижению выбросов.

Если региональные коэффициенты выбросов не доступны, то в эффективной практике допускается применять коэффициент, разработанный для сходного производства в другом субъекте РФ, либо применяют коэффициент МГЭИК по умолчанию (см. [таблицу 3.5](#)). Остальные параметры уравнения 3.8 берутся по данным предприятия по производству капролактама в регионе.

Метод уровня 3

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

3.5.2.3 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

В рамках эффективной практики используют коэффициент выбросов по умолчанию МГЭИК из таблицы 3.5, принимая допущение о том, что очистка выбросов от N₂O не производится (Межправительственная, 2006).

Таблица 3.5

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ МГЭИК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАПРОЛАКТАМА

Производственный процесс	Коэффициент выбросов N ₂ O (кг N ₂ O/тонну капролактама)	Неопределенность
По методу Рашига	9,0	+/- 40%
На основании данных заводов по производству азотной кислоты при высоком давлении. Источник: коэффициенты по умолчанию для производства азотной кислоты (См. таблицу 3.3 в этой главе).		

Коэффициент, приведенный в [таблице 3.5](#), основан на международных данных заводов по производству азотной кислоты при высоком давлении, что соответствует российским технологиям.

Метод уровня 2

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

3.5.2.4 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

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

Если нет данных на уровне региона, то можно использовать информацию о производственной мощности. В эффективной практике суммарную производственную мощность региона умножают на коэффициент использования мощностей 80% +/- 10% (т.е. от 60 до 100%).

Метод уровня 2

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

3.5.2.5 Полнота

Полнота требует учета выбросов от всех заводов по производству капролактама.

3.5.2.6 Оценка неопределенностей

Неопределенности коэффициентов выбросов

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

Неопределенности данных о деятельности

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

3.5.3 Производство глиоксаля и глиоксиловой кислоты

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

В России функционируют, главным образом, малотоннажные производства глиоксаля и глиоксиловой кислоты <9>, которые организованы в стране относительно недавно (2009 - 2012 гг.) (Михайлов В., 2012). Российское производство основано на отечественной технологии каталитического окисления этиленгликоля (этандиола) (CH_2OHCH_2OH) кислородом, находящимся в смеси воздуха с инертным газом и парами воды <10>. Согласно МГЭИК, производства глиоксаля по данной технологии не являются источником атмосферных выбросов парниковых газов (Межправительственная, 2006). Поскольку лишь часть глиоксаля перерабатывается в глиоксиловую кислоту, то выбросы от ее производства, вероятнее всего, будут очень незначительными. Поэтому в рамках настоящих Методических рекомендаций методика оценки

выбросов от данных категорий источников не рассматривается. При необходимости, подробная методика дана в Руководстве МГЭИК (Межправительственная, 2006).

<9> http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=7071.

<10> <http://bd.patent.su/2340000-2340999/pat/servlet/servlet3fd8.html>.

3.6 ПРОИЗВОДСТВО КАРБИДОВ

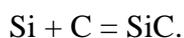
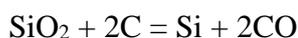
3.6.1 Введение

Производство карбида кремния (SiC) и карбида кальция (CaC₂) сопровождается выбросами парниковых газов. При производстве карбида могут выделяться диоксид углерода (CO₂) и метан (CH₄). Карбид кремния - важный искусственный абразив. Его производят из кварцевого песка и нефтяного кокса. Карбид кальция используется при производстве ацетилена, цианамида (в небольших количествах, в прошлом). Его получают из двух видов углеродсодержащего сырья - из карбоната кальция (известняк) и нефтяного кокса. Использование углеродсодержащего сырья в производственном процессе приводит к выбросам CO₂. Присутствие водородсодержащих летучих соединений в нефтяном коксе может привести к образованию и выбросам в атмосферу CH₄ (Межправительственная, 2006). В России производятся карбид кремния и карбид кальция в объемах, соответствующих потребностям внутреннего рынка. Более того, порядка 50% карбида кремния экспортируется за рубеж (AM ROIF Expert, 2014; ОАО "Волжский абразивный завод", 2008). Поэтому выбросы от данных производств могут быть значительными, и их необходимо учитывать при составлении региональных кадастров.

3.6.2 Вопросы методологии

CO₂ и CH₄ от производства карбида кремния

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



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



В процессе производства кварцевый песок и углерод смешивают в мольном отношении приблизительно 1:3. В процессе производства около 35% углерода нефтяного кокса переходит в карбид кремния, а оставшая часть в избытке кислорода превращается в углекислый газ и выбрасывается в атмосферу. Нефтяной кокс, используемый в процессе, может содержать летучие соединения, которые превращаются в метан. Некоторое количество метана поступает в атмосферу, особенно в начале процесса.

CO₂ от производства и потребления карбида кальция

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

Основные реакции получения карбида кальция:



Газ CO на большинстве заводов используют как источник энергии.

Блок 3.4 - Двойной учет

Во избежание двойного учета выбросы CO_2 от сжигания газа CO , образующегося в процессе производства CaC_2 , должны быть учтены в секторе ПШИП, а не в секторе "Энергия". Количество нефтяного кокса, применяемого в производственном процессе, следует вычесть из сектора "Энергетика" как неэнергетическое использование нефтяного кокса.

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

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

Производство и использование ацетилена для сварки можно описать реакцией:



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

Блок 3.5 - Отнесение выбросов от производства CaO

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

3.6.2.1 Выбор метода

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

CO_2 и CH_4 от производства карбида

Метод уровня 1

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

Уравнение 3.9

Выбросы от производства карбидов - уровень 1

$$E_{\text{CO}_2} = AD \cdot EF,$$

где:

E_{CO_2} = региональные выбросы CO_2 , тонны;

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

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

Имеется два основных варианта:

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

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

$$\begin{aligned} & \text{Поправочный коэффициент для SiC} = 0,35 = \\ & = \text{Коэффициент выбросов} = 0,65 \cdot \text{CCF} \cdot \text{COF} \cdot 44/12; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Поправочный коэффициент для CaC}_2 = 0,67 = \\ & = \text{Коэффициент выбросов} = 0,33 \cdot \text{CCF} \cdot \text{COF} \cdot 44/12. \end{aligned}$$

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

Уравнение 3.9 также можно использовать для оценки выбросов CH₄, где EF - это соответствующий коэффициент выбросов для CH₄.

В расчет выбросов от CaC₂ необходимо включить выбросы CO₂, которые косвенно относятся к CaC₂, потребляемого при производстве ацетилена. Уравнение 3.9 можно применять, если AD - это количество потребленного CaC₂, а EF - коэффициент выбросов, связанный с этим использованием. В методе уровня 1, в рамках эффективной практики, делают консервативное допущение о том, что весь CaC₂, потребленный при производстве ацетилена, дает выбросы CO₂ (Межправительственная, 2006).

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 требуются данные на уровне предприятия о выпуске карбида и о содержании углерода в продукте. Для CaC₂ также требуются данные об использовании в регионе CaC₂ для производства ацетилена сварки. Выбросы от производства и использования можно рассчитать по уравнению 3.9 с помощью коэффициентов МГЭИК. Если ацетилен производится из CaC₂ в другом субъекте РФ и количество потребленного для этой цели CaC₂ неизвестно, то по правилам эффективной практики этот факт следует задокументировать. В этом случае учет выбросов от использования карбида кальция должен быть выполнен в том регионе, где CaC₂ был использован для производства ацетилена сварки.

Метод уровня 3

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

3.6.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

В методе уровня 1 используются значения по умолчанию CCF, COF и содержания С в продукте, там, где в расчете используется расход нефтяного кокса. А если расчет основан на производстве карбида, то используются коэффициенты выбросов МГЭИК из таблицы 3.6 и 3.7. В обоих случаях применяется коэффициент выбросов МГЭИК для использования CaC₂ (Межправительственная, 2006).

Таблица 3.6

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ МГЭИК ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ CO₂ И CH₄ ОТ ПРОИЗВОДСТВА КАРБИДА КРЕМНИЯ

Процесс	Коэффициент выбросов (тонны)	Коэффициент выбросов (кг CH ₄ /тонну)	Коэффициент выбросов (тонны)	Коэффициент выбросов (кг CH ₄ /тонну)
---------	------------------------------	--	------------------------------	--

	СО ₂ /тонну сырья)	сырья)	СО ₂ /тонну продукции карбида)	продукции карбида)
Производство карбида кремния	2,30	10,2	2,62	11,6
Источник: (Межправительственная, 2006)				

Таблица 3.7

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ МГЭИК ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ СО₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ КАРБИДА КАЛЬЦИЯ

Процесс	Коэффициент выбросов (тонны СО ₂ /тонну сырья)	Коэффициент выбросов (тонны СО ₂ /тонну произведенного карбида)
Использование нефтяного кокса	1,70	1,090
Использование продукта	не применимо	1,100
Источник: (Межправительственная, 2006)		

Метод уровня 2

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

3.6.2.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

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

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

Метод уровня 2

Данные о деятельности, необходимые для метода уровня 2, включают данные на уровне предприятий о производстве карбида и о потреблении СаС₂ для производства ацетилена для сварки.

3.6.2.4 Полнота

Заводы по производству карбида, как правило, хорошо известны. Данные о производстве карбида кальция и кремния учитываются органами Росстата. Данные о потреблении нефтяного кокса можно получить прямо от заводов по производству карбида. Сбор данных о деятельности и расчет выбросов осложняются тем, что ацетилен, образующийся из CaC_2 , не всегда производится на том же заводе, что и CaC_2 . Это следует иметь в виду при использовании методов высокого уровня, при этом выбросы от использования CaC_2 должны учитываться по месту их образования. Например, в случае ацетилена для сварки, если ацетилен производится в другом месте (не там, где CaC_2), то выбросы учитывают по месту производства ацетилена.

3.6.3 Оценка неопределенностей

Неопределенности коэффициентов выбросов

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

В эффективной практике оценку неопределенностей проводят на уровне завода - такие неопределенности должны быть меньше, чем неопределенности, связанные со значениями по умолчанию.

Неопределенности данных о деятельности

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

3.7 ПРОИЗВОДСТВО ДИОКСИДА ТИТАНА

3.7.1 Введение

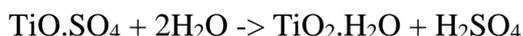
Диоксид титана (TiO_2) - один из наиболее распространенных белых пигментов, который используется, главным образом в лакокрасочной промышленности, а также при производстве пластмасс, резины, керамики, текстиля, напольных покрытий, типографских красок и многих других изделий (Межправительственная, 2006). Значительная часть потребляемого в России диоксида титана производится внутри страны сульфатным способом, однако некоторая доля TiO_2 вырабатывается и на основе хлоридного способа (Волков В.И с соавт., 2003). Хлоридный способ в российской химической промышленности стал развиваться относительно недавно, однако вклад его в общее производство диоксида титана в последние годы увеличивается <11>. Поскольку использование данной технологии приводит к образованию выбросов диоксида углерода (CO_2), и их следует учитывать при проведении инвентаризации в регионах, на территории которых

расположены соответствующие предприятия (Межправительственная, 2006). Стоит отметить, что в настоящем разделе все продукты диоксида титана будут называться "диоксидом титана" в том случае, если нет необходимости делать различие между этими продуктами. Описание касается титанового шлака, синтетического рутила (> 90% TiO₂) и рутилового TiO₂.

<11> http://www.creonenergy.ru/upload/iblock/45a/Latisheva_Arikom.pdf.

3.7.2 Вопросы методологии

В промышленности TiO₂ может производиться в двух модификациях: анатазный и рутиловый, которые отличаются по структуре кристаллической решетки и концентрации TiO₂ в конечном продукте. TiO₂ (анатаз) чаще всего получают обработкой ильменитовой руды (титаната железа (FeO.TiO₂)) серной кислотой (сульфатный способ) или из титанового шлака. Уравнения основных реакций для способа с кислотным разложением (Межправительственная, 2006):

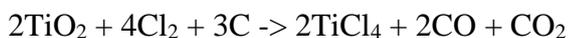


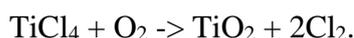
При сульфатном способе производства, который является основным в России, не образуется значительных выбросов парниковых газов.

В производстве TiO₂ существует три технологических процесса, которые приводят к выбросам парниковых газов: производство титанового шлака в электродуговых печах, производство синтетического рутила по Вечер процессу и производство рутилового TiO₂ по хлоридному способу.

Титановый шлак, используемый для получения анатазного TiO₂, производят методом восстановительной плавки ильменита в электродуговых печах. Если используется титановый шлак, то стадия восстановления в кислотной среде не требуется, поскольку при плавке в электродуговой печи уменьшается содержание железа (III), которое присутствует в исходном ильмените в качестве примеси. Рутиловый TiO₂ можно получить путем последующей обработки анатазного TiO₂. Выбросы в данном промышленном процессе являются следствием использования восстановителя.

При производстве синтетического рутила по Вечер процессу может выделяться CO₂. В этом процессе оксид железа в составе ильменита восстанавливается до металлического железа, которое затем вновь окисляется до оксида железа; диоксид титана при этом выделяется в виде синтетического рутила 91 - 93% чистоты (Межправительственная, 2006). В качестве восстановителя применяется каменный уголь, и выбросы CO₂ следует рассматривать как выбросы от промышленных процессов. Основной способ производства рутилового TiO₂ - это хлоридный способ. Рутиловый TiO₂ получают карботермическим хлорированием рутиловой руды или синтетического рутила с образованием тетрахлорида титана (TiCl₄) и окислением паров TiCl₄ до TiO₂ в соответствии со следующими реакциями:





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

3.7.2.1 Выбор метода

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

Метод уровня 1

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

Уравнение 3.10

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

$$E_{\text{CO}_2} = \sum (AD_i \cdot EF_1),$$

где:

E_{CO_2} = региональные выбросы CO_2 , тонны;

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

EF_1 = коэффициент выбросов CO_2 на единицу продукции титанового шлака, синтетического рутила или рутилового TiO_2 (продукт i), тонны CO_2 /тонну продукта.

Метод уровня 2

В Руководящих принципах МГЭИК содержатся более точные методы оценки выбросов от производства диоксида титана, однако их применение требует детальных данных на уровне предприятий (Межправительственная, 2006). Учитывая то, что хлоридный тип производства, приводящий к выбросам, в настоящий момент не является доминирующим в России, следует ожидать, что суммарные выбросы от данной категории будут не столь значительными. Поэтому в рамках Методических рекомендаций применение уровня 1 предполагается достаточным.

Блок 3.6 - Двойной учет

Во избежание двойного учета, количества электродного углерода, угля-восстановителя и нефтяного кокса, израсходованные по хлоридному способу, следует вычесть из количества энергетического и неэнергетического использования, указанного в секторе "Энергетика".

3.7.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

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

Таблица 3.8

КОЭФФИЦИЕНТЫ МГЭИК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДИОКСИДА ТИТАНА (ТОННЫ CO_2 НА ТОННУ ПРОДУКТА)

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

3.7.2.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

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

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

умножают на коэффициент использования мощностей 80% +/- 10% (т.е от 70 до 90%).

3.7.2.4 Полнота

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

3.7.3 Оценка неопределенностей

Неопределенности коэффициентов выбросов

Неопределенности для значений по умолчанию были выведены на основании мнения экспертов и представлены в [таблице 3.8](#).

Неопределенности данных о деятельности

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

3.8 ПРОИЗВОДСТВО КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ (КАРБОНАТА НАТРИЯ)

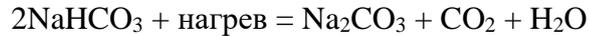
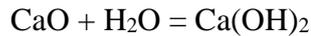
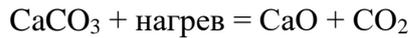
3.8.1 Введение

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

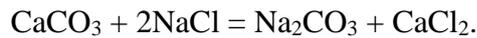
3.8.2 Производство кальцинированной соды

По аммиачному методу Сольве

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



Суммарная реакция выглядит так:



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

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

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

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

Процесс комплексной переработки нефелин-содержащих руд

В основе производства соды по данной технологии лежат нефелин-содержащие руды, к которым относят нефелиновые и нефелин-апатитовые. Нефелин представляет собой минерал, содержащий группы щелочных алюмосиликатных пород $((\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}) \text{Al}_2\text{O}_3(2 + n)\text{SiO}_2$, где n изменяется от 0 до 2). Состав руд непостоянен и может существенно меняться для различных месторождений. При производстве кальцинированной соды руды подвергают комплексной переработке. Способ переработки выбирается в зависимости от специфики конкретного производства. В результате образуются растворы карбонатов или гидроксидов щелочных металлов (Na , K), которые затем направляются на непосредственное производство соды. Технологический процесс переработки полученного раствора состоит из следующих основных стадий:

- нейтрализации исходного раствора;
- концентрационной выпарки раствора и растворения в нем двойной соли;
- первой стадии выделения соды;
- выделения сульфата калия;
- второй стадии выделения соды;

- выделения двойной соли;
- выделения хлорида калия;
- выделения карбоната калия (поташа).

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

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

Блок 3.7 - Двойной учет

Во избежание двойного учета выбросы CO_2 от производства кальцинированной соды должны быть учтены в секторе ППИП, а не в секторе "Энергия". Кокс, применяемый в производственном процессе Сольве, должен быть вычтен из сектора "Энергетика" как неэнергетическое использование кокса.

3.9 НЕФТЕХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПРОИЗВОДСТВО САЖИ

3.9.1 Введение

В нефтехимической промышленности в качестве сырья используются ископаемые виды топлива (например, природный газ) или продукты перегонки нефти (например, лигроин). В этом разделе представлено руководство по оценке выбросов CO_2 и CH_4 от производства метанола, этилена и пропилена <12>, этилендихлорида, этиленоксида (оксирана, окиси этилена), и акрилонитрила, а также от производства сажи (технического углерода), которая непосредственно не считается нефтехимическим продуктом; однако в процессе ее производства используется нефтехимическое сырье. Однако существуют также другие нефтехимические процессы, в которых выделяется некоторое количество парниковых газов и для которых не предусмотрено специальное руководство (например, для производства стирола).

<12> Обратите внимание, что нет отдельной методики инвентаризации для пропилена. Пропилен рассматривается как сопутствующий продукт производства этилена.

Отнесение и отчетность

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

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

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

При рассмотрении данной категории источников следует принимать во внимание технологии улавливания диоксида углерода (CO₂). Уловленный где-то в другом месте CO₂ может использоваться в нефтехимическом процессе в качестве сырья; при этом в самом нефтехимическом процессе также может быть уловлен CO₂. Для того чтобы не допустить двойного учета, количество уловленного CO₂ не включают в выбросы CO₂ от процесса, в котором он был уловлен.

Метанол

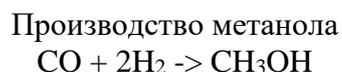
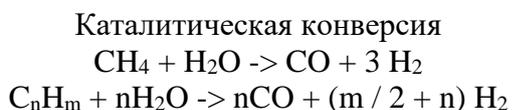
В настоящее время Россия является крупным производителем и экспортером метанола, одного из наиболее важных по значению крупнотоннажных продуктов химической промышленности. Большая часть российского производства метанола основана на методе каталитического синтеза <13> (блок 3.8). Из природного газа образуется "синтез-газ", который состоит из CO₂, монооксида углерода (CO) и водорода (H₂). В процессе производства часть синтез-газа может попасть в атмосферу.

<13> http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=952.

Блок 3.8 - Описание процесса производства метанола

Каталитический синтез

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



Также известны, но менее распространены схемы употребления с этой целью отходов нефтепереработки, коксующихся углей, отходы производства ацетилена и прочее <14>. Из природного газа образуется "синтез-газ", который содержит некоторое количество CO₂. В процессе производства часть синтез-газа и метана может попасть в атмосферу.

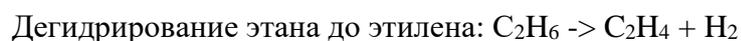
Однако на практике с целью достижения максимальной эффективности производства технологические схемы процесса могут иметь свою специфику от предприятия к предприятию. На некоторых предприятиях, к примеру, реализована технология получения метанола, интегрированная в аммиачное производство.

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

Этилен

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

Блок 3.9 - Описание процесса производства этилена
(Паровой крекинг)
Основная химическая реакция производства этилена:



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

Этилендихлорид и хлористый винил

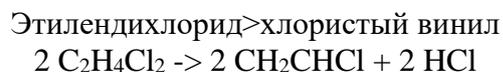
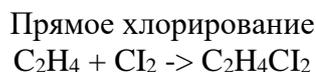
Существуют несколько методов промышленного получения этилендихлорида (1,2-дихлорэтан): методом прямого хлорирования (основной метод в России) <15> или оксихлорирования этилена, либо комбинацией этих двух методов (которая называется "сбалансированный процесс") (блок 3.10).

<15> <http://bashneftehim.ru/dixloretan.html>.

Блок 3.10 - Описание процесса получения этилендихлорида и хлористого винила

Прямое хлорирование

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



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

Этиленоксид (оксирана, окиси этилена)

Этиленоксид ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$) получают реакцией этилена с кислородом в присутствии катализатора (блок 3.11). Побочный продукт (CO_2) реакции прямого окисления исходного этилена извлекается и может быть выброшен в атмосферу или использован (например, в пищевой промышленности). Кислород может подаваться в процесс либо вместе с воздухом, либо в чистом виде (без воздуха).

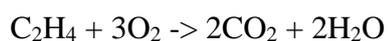
Блок 3.11 - Описание процесса производства этиленоксида

Уравнения основных химических реакций производства моноэтиленгликоля и получения

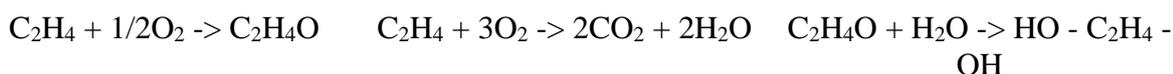
Реакция синтеза
этиленоксида



Реакция окисления сырья



Производство
моноэтиленгликоля



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

Акрилонитрил

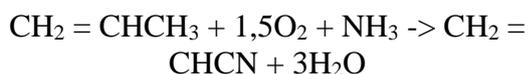
На российских предприятиях органического синтеза акрилонитрил получают способом окислительного аммонолиза пропилена, стабилизированного аммиаком или гидрохиноном, или п-метоксифенолом <16> (способ Sohio) (блок 3.12).

Блок 3.12 - Описание процесса производства акрилонитрила

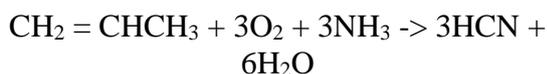
(Способ SOHIO)

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

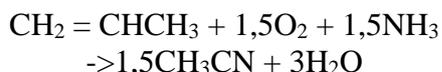
Реакция образования акрилонитрила



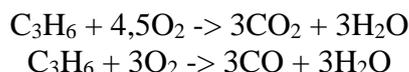
Реакция образования циановодорода



Реакция образования ацетонитрила



Окисление сырья



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

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

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

Сажа (технический углерод)

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

Блок 3.13 - Описание процессов производства сажи

Процесс получения печной сажи

Печную сажу получают из "сырья углеродной сажи", которое представляет собой тяжелые фракции, которые образуются в качестве побочного продукта в процессе перегонки нефти либо в процессе получения доменного кокса. Сырье вводят в печь, которая нагревается "вторичным сырьем" (обычно природным газом). Вторичное сырье (природный газ) и часть сажевого сырья окисляются, выделяя тепло для пиролиза остальной части сырья с образованием сажи. Отходящий газ помимо иных компонентов содержит CO_2 , CO , CH_4 . Часть остаточного газа обычно сжигают с целью

получения энергии, которую используют в процессе. Другая часть остаточного газа также может быть сожжена с получением энергии или без, либо просто выброшена в атмосферу.

Процесс получения термической сажи

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

Процесс получения ацетиленовой сажи

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

Другие способы производства

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

3.9.2 Вопросы методологии

3.9.2.1 Выбор метода

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

Метод уровня 1

ДИОКСИД УГЛЕРОДА

Метод уровня 1 применяется для оценки выбросов CO₂ в том случае, если не известны ни заводские данные, ни данные о деятельности для потоков углерода в нефтехимическом процессе. Для метода уровня 1 необходимы только данные по количеству полученного продукта. Уравнения, представленные в этом разделе для нефтехимических промышленных процессов, также применимы и к производству сажи.

Уравнение 3.11

Расчет выбросов CO₂ - уровень 1

$$E_{CO_2i} = PP_i \cdot EF_i \cdot GAF$$

где:

E_{CO_2i} = выбросы CO₂ от производства нефтехимического продукта i, тонны;

PP_i = годовое производство нефтехимического продукта i , тонны;

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

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

Географический поправочный коэффициент применяется только для производства этилена.

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

Уравнение 3.12

Расчет производства первичного продукта

$$PP_i = \sum (FA_{ik} \cdot SPP_{ik}),$$

где:

PP_i = годовое производство нефтехимического продукта i , тонны;

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

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

МЕТАН

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

Уравнение 3.13

Расчет летучих выбросов CH_4 - уровень 1

$$E_{CH_4 \text{Утечки},i} = PP_i \cdot EF_i$$

Уравнение 3.14

Расчет вентиляционных выбросов CH₄ - уровень 1

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

Уравнение 3.15

Расчет общих выбросов CH₄ - уровень 1

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

где:

$E_{CH_4 \text{Общие},i}$ = общее количество выбросов CH₄ от производства нефтехимического продукта *i*, кг;

$E_{CH_4 \text{Утечки},i}$ = утечки CH₄ от производства нефтехимического продукта *i*, кг;

$E_{CH_4 \text{Вент.},i}$ = вентиляционные выбросы CH₄ от производства нефтехимического продукта *i*, кг;

PP_{*i*} = годовое производство нефтехимического продукта *i*, тонны;

EFf_{*i*} = коэффициент утечек CH₄ для нефтехимического продукта *i*, кг CH₄/тонну продукта;

EFp_{*i*} = коэффициент вентиляционных выбросов CH₄ для нефтехимического продукта *i*, кг CH₄/тонну продукта.

Метод уровня 2

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

Метод уровня 2 также может быть реализован на основе составления баланса углерода для конкретного сырья и для конкретного процесса. Для использования методики уровня 2 необходимы данные обо всех потоках углерода. Однако по причине сложности нефтехимических производств, на практике учесть все потоки углерода невозможно без детального знания технологического процесса. Поэтому при реализации подходов уровня 2 рекомендуется консультироваться непосредственно на нефтехимическом предприятии региона. Более подробно метод баланса потоков рассмотрен в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

3.9.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

В рамках метода уровня 1 применяют коэффициенты, рекомендованные МГЭИК, которые разработаны на основе среднемировых данных по нефтехимической промышленности с использованием консервативного подхода. Коэффициенты выбросов МГЭИК для CO₂ и CH₄ даны ниже (таблицы 3.10 - 3.24). Если известны национальные коэффициенты, то их используют в расчетах вместо коэффициентов выбросов МГЭИК. В случае если отсутствуют данные о деятельности относительно видов сырья и процессов, используемых в регионе для нефтехимического производства, тогда для оценки выбросов используют процессы по умолчанию, указанные в таблице 3.9, на основании которых далее выбирают коэффициенты выбросов (Межправительственная, 2006).

Таблица 3.9

СЫРЬЕ И ПРОЦЕССЫ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА - УРОВЕНЬ 1

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

Метанол

Таблица 3.10

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАНОЛА - УРОВЕНЬ 1

Тип процесса	тонны CO ₂ /тонну продукции метанола
Каталитический синтез	0,67

Интегрированное производство метанола и аммиака	1,02
Диапазоны неопределенности	от -30% до +30%

Таблица 3.11

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ СЫРЬЯ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАНОЛА - УРОВЕНЬ 1**

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

Таблица 3.12

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH₄
ОТ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАНОЛА - УРОВЕНЬ 1**

Коэффициенты выбросов, кг CH ₄ /тонну продукции метанола	2,3
Диапазоны неопределенности	от -80% до +30%

Этилен

Таблица 3.13

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂
ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛЕНА ПАРОВЫМ КРЕКИНГОМ - УРОВЕНЬ 1**

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

дополнительного топлива (энергетическое сырье)							
--	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 3.14

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH₄
ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛЕНА - УРОВЕНЬ 1**

Исходное сырье	кг CH ₄ /тонну продукции этилена	Диапазон неопределенности
Этан	6	от -10% до +10%
Лигроин	3	
Все другие виды исходного сырья	3	

Этилендихлорид и хлористый винил

Таблица 3.15

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА
ЭТИЛЕНДИХЛОРИДА (ЭДХ)/ХЛОРИСТОГО ВИНИЛА (ХВ) - УРОВЕНЬ 1**

Тип процесса	тонны CO ₂ /тонну продукции ЭДХ	тонны CO ₂ /тонну продукции ХВ
Прямое хлорирование		
Вентиляционные выбросы без сжигания	ничтожно малые выбросы	ничтожно малые выбросы
Выбросы от сжигания	0,191	0,286
Суммарный коэффициент выбросов	0,191	0,286
Оксихлорирование		
Вентиляционные выбросы без сжигания	0,0113	0,0166
Выбросы от сжигания	0,191	0,286
Суммарный коэффициент выбросов	0,202	0,302
Сбалансированный процесс		
Вентиляционные выбросы без сжигания	0,0057	0,0083

Выбросы от сжигания	0,191	0,286
Суммарный коэффициент выбросов	0,196	0,294
Диапазон неопределенности	от -20% до +10%	

Таблица 3.16

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА
ЭТИЛЕНДИХЛОРИДА/ХЛОРИСТОГО ВИНИЛА - УРОВЕНЬ 1**

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

Таблица 3.17

**КОЭФФИЦИЕНТ ВЫБРОСОВ CH₄ ОТ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА
ЭТИЛЕНДИХЛОРИДА/ХЛОРИСТОГО ВИНИЛА - УРОВЕНЬ 1**

Тип процесса	кг CH ₄ /тонну продукции ХВ	Диапазон неопределенности
Интегрированный завод ЭДХ/ХВ	0,0226	от -10% до +10%
Если известны данные о деятельности для потребления природного газа, то прямо к данным о деятельности, без использования коэффициента выбросов МГЭИК применяется значение 5 г CH ₄ /ГДж		

Этиленоксид

Таблица 3.18

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ЭТИЛЕНОКСИДА И КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂ - УРОВЕНЬ 1**

Тип процесса	Селективность катализатора	Потребление сырья (тонны этилена/тонну этиленоксида)	Коэффициент выбросов (тонны CO ₂ /тонну этиленоксида)	Диапазон неопределенности
Процесс с	70 (по	0,90	0,863	от -10% до +10%

воздухом (по умолчанию)	умолчанию)			
	75	0,85	0,663	
	80	0,80	0,5	
Процесс с кислородом	75 (по умолчанию)	0,85	0,663	
	80	0,80	0,5	
	85	0,75	0,35	

Таблица 3.19

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH₄
ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛЕНОКСИДА - УРОВЕНЬ 1**

Тип процесса	кг CH ₄ /тонну продукции этиленоксида	Диапазон неопределенности
Без термической обработки (по умолчанию)	1,79	от -60% до +60%
Термическая обработка	0,79	

Таблица 3.20

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂
ОТ ПРОИЗВОДСТВА АКРИЛОНИТРИЛА - УРОВЕНЬ 1**

Тип процесса Аммонолиз пропилена	тонны CO ₂ /тонну продукции акрилонитрила	Диапазон неопределенности
Вторичные продукты, сожженные с целью получения энергии/в факеле (по умолчанию)	1,00	от -60% до +60%
Ацетонитрил, сожженный с целью получения энергии/в факеле	0,83	
Ацетонитрил и циановодород, извлеченные в качестве продукта	0,79	
<p>Если нет данных о потреблении исходного пропилена, то его можно рассчитать на основании данных о производстве акрилонитрила, применив коэффициент потребления сырья МГЭИК (1,09 тонн израсходованного пропилена на тонну продукции акрилонитрила).</p>		

Таблица 3.21

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH₄
ОТ ПРОИЗВОДСТВА АКРИЛОНИТРИЛА - УРОВЕНЬ 1**

Коэффициенты выбросов, кг CH ₄ /тонну продукции акрилонитрила	0,18
Диапазоны неопределенности	от -10% до +10%

Сажа

Таблица 3.22

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА САЖИ - УРОВЕНЬ 1

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

Таблица 3.23

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH₄ ОТ ПРОИЗВОДСТВА САЖИ - УРОВЕНЬ 1

Тип процесса	кг CH ₄ /тонну продукции сажи (остаточный газ процесса получения сажи)	Диапазон неопределенности
Без термической обработки	28,7	от -85% до +85%
Термическая обработка (по умолчанию)	0,06	

Таблица 3.24

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРОИЗВОДСТВА ВТОРИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ
ДЛЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА АКРИЛОНИТРИЛА**

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

3.9.2.3 Выбор данных о деятельности

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

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

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

В случаях, когда для процесса парового крекинга данные о производстве этилена известны, но не известны данные о производстве вторичных продукции, тогда производство вторичных продуктов можно рассчитать с помощью коэффициентов по умолчанию из таблицы 3.25.

Таблица 3.25

МАТРИЦЫ СЫРЬЕ-ПРОДУКТ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛЕНА МЕТОДОМ ПАРОВОГО КРЕКИНГА

\ Исходное сырье Продукт \	кг продукта/тонну сырья					
	Лигроин	Газойль	Этан	Пропан	Бутан	Прочее
Ценные химические вещества	645	569	842	638	635	645
Этилен	324	250	803	465	441	324
Пропилен	168	144	16	125	151	168
Бутадиен	50	50	23	48	44	50

Ароматические соединения	104	124	0	0	0	104
Топливные продукты и обратный поток	355	431	157	362	365	355
Водород	11	8	60	15	14	11
Метан	139	114	61	267	204	139
Этан и пропан после крекинга с рециркуляцией	0	0	0	0	0	0
Другие C4	62	40	6	12	33	62
C5/C6	40	21	26	63	108	40
C7 + неароматические	12	21	0	0	0	12
< 430C	52	26	0	0	0	52
> 430C	34	196	0	0	0	34
Потери	5	5	5	5	5	5
Всего:	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Диапазон неопределенности	от -10% до +10%					

3.9.2.4 Полнота

При расчете выбросов CO₂ от нефтехимических процессов и производства сажи существует опасность двойного учета или пропуска либо в секторе ППИП, либо в секторе "Энергетика". Заводы нефтехимической продукции и сажи производят метан и неметановые углеводородные соединения в качестве побочных продуктов, которые могут сжигаться с целью получения энергии, и эта полученная энергия может быть включена в национальные энергетические статистики в графе "прочие" виды топлива или в некой подобной категории. Если выбросы CO₂ от сжигания "прочего" топлива включают промышленные отходящие газы, которые сжигают для получения энергии, то необходимо ввести некоторую поправку к энергетической статистике или к оценке выбросов CO₂ от нефтехимического производства, чтобы не допустить двойного учета выбросов CO₂.

Метанол

Метанол может продуцироваться биогенными (воспроизводимыми) источниками. Такой биогенный метанол может быть включен статистику национального производства метанола, что может привести к завышенной оценке выбросов CO₂ от ископаемого топлива (например, природного газа), из которого был произведен метанол, если не сделать поправку в данных о деятельности по производству метанола.

Этилен

Помимо парового крекинга этилен можно производить в нефтеперегонном и в нефтехимическом процессе. Такой этилен может быть включен в статистику национального производства этилена, что может привести к завышенной оценке выбросов CO₂ от производства этилена методом парового крекинга.

Этилендихлорид и мономер хлористый винил

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

Окись этилена

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

Сажа

По-видимому, лишь небольшое количество сажи происходит из биогенных (возобновляемых) источников, таких как животный уголь и костяная сажа. Такая биогенная сажа может быть включена в национальные статистики производства сажи, что приведет к завышению оценки выбросов CO₂ от производства сажи из ископаемого топлива. Также сажа может производиться в границах нефтеперегонных заводов, а не в химической промышленности. Считается, что сажа, произведенная на нефтеперегонном заводе, включена национальные статистики производства сажи, поэтому выбросы CO₂ от производства сажи на нефтеперегонных заводах должны быть учтены как выбросы от промышленных процессов (так же как выбросы от производства сажи в рамках химической промышленности). Данные о деятельности для сырья углеродной сажи, полученного из каменноугольного дегтя, отработанных газов или ацетилен, могут быть не доступны, в результате чего выбросы CO₂ от производства сажи будут занижены, если использовался метод на основе углеродного баланса высокого уровня.

3.9.3 Оценка неопределенностей

Оценки неопределенностей для всех коэффициентов выбросов применительно ко всем технологическим процессам представлены в [таблицах 3.10 - 3.24](#).

3.10 ПРОИЗВОДСТВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

3.10.1 Выбросы ГФУ-23 от производства ГХФУ-22

3.10.1.1 Введение

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

<17> ГХФУ-22 используется во многих изделиях как хладагент, как компонент для вспенивания и как химическое сырье для производства синтетических полимеров.

3.10.1.2 Вопросы методологии выбор метода

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

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

Метод уровня 1

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

Уравнение 3.16

Расчет выбросов ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 - уровень 1

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

где:

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

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

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

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

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

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

Метод уровня 2

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

Уравнение 3.17

Расчет выбросов ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 - уровень 2

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

где:

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

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

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

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

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

Уравнение 3.18

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

$$EF_{\text{УГЛЕРОД}} = \frac{(100 - CBE)}{100} \cdot F_{\text{ПОТЕРЬ}} \cdot FCC$$

где:

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

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

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

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

Уравнение 3.19

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

$$EF_{\text{ФТОР}} = \frac{(100 - FBE)}{100} \cdot F_{\text{ПОТЕРЬ}} \cdot FCC$$

где:

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

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

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

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

Коэффициент, относящий потерю выхода основного продукта к количеству ГФУ-23, специфичен для каждого завода и, если используется этот метод расчета, то коэффициент должен устанавливать оператор процесса. По умолчанию, это значение равно 1; это значит, что вся потеря выхода основного продукта происходит благодаря сопутствующему производству ГФУ-23. На практике, как правило, образование ГФУ-23 ответственно за самую значительную часть потери выхода основного продукта, которая намного больше, чем потеря сырья или продукции.

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

Метод уровня 3

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

Выбор коэффициентов выбросов

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

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

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

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

Таблица 3.26

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ГФУ-23 ПО УМОЛЧАНИЮ С УЧЕТОМ УЛАВЛИВАНИЯ ГФУ-23

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

Таблица 3.27

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ГФУ-23

ПО УМОЛЧАНИЮ БЕЗ УЧЕТА УЛАВЛИВАНИЯ ГФУ-23

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

Выбор данных о деятельности

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

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

3.10.1.3 Оценка неопределенностей

Метод уровня 1

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

Метод уровня 2

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

3.10.2 Выбросы от производства других фторсодержащих соединений

3.10.2.1 Введение

Большое число фторсодержащих парниковых газов может образоваться и улететь в атмосферу в виде побочных продуктов производства фторированных соединений. Например, в одном из последних национальных кадастров было показано, что заводом по производству фторированных соединений было выброшено в атмосферу значительное количество побочных продуктов: SF₆, CF₄, C₂F₆, C₃F₈, C₄F₁₀, C₅F₁₂ и C₆F₁₄ (Межправительственная, 2006). Другой пример - выбросы побочного продукта CF₄ от производства ХФУ-11 и 12 или выбросы SF₆ от производства гексафторида урана в ядерном топливном цикле. Выбросы химических веществ в атмосферу происходят в процессе их производства и разрушения, или в виде побочных продуктов при производстве родственных химических соединений (выбросы ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 отдельно рассмотрены в [разделе 3.10.1](#) выше). Улетать в атмосферу может также целевой продукт производства - вместе с так называемыми летучими (фугитивными) выбросами. Выбросы побочных продуктов и летучие выбросы рассчитывают одним и тем же способом. Фторсодержащие соединения могут выделяться из очень многих химических процессов, например:

- процесс теломеризации, используемый для производства фторсодержащих жидкостей и полимеров;
- фотоокисление тетрафторэтилена с образованием жидких фторсодержащих веществ;
- прямое фторирование, которое часто используют для производства SF₆;
- процесс обмена галогеном с целью получения низкокипящих ПФУ, таких как C₂F₆ и CF₄, ГФУ-134а и ГФУ-245fa;
- производство NF₃ методом прямого фторирования;
- производство гексафторида урана;
- производство фторсодержащих мономеров, например, тетрафторэтилена или гексафторпропилена;
- производство фторсодержащих агрохимикатов;
- производство фторсодержащих анестетиков.

Процесс обмена галогеном широко применяется для производства ГФУ, в то время как для производства большинства ПФУ и SF₆ требуется элементарный фтор, получаемый электрохимическим способом. Каждый процесс порождает свой собственный спектр выбросов как по химической природе, так и по количеству, и поэтому не имеет смысла определять общий для всех процессов коэффициент выбросов по умолчанию.

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

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

ГФУ:

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

ПФУ:

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

На двух химических комбинатах (ОАО "Галополимер Пермь" и ООО "Галополимер Кирово-Чепецк") производился гексафторид серы (SF₆).

3.10.2.2 Вопросы методологии

Выбор метода

Метод уровня 1

В методе уровня 1 коэффициент выбросов по умолчанию или коэффициент выбросов, выведенный для конкретного завода или региона, можно использовать для расчета выбросов от производства отдельных фторированных парниковых газов - ГФУ, ПФУ, SF₆ и других.

Уравнение 3.20

Расчет выбросов, связанных с производством, - уровень 1

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

где:

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

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

P_k = суммарное производство фторированного соединения k , кг.

Методы уровня 2 и 3

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

Выбор коэффициентов выбросов

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

Что касается SF₆, то на основании опыта Германии рекомендуется использовать коэффициент выбросов по умолчанию 0,2% от общего количества произведенного SF₆ для тех предприятий, которые производят SF₆ не требующий высокой очистки (например, для использования в электрооборудовании и теплоизоляционных окнах). На основании опыта Японии, в странах, где производится в основном высокоочищенный SF₆ (например, для полупроводниковой промышленности), значение по умолчанию должно быть 8% из-за потерь в процессе удаления остаточного газа в отходы (Межправительственная, 2006).

Коэффициенты выбросов по умолчанию не учитывают применение технологий очистки выбросов.

В России на заводах-производителях коэффициент утечек гексафторида серы в процессе производства значительно изменяется от года к году, в настоящее время (последние 10 лет) оставаясь в пределах от 1 до 10% объема производства гексафторида серы. В соответствии с эффективной практикой рекомендуется использовать коэффициент выбросов SF₆, полученный от предприятия. При этом следует убедиться, что полученный коэффициент выбросов учитывает улавливание SF₆, если оно практикуется на предприятии.

Выбор данных о деятельности

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

Оценка неопределенностей

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

ГЛАВА 4. ВЫБРОСЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

4.1 ВВЕДЕНИЕ

В следующих [разделах с 4.2 по 4.7](#) представлено руководство по оценке выбросов парниковых газов характерных для металлургической промышленности.

[Раздел 4.2](#) посвящен выбросам от производства чугуна, стали и доменного кокса;

[Раздел 4.3](#) посвящен выбросам от производства ферросплавов;

[Раздел 4.4](#) посвящен выбросам от производства алюминия;

[Раздел 4.5](#) посвящен выбросам от производства магния;

Раздел 4.6 посвящен выбросам от производства свинца;

Раздел 4.7 посвящен выбросам от производства цинка.

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

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

4.2 ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА, СТАЛИ И ДОМЕННОГО КОКСА

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

Черная металлургия в основном включает:

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

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

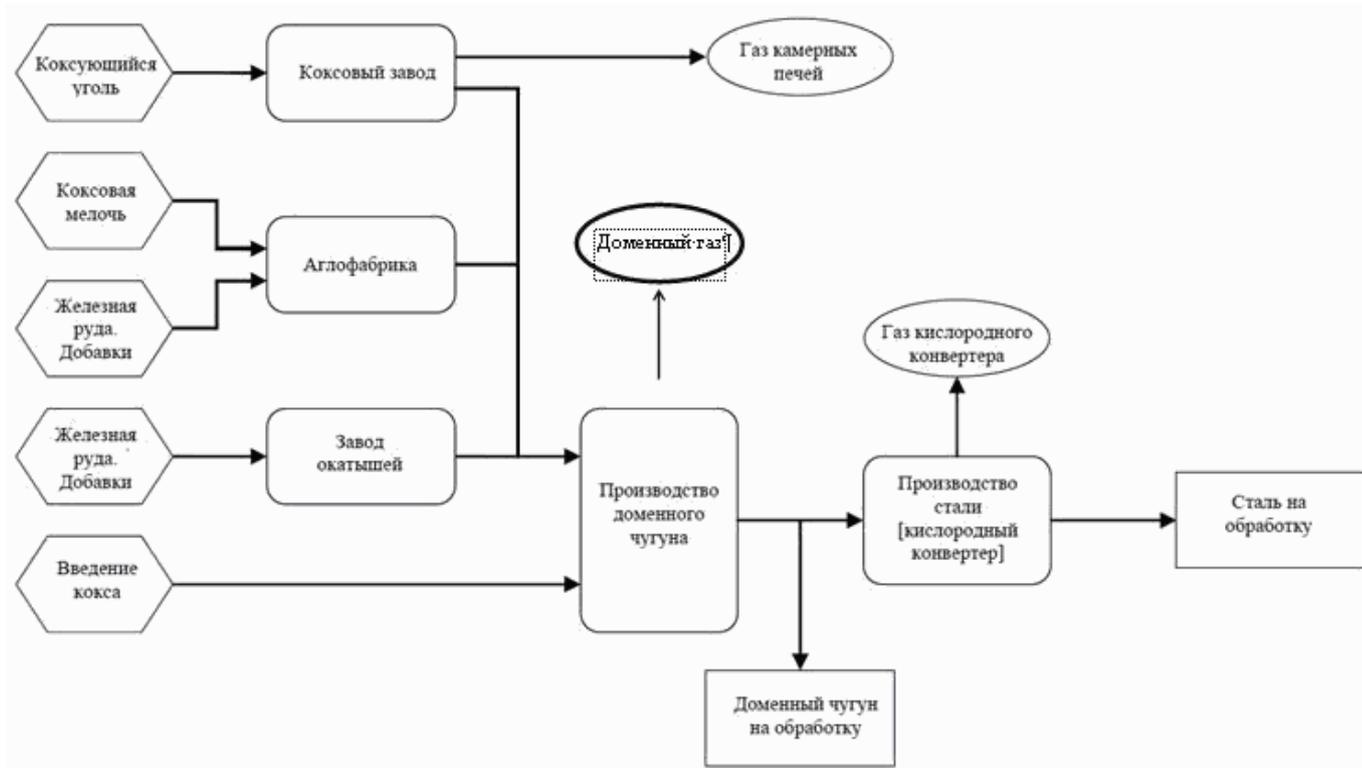


Рисунок 4.1 Основные процессы интегрированного производства чугуна и стали <*>

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

Первичное и вторичное производство стали

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

Производство чугуна и железа прямого восстановления

Чугун может производиться на интегрированном сталеплавильном предприятии или на отдельном заводе, включающем доменные печи и кислородные конвертеры. Помимо чугуна для производства стали используется железо прямого восстановления (ЖПВ). Прямое восстановление заключается в восстановлении железной руды при температуре ниже 1000 °С до металлического железа в твердом состоянии.

Производство доменного кокса

Считается, что при производстве доменного кокса используется энергия ископаемого топлива, поэтому выбросы следует относить к категории 1А сектора "Энергетика". Несмотря на это, методики рассматриваются в разделе ППИП, поскольку данные о деятельности, которые используются для оценки выбросов от энергетического и неэнергетического использования топлива при производстве чугуна и стали, в значительной степени перекрываются. Все топливо, потребленное в этой категории источников, которое не учтено как сырье для фабрик агломерата, заводов окатышей и доменных печей, следует рассматривать как сжигание топлива, что относится к сектору "Энергетика".

4.2.1 Введение

Производство доменного кокса

Доменный кокс в основном используется для производства передельного чугуна в доменной печи. Кокс также применяется в других металлургических процессах, таких как производство литейного чугуна, ферросплавов, свинца и цинка, а также в обжиговых печах для производства извести и магнезии. Доменный кокс - это твердый продукт, получаемый карбонизацией угля (преимущественно коксующегося угля) при высокой температуре. Для него характерно низкое содержание влаги и летучих веществ. Коксующийся уголь - это битуминозный уголь с такими характеристиками, которые позволяют получать кокс, пригодный для использования в качестве сырья для доменной печи. Его высшая теплотворная способность составляет более 23865 кДж/кг (5700 ккал/кг) в пересчете на беззольное, но влажное вещество. Газ из камерных печей - это побочный продукт производства доменного кокса, предназначенного для выплавки чугуна и стали. На рисунке 4.2 показана технологическая схема производства кокса и связанных с ним выбросов CH_4 и CO_2 .

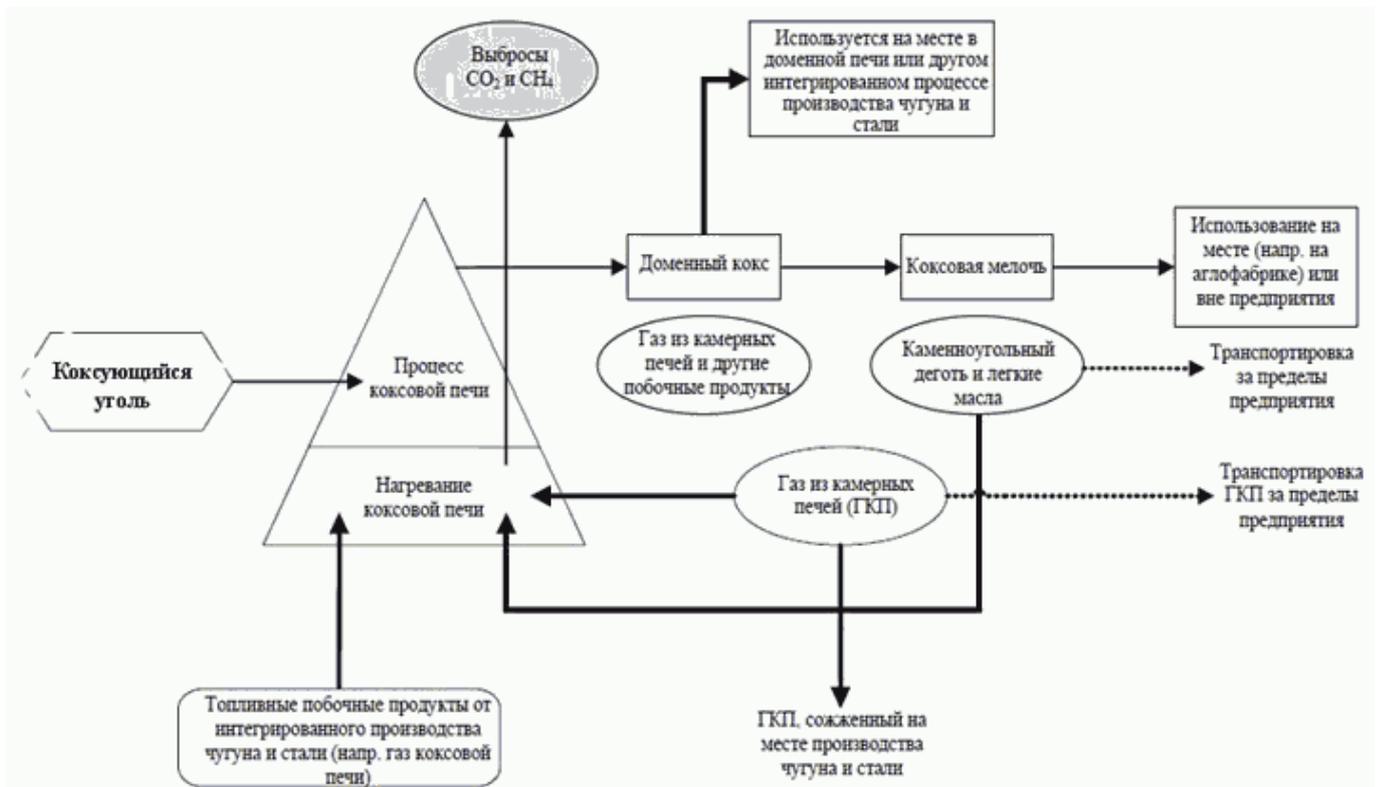


Рисунок 4.2 Технологическая схема производства кокса (выбросы учитывают в категории 1А сектора "Энергетика")

Примечание:

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

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

Производство агломерата

Железную руду и другие железосодержащие материалы можно спекать на аглофабриках в рамках интегрированных металлургических предприятий перед загрузкой в доменную печь. Исходное сырье для аглофабрик может включать порошкообразные железные руды, добавки (например, известь, оливин) и железосодержащие материалы от последующих процессов производства чугуна и стали (например, пыль от процесса очистки доменного газа). Коксовая мелочь (мелкий кокс с размером частиц < 5 мм) - наиболее распространенный материал на

аглофабриках. Коксовую мелочь можно получать на местных коксовых печах в составе интегрированного металлургического завода или покупать у стороннего производителя кокса. Доменный газ или газ из камерных печей, производимый на месте, в рамках интегрированного производства чугуна и стали, можно использовать на аглофабриках. Выбросы диоксида углерода на аглофабриках образуются в результате окисления коксовой мелочи и другого сырья. Отходящий газ от производства агломерата также содержит метан и другие углеводороды. На рисунке 4.3 показана технологическая схема производства агломерата.



Рисунок 4.3 Технологическая схема производства агломерата

Производство окатышей

Окатыши получают переработкой железосодержащего сырья (пылевидной руды и добавок) при очень высокой температуре. Они представляют собой шарики размером 9 - 16 мм. Процесс включает: размол, сушку, окатывание и термическую обработку сырья. Фабрики окатышей специально строят вблизи железных рудников или в грузовых портах, но также они могут располагаться внутри интегрированного металлургического комплекса. В качестве топлива на фабриках окатышей может использоваться природный газ или уголь; а на фабриках окатышей в рамках интегрированного металлургического комплекса может использоваться газ из камерных печей. Потребление энергии для процесса и связанные с этим выбросы CO₂ зависят частично от качества железной руды и другого сырья, используемого в процессе. Выбросы CO₂ также зависят от содержания углерода и теплотворной способности топлива, используемого в процессе.

Производство чугуна и роль кокса

Самые большие выбросы CO₂ в металлургической промышленности дает производство чугуна, а точнее - использование угля для превращения железной руды в железо. На рисунке 4.4 показана технологическая схема производства чугуна и связанных с ним выбросов. Углерод подается в доменную печь в основном в виде кокса, полученного из коксующегося металлургического угля (но также это может быть древесный уголь или другие формы углерода). Углерод имеет две функции в металлургическом процессе - в первую очередь это восстановитель в реакции восстановления оксидов железа до железа; он также является источником энергии,

поскольку реакция углерода и кислорода сопровождается выделением тепла. Доменный газ образуется при сжигании кокса в доменных печах.

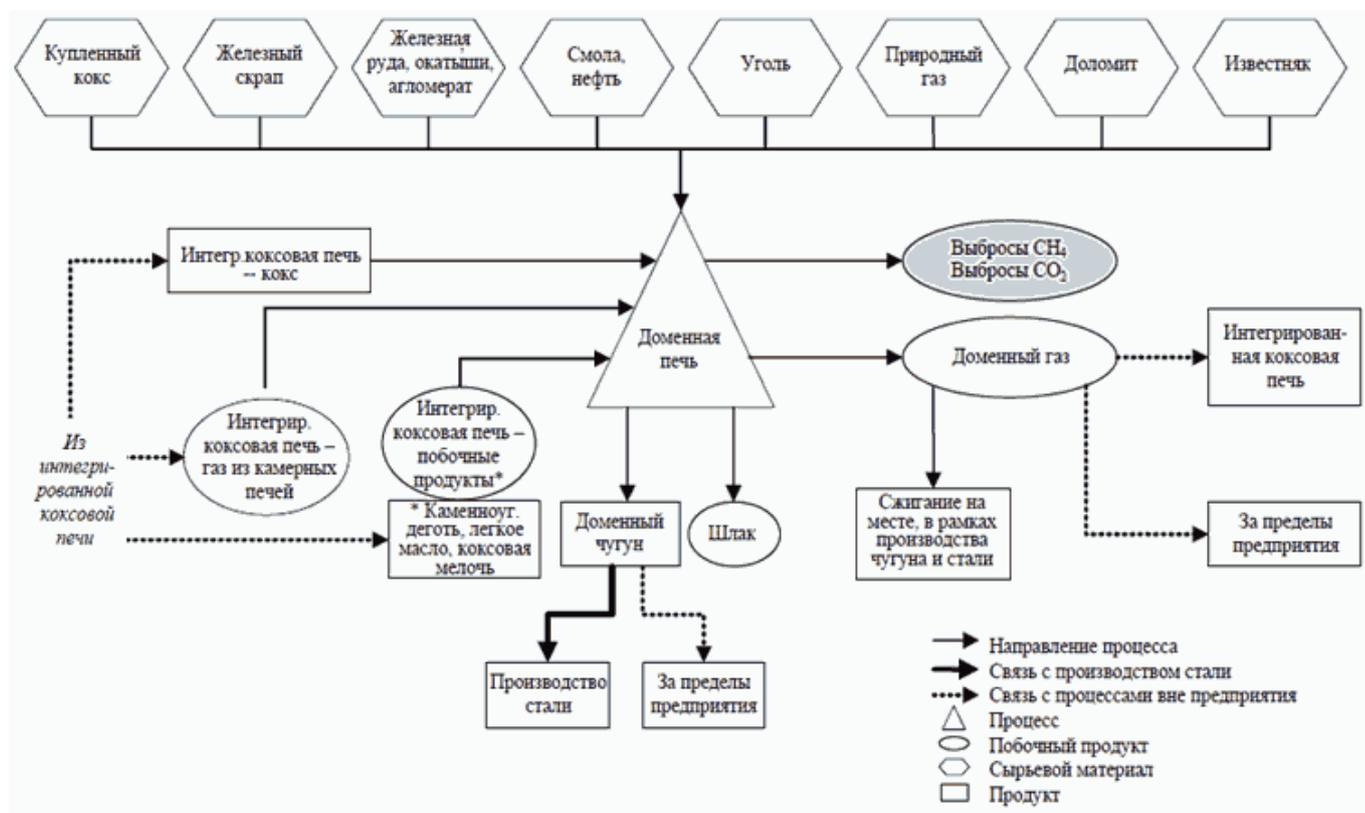


Рисунок 4.4 Технологическая схема производства доменного чугуна

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

Кроме того, железо можно получать в процессе прямого восстановления. Прямое восстановление заключается в восстановлении железной руды при температуре ниже 1000 °С до металлического железа в твердом состоянии. В процессе прямого восстановления образуется твердый продукт, который называется железом прямого восстановления (ЖПВ). В российской статистике до 2009 г. это - металлизированные окатыши и горячбрикетированное железо, после 2010 г. - окатыши и брикеты металлизированные. ЖПВ содержит менее 2% углерода. ЖПВ обычно используется вместо металлолома для получения стали в электродуговых печах. ЖПВ можно также переплавлять в брикеты (железо горячего брикетирования (ЖГБ)), если продукт приходится хранить или перевозить. Выбросы CO₂ от этих процессов можно оценивать исходя из потребления энергии и углеродного содержания топлива (природного газа, угля и т.д.).

Производство стали

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

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

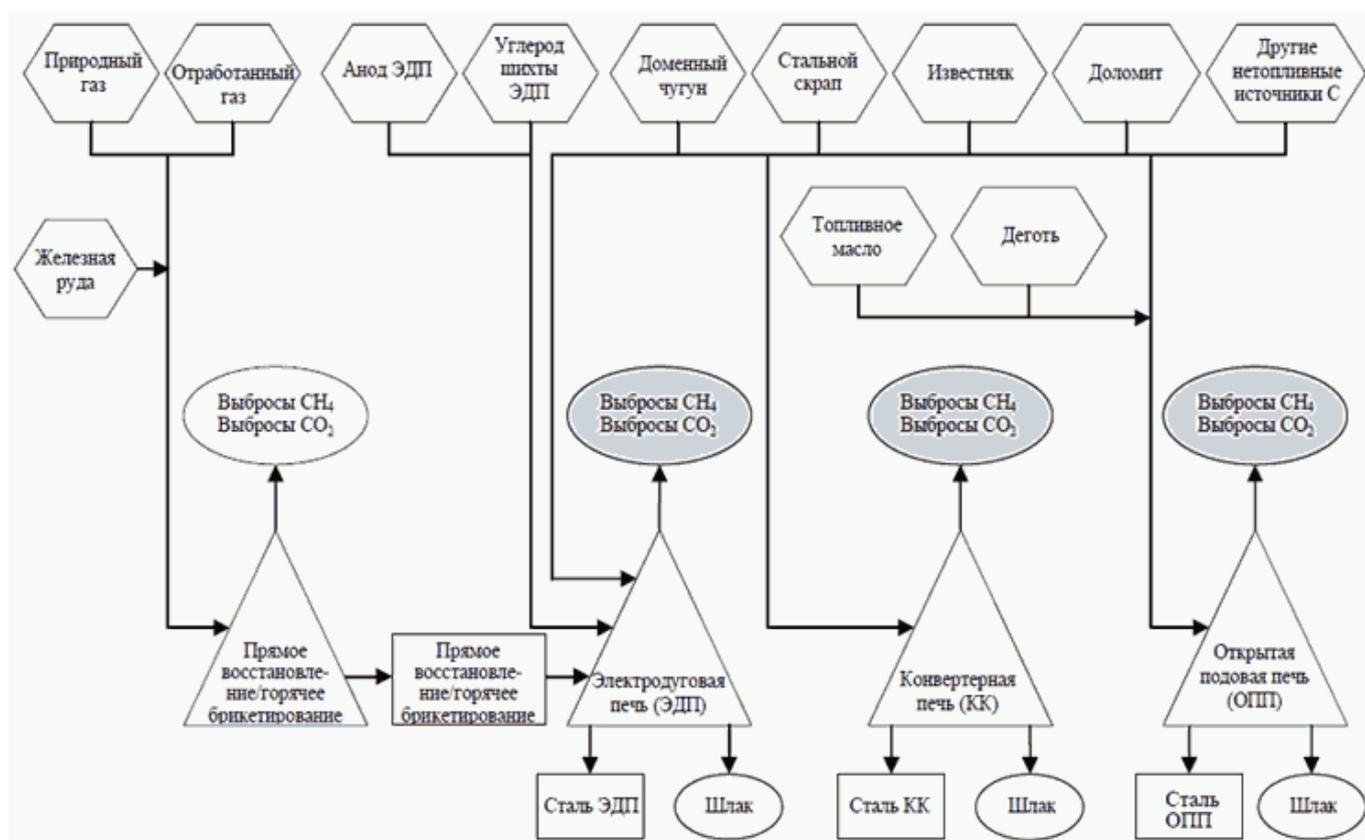


Рисунок 4.5 Технологическая схема производства стали

4.2.2 Вопросы методологии

4.2.2.1 Выбор метода: производство доменного кокса

В Методических рекомендациях представлены два уровня расчета выбросов CO₂ и один уровень расчета выбросов CH₄ от производства кокса. Выбор метода оценки в эффективной практике зависит от национальных и региональных условий.

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

В методе уровня 2 для оценки выбросов CO₂ производство кокса внутри и вне предприятия учитывают отдельно. В нем используются региональные данные о потреблении и производстве технологических материалов (например, потребление коксующегося угля, производство кокса и побочных продуктов производства кокса). Как отмечалось выше, для оценки выбросов CH₄ не применяется метод уровня 2.

Для метода уровня 3 необходимы заводские данные о выбросах CO₂ и заводские данные о выбросах CH₄ либо данные о деятельности конкретных заводов. Метод уровня 3 описан в (Межправительственная, 2006).

Метод уровня 1

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

Уравнение 4.1

Выбросы от производства кокса - уровень 1

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

(выбросы следует учитывать в секторе "Энергетика")

где:

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

Кокс = количество кокса, выпущенного в регионе, тонны;

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

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

Метод уровня 2

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

Как видно из уравнений 4.2 и 4.3, в методе уровня 2 выбросы CO₂ от производства кокса на месте и на стороннем заводе рассчитывают отдельно. Такое разделение делается потому, что данные для оценки выбросов от производства кокса на месте и выбросов от производства чугуна и стали перекрываются.

Уравнение 4.2

Выбросы CO₂ от производства кокса на месте - уровень 2

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

где:

$E_{CO_2, \text{энерг.}}$ = выбросы CO₂ от производства кокса на месте, которые должны учитываться в секторе "Энергетика", тонны;

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

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

BG = количество доменного газа, израсходованного для производства кокса, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в разделе "Энергетика");

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

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

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

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

Для расчета выбросов от производства кокса на неинтегрированном предприятии следует использовать уравнение 4.3. Общие выбросы равны сумме выбросов всех заводов, рассчитанных по [уравнениям 4.2](#) и 4.3.

Уравнение 4.3

Выбросы CO₂ от производства кокса на неинтегрированном предприятии - уровень 2

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

где:

$E_{CO_2, \text{энерг.}}$ = выбросы CO₂ от производства кокса на неинтегрированном предприятии, которые должны учитываться в секторе "Энергетика", тонны;

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

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

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

COG = количество газа из камерных печей, произведенного на неинтегрированных предприятиях региона и транспортированного на другие предприятия, м³ (или другие единицы, например, тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в [разделе "Энергетика"](#));

COB_b = количество побочного продукта b коксовой печи, произведенного на сторонних неинтегрированных предприятиях и перемещенного с места производства на другие предприятия, тонны;

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

Метод уровня 3

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

4.2.2.2 Выбор метода: производство чугуна и стали

Руководящие принципы МГЭИК (Межправительственная, 2006) представляют три уровня расчета выбросов CO₂ и два уровня расчета выбросов CH₄ от производства чугуна и стали. Выбор метода в эффективной практике зависит от национальных и региональных условий. В методе

уровня 1 используются региональные данные о производстве и коэффициенты выбросов по умолчанию. Это может давать ошибки из-за использования допущений, а не фактических данных о количестве израсходованного сырья в секторах производства агломерата, чугуна и стали, которые дают выбросы CO₂. Следовательно, уровень 1 можно применять только в том случае, если производство чугуна и стали не относится к ключевой категории.

Руководящие принципы МГЭИК (Межправительственная, 2006) предлагают коэффициенты выбросов по умолчанию для производства агломерата, доменного чугуна, железа прямого восстановления, окатышей, а также для каждого способа выплавки стали. Коэффициенты выбросов CO₂ от производства стали в кислородных конвертерах и в мартеновских печах (ООП) включают выбросы от производства чугуна, который в дальнейшем используется для производства стали. Выбросы от производства литейного чугуна и чугуна, который был продан и вывезен за пределы региона, должны учитываться отдельно. Этот метод удобен для тех стран, где статистика учитывает только производство товарного чугуна. Российская статистика учитывает полное производство чугуна и стали (в том числе с использованием разных технологий производства). В то же время получение данных о межрегиональной торговле чугуном от органов Росстата для метода уровня 1 может быть затруднительным. Поэтому в Методических рекомендациях предлагается метод уровня 1 с отдельной оценкой выбросов от производства чугуна и стали и использованием национальных коэффициентов выбросов CO₂. Если составители регионального кадастра выбросов парниковых газов предпочитают использовать методику, описанную в Руководящих принципах МГЭИК, им следует обратиться к главе 4 тома 3 руководства МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Метод уровня 2, предназначенный для расчета выбросов CO₂ от производства чугуна и стали, основан на данных о потреблении сырьевых материалов, включая восстановители, на уровне отрасли в регионе. В этом методе используется массово-балансовый подход и значение углеродного содержания для отдельных материалов. Для оценки выбросов CH₄ не применяется уровень 2. Для метода уровня 3 необходимы заводские данные о выбросах или о деятельности, которые затем суммируют до регионального уровня для расчета выбросов CO₂ и CH₄.

Методика оценки выбросов CO₂

Метод уровня 1 - коэффициенты выбросов, основанные на количестве продукции

Выбросы от производства чугуна и стали по методу уровня 1 определяют путем умножения коэффициентов выбросов по умолчанию на региональные данные о производстве (уравнения 4.4 - 4.5). Поскольку выбросы на единицу продукции стали могут меняться в широких пределах в зависимости от способа производства стали, то в эффективной практике определяют долю производства стали по различным способам, рассчитывают выбросы для каждого способа производства и затем суммируют их. Уравнение 4.4 учитывает производства стали в кислородных конвертерах и открытых подовых (мартеновских) печах (ОПП), и отдельно - производство стали в электродуговых печах (ЭДП). В Российской Федерации в 2012 г. продукция кислородных конвертеров составляла около 66%, продукция ЭДП - около 29%, продукция мартеновских печей - около 5%.

Уравнение 4.6 предназначено для расчета выбросов CO₂ от производства железа прямого восстановления (ЖПВ) по методу уровня 1 с использованием коэффициента выбросов CO₂.

По правилам эффективной практики принято рассчитывать региональные выбросы от производства агломерата и от производства окатышей по отдельности (уравнения 4.7 и 4.8). Уравнения 4.7 и 4.8 следует применять в том случае, если составитель кадастра не располагает

детальной информацией о материалах, используемых в процессе. Если используемые в процессе материалы известны, то выбросы рассчитывают по методу уровня 2.

Общие выбросы в этой категории источников равны сумме выбросов, рассчитанных с использованием уравнений 4.4 - 4.8.

Уравнение 4.4

Выбросы от производства чугуна - уровень 1.
Производство чугуна:

$$E_{CO_2, \text{энергетич.}} = ДЧ \cdot EF_{ДЧ}$$

Уравнение 4.5

Выбросы от производства стали - уровень 1.
Производство стали:

$$E_{CO_2, \text{энергетич.}} = (КК + ОПП) \cdot EF_{КК+ОПП} + ЭДП \cdot EF_{ЭДП}$$

Уравнение 4.6

Выбросы от производства железа
прямого восстановления - уровень 1.
Производство железа прямого восстановления:

$$E_{CO_2, \text{энергетич.}} = ЖПВ \cdot EF_{ЖПВ}$$

Уравнение 4.7

Выбросы от производства агломерата - уровень 1.
Производство агломерата:

$$E_{CO_2, \text{энергетич.}} = АГЛ \cdot EF_{АГЛ}$$

Уравнение 4.8

Выбросы от производства окатышей - уровень 1.
Производство окатышей:

$$E_{CO_2, \text{энергетич.}} = ОКАТ \cdot EF_{ОКАТ},$$

где:

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

КК = количество нерафинированной стали, выплавленной в кислородных конвертерах, тонны;

ЭДП = количество нерафинированной стали, выплавленной в ЭДП, тонны;

ОПП = количество нерафинированной стали, выплавленной в ОПП (мартеновских печах), тонны;

ДЧ = производство доменного чугуна, тонны;

ЖПВ = количество железа прямого восстановления, выпущенного в регионе, тонны;

АГЛ = количество агломерата, выпущенного в регионе, тонны;

ОКАТ = количество окатышей, выпущенных в регионе, тонны;

EF_x = коэффициент выброса, тонны CO₂/тонну продукции x.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 применяют в том случае, если составителям кадастра известны региональные данные об использовании материалов в процессе производства чугуна и стали, агломерата, окатышей и ЖПВ. Эти данные могут быть получены от органов Росстата, ответственных за производственную или энергетическую статистику, от торгово-промышленных организаций или от компаний по производству чугуна и стали. Метод уровня 2 дает более точную оценку, чем метод уровня 1, потому что основан на фактическом количестве материалов, дающих выбросы CO₂.

При расчете выбросов от производства окатышей можно, также как в других методиках, использовать данные о потреблении энергии, теплотворной способности и углеродном содержании топлива.

Уравнение 4.9

Выбросы CO₂ от производства чугуна и стали - уровень 2

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

где:

для производства чугуна и стали

$E_{CO_2, \text{энерг.}}$ = выбросы CO₂, которые должны учитываться в секторе ППП, тонны;

PC = количество кокса, израсходованного для производства чугуна и стали (за исключением производства агломерата), тонны;

COB_a = количество побочного продукта a интегрированной коксовой печи, израсходованного в доменной печи, тонны;

CI = количество угля, введенного прямо в доменную печь, тонны;

L = количество известняка, израсходованного для производства чугуна и стали, тонны;

D = количество доломита, израсходованного для производства чугуна и стали, тонны;

CE = количество углеродных электродов, израсходованных в ЭДП, тонны;

O_b = количество других углеродсодержащих и технологических материалов b, израсходованных для производства чугуна и стали, таких как агломерат, стальной лом, железо прямого восстановления или отходы пластмасс, тонны;

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

S = количество выплавленной стали, тонны;

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

BG = количество доменного газа, транспортированного с места производства, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в [разделе "Энергетика"](#));

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

Уравнение 4.10

Выбросы CO₂ от производства агломерата - уровень 2

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

где:

для производства агломерата:

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

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

COG = количество газа из камерных печей, потребленного при производстве агломерата, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в [разделе "Энергетика"](#));

BG = количество доменного газа, израсходованного для производства агломерата, м³ (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в [разделе "Энергетика"](#));

PM_a = количество другого технологического материала a , отличного от материалов, перечисленных в виде отдельных членов, например известняка, природного газа или топливного масла, израсходованного для производства агломерата на предприятии черной металлургии, тонны;

SOG = количество отходящего газа от производства агломерата, транспортированного на другое предприятие или на завод по производству чугуна и стали, m^3 (или другие единицы, например тонны или ГДж. Перевод единиц в соответствии с руководством в разделе "Энергетика");

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

Уравнение 4.11 предназначено для расчета выбросов CO_2 от производства железа прямого восстановления по методу уровня 2, основанному на потреблении топлива и углеродном содержании топлива. Выбросы от производства ЖПВ рассчитывают исходя из количества потребленного топлива, коксовой мелочи, доменного кокса или других углеродсодержащих материалов и относят к сектору ППИП.

Уравнение 4.11

Выбросы CO_2 от производства железа
прямого восстановления - уровень 2

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

где:

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

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

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

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

$ЖПВ_{ЖПВ}$ = количество произведенного железа прямого восстановления, тонны;

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

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

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

$C_{ЖПВ}$ = содержание углерода в железе прямого восстановления, тонны C /тонну.

Метод уровня 3

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

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ CH₄

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

В этом разделе описан метод уровня 1 по умолчанию для оценки выбросов CH₄ от производства чугуна, агломерата и железа прямого восстановления; метод аналогичен тому, что применяется для оценки выбросов CO₂. Метод уровня 2 отсутствует. CH₄ также может выделяться из процессов производства стали, однако эти выбросы считаются весьма незначительными. Поэтому выбросы CH₄ от производства стали здесь не рассматриваются.

В методе уровня 1 для оценки выбросов CH₄ используются коэффициенты выбросов и региональные промышленные статистические данные.

Уравнение 4.12

Выбросы от производства агломерата - уровень 1

Производство агломерата:

$$E_{\text{CH}_4, \text{неэнергетич.}} = \text{АГЛ} \cdot \text{ЕФ}_{\text{АГЛ}}$$

Уравнение 4.13

Выбросы от производства чугуна - уровень 1

Производство чугуна:

$$E_{\text{CH}_4, \text{неэнергетич.}} = \text{ДЧ} \cdot \text{ЕФ}_{\text{ДЧ}}$$

Уравнение 4.14

Выбросы от производства железа прямого восстановления -
уровень 1

Производство железа прямого восстановления:

$$E_{\text{CH}_4, \text{неэнергетич.}} = \text{ЖПВ} \cdot \text{ЕФ}_{\text{ЖПВ}},$$

где:

$E_{\text{CH}_4, \text{неэнергетич.}}$ = выбросы CH₄, которые относятся к сектору ППИП, кг;

АГЛ = количество агломерата, выпущенного в регионе, тонны;

ДЧ = количество чугуна, выпущенного в регионе, тонны;

ЖПВ = количество железа прямого восстановления, выпущенного в регионе, тонны;

E_{F_x} = коэффициент выброса, кг CH_4 /тонну продукции x .

4.2.2.3 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

Коэффициенты выбросов диоксида углерода

В [таблице 4.1](#) показаны коэффициенты выбросов по умолчанию для производства кокса, агломерата, окатышей, чугуна и стали. Коэффициенты выбросов для трех способов производства стали основаны на заключении экспертов, которые опирались на типичный опыт, накопленный для различных способов производства стали. Коэффициенты выбросов по умолчанию учитывают весь углерод, потребляемый доменной печью.

Коэффициенты выбросов CO_2 по умолчанию для производства кокса и агломерата были выведены как среднеарифметическое заводских выбросов CO_2 для 11 европейских коксовых заводов и заводов по производству агломерата.

Коэффициент выбросов CO_2 для производства доменного чугуна был выведен на основании данных расчетов выбросов CO_2 по методике уровня 2 в российском национальном кадастре выбросов парниковых газов при допущении о том, что весь доменный газ был сожжен (до CO_2) с целью получения энергии в рамках интегрированного предприятия по производству чугуна и стали и не был перемещен за пределы предприятия.

Коэффициент выбросов для производства окатышей по умолчанию отражает верхнюю границу интервала значений выбросов - 30 кг CO_2 на тонну продукта; он применяется в тех случаях, когда ничего не известно об используемых видах топлива и сырья. Если известны типы расходуемых материалов, то выбросы CO_2 следует рассчитывать по методу уровня 2, с учетом потребления топлива, теплотворной способности и углеродного содержания топлива.

Для расчетов по методу уровня 1 принимается допущение о том, что топливом по умолчанию для производства железа прямого восстановления является природный газ. Подавляющее большинство мощностей по производству железа прямого восстановления (ЖПВ) по всему миру работает на природном газе, из них 63% мощности приходится на процесс MIDREX (описание технологий см. Воскобойников В.Г. и др., 2005). В настоящее время в Российской Федерации два предприятия производят железо прямого восстановления: Оскольский электрометаллургический комбинат использует технологию MIDREX и Лебедянский ГОК использует технологии MIDREX и HYL. Оба предприятия используют природный газ в качестве восстановителя. Потребление природного газа на тонну продукции ЖПВ в России - 300 - 320 м³, и углеродное содержание природного газа по данным Газпрома составляет 14,836 кг углерода на ГДж природного газа соответствует коэффициенту выбросов CO_2 0,53 тонн CO_2 на тонну продукции ЖПВ.

Таблица 4.1

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO_2 ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОКСА,

АГЛОМЕРАТА, ОКАТЫШЕЙ, ЖЕЛЕЗА ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ,
ЧУГУНА И СТАЛИ - УРОВЕНЬ 1

Процесс	Коэффициент выбросов	Источник
Производство агломерата (тонны CO ₂ на тонну продукции агломерата)	0,20	Межправительственная, 2006
Коксовая печь (тонны CO ₂ на тонну продукции кокса)	0,56	Межправительственная, 2006
Производство чугуна (тонны CO ₂ на тонну продукции доменного чугуна)	1,50	Российская, 2006 -...
Производство железа прямого восстановления (тонны CO ₂ на тонну продукции ЖПВ)	0,53	Российская, 2006 -...
Производство окатышей (тонны CO ₂ на тонну продукции окатышей)	0,03	Межправительственная, 2006

Производство стали

Кислородный конвертер и открытая подовая (мартеновская) печь (ОПП) (тонны CO ₂ на тонну продукции стали)	0,13	Российская, 2006 -...
Электродуговая печь (ЭДП) (тонны CO ₂ на тонну продукции стали)	0,05	Российская, 2006 -...
Мировой средний коэффициент (65% кислородные конвертеры, 30% ЭДП, 5% ОПП) <*> (тонны CO ₂ на тонну продукции стали)	1,06	Межправительственная, 2006

<*> Коэффициент основан на международных данных 2003 года, согласно которым на кислородные конвертеры приходилось около 63% производства стали, на ЭДП - около 33% и на ОПП - остальные 4%, которые имеют тенденцию к уменьшению. Коэффициент выбросов включает выбросы от производства чугуна.

Коэффициенты выбросов метана

Коэффициенты выбросов CH₄ по умолчанию представлены в таблице 4.2 далее. Коэффициент выбросов CH₄ уровня 1 для производства кокса был выведен как среднеарифметическое заводских выбросов CH₄ для 11 европейских коксовых заводов, данные о которых имеются в документе IPCC I&S VAT. Коэффициент выбросов CH₄ уровня 1 для производства агломерата был выведен как среднеарифметическое заводских выбросов CH₄ для 11 европейских заводов агломерата, данные о которых представлены в EMEP/CORINAIR Emissions Inventory Guidebook (EEA, 2005) и других отчетах об инвентаризации выбросов.

Таблица 4.2

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH₄ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
КОКСА, АГЛОМЕРАТА, ЖЕЛЕЗА ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ
И ЧУГУНА - УРОВЕНЬ 1**

Процесс	Коэффициент выбросов	Источник
Производство кокса	0,0001 кг на тонну продукции кокса	Межправительственная, 2006
Производство агломерата	0,07 кг на тонну продукции агломерата	Межправительственная, 2006
Производство ЖПВ	0,011 кг на тонну продукции ЖПВ	Межправительственная, 2006, Российская, 2006
Производство чугуна		Надежные коэффициенты выбросов для метода уровня 1 в Руководящих принципах МГЭИК (2006 г.) отсутствуют

Метод уровня 2

Показатели углеродного содержания по умолчанию из таблицы 4.3 следует использовать в том случае, если нет информации об условиях работы предприятий по производству чугуна, стали и кокса, но имеются подробные данные о технологических материалах и перемещениях за пределы предприятия. Метод уровня 2 рассматривает крупные материальные потоки в рамках производства чугуна, стали и кокса, которые дают выбросы (см. [уравнение 4.2](#) для интегрированного производства кокса, [уравнения 4.9 - 4.11](#) для производства чугуна и стали и [уравнение 4.3](#) для неинтегрированного производства кокса). Значения углеродного содержания в таблице 4.3 основано на данных таблиц [раздела "Энергетика"](#). Использование национальных значений углеродного содержания является предпочтительным при оценке выбросов парниковых газов на региональном уровне.

Таблица 4.3

**УГЛЕРОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОКСА,
ЧУГУНА И СТАЛИ (КГ С/КГ) - УРОВЕНЬ 2**

Технологические материалы	Углеродное содержание	
	По данным МГЭИК	По данным Российского кадастра выбросов парниковых газов
Доменный газ	0,17	

Древесный уголь <*>	0,91	
Уголь <1>	0,67	
Каменноугольный деготь	0,62	
Кокс	0,83	
Газ из камерных печей	0,47	
Коксующийся уголь	0,73	
Железо прямого восстановления (ЖПВ)	0,02	0,017
Доломит	0,13	0,12
Углеродные электроды ЭДП <2>	0,82	
Углерод шихты ЭДП <3>	0,83	
Топливное масло <4>	0,86	
Газовый кокс	0,83	
Железо горячего брикетирования	0,02	0,013
Известняк	0,12	0,115
Природный газ	0,73	14,836 кг С/ГДж
Газ кислородных сталеплавильных печей	0,35	
Нефтяной кокс	0,87	
Доменный чугун	0,04	0,043
Железный лом	0,04	0,0025
Сталь	0,01	0,0025

Источник: значения по умолчанию согласуются со значениями по умолчанию, представленными в разделе "Энергетика", и были рассчитаны на условиях, перечисленных далее. Полные ссылки на данные об углеродном содержании см. в [таблицах 1.2 и 1.3](#) в главе 1 раздела "Энергетика". Примечания:

<1> Для другого битуминозного угля.

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

<3> Для кокса коксовой печи.

<4> Для газового/дизельного топлива.

<*> Количество выбросов CO₂ от древесного угля можно рассчитать на основании этого значения углеродного содержания, но в национальных кадастрах парниковых газов оно должно быть приравнено к нулю (см. [раздел 1.2](#) в "Энергетике").

4.2.2.4 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 необходимо знать только количество стали, выплавляемой в регионе, в том числе электростали, общее количество продукции доменного чугуна, общее количество продукции кокса, железа прямого восстановления, окатышей и агломерата. В этом случае считается, что все количество кокса было произведено на интегрированных коксовых предприятиях. Эти данные можно получить в региональных органах Росстата, ответственных за промышленную статистику, торгово-промышленных ассоциациях или металлургических компаниях. Общее производство нерафинированной стали определяют, как общий выпуск товарных слитков, полуфабрикатов непрерывного разлива и жидкой стали для литья.

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо знать общие объемы производства и использования чугуна, стали, газа из камерных печей, доменного газа и технологических материалов (таких как известняк, применяемый для производства чугуна и стали, стальной лом), железа прямого восстановления, агломерата и кокса, а также объемы производства кокса на месте и на стороннем предприятии. Эти данные можно получить из региональных органов Росстата, ответственных за промышленную или энергетическую статистику, торгово-промышленных ассоциаций или металлургических компаний. Эти количества можно затем умножить на соответствующее углеродное содержание по умолчанию из [таблицы 4.3](#) и, используя [формулы 4.9 - 4.11](#), рассчитать выбросы CO₂ от этого сектора. При отсутствии данных о производстве и использовании газа из камерных печей и доменного газа можно оценивать выбросы CO₂ без их учета, при этом все выбросы от сжигания этих газов будут включены в выбросы CO₂ от производства кокса и от производства чугуна соответственно. При этом рекомендуется собирать данные о деятельности на уровне завода. Если это не ключевая категория и общеотраслевые данные о восстановителях и технологических материалах не известны, то выбросы можно рассчитать по методу уровня 1.

4.2.2.5 Полнота

Взаимосвязь с сектором "Энергетика"

При оценке выбросов от этой категории источников (производство кокса (Энергетика) и производство чугуна и стали (ППИП)) существует опасность двойного учета или пропуска либо в секторе ППИП, либо в секторе "Энергетика". Поскольку первичное использование углеродных источников (в основном кокса, но также и угля, нефти, природного газа, известняка и т.д.) направлено на производство доменного чугуна, то выбросы CO₂ и CH₄ от производства чугуна и стали, включая производство агломерата, следует относить к выбросам от промышленных процессов и учитывать в секторе ППИП. Выбросы CO₂ и CH₄ от производства кокса (потребление топлива и потери при переработке) относятся к категории производства энергии и должны быть учтены в этой категории. Однако на предприятии по производству чугуна и стали с интегрированным производством кокса, могут существовать потоки побочных продуктов (таких как, газ из камерных печей, доменный газ, побочные продукты коксовой печи) между заводом по производству кокса и заводом по производству чугуна и стали, что создает потенциальную вероятность двойного учета. Углерод, потребленный из газа камерных печей на предприятии по производству чугуна и стали, в результате чего образовались выбросы CO₂ и CH₄, следует относить к ППИП и учитывать в этой категории. Углерод, потребленный в виде доменного газа на интегрированном предприятии по производству кокса, в результате чего образовались выбросы

CO₂ и CH₄, относят к энергетическим выбросам и учитывают в категории "Энергетика". Отслеживание таких углеродных потоков требует хорошего знания принципов инвентаризации в этой категории источников.

Поскольку кокс играет существенную роль в формировании выбросов CO₂, важно учитывать производство кокса на интегрированном предприятии и определять границы углеродного баланса для предприятия по выпуску чугуна и стали, чтобы не допустить двойного учета выбросов CO₂. Выбросы CO₂ и CH₄, связанные с производством кокса на месте и на отдельном предприятии, следует отнести к сектору "Энергетика" (см. [том 2](#)).

Другие формы углерода

Несмотря на то, что основным средством производства нерафинированного железа или доменного чугуна является доменная печь, работающая на коксе, другие формы углерода (например, угольная пыль, побочные продукты перегонки угля, вторсырье от пластмассы и шин, природный газ или топливное масло) могут быть также использованы в доменной печи частично вместо кокса. В этих случаях эти материалы учитывают, как источники углерода для промышленных процессов (также как кокс), и эти материалы следует вычесть из общей энергетической статистики, если они были в нее включены. Чугун можно также производить в других видах промышленных установок, помимо доменных печей, часто с использованием природного газа или угля вместо кокса, и эти источники углерода следует учитывать также как кокс, поскольку они используются в тех же целях.

В большинстве доменных печей для облегчения процесса производства чугуна используют карбонатные флюсы (известняк или доломит). Поскольку эти материалы являются необходимым сырьем для промышленного процесса, их следует включать в кадастр выбросов от производства чугуна и стали. Нельзя допускать двойного учета выбросов, связанных с использованием известняка и доломита, если они отдельно учитываются в секторе производства минеральных материалов. (См. [раздел 2.5](#) (Другие процессы с использованием карбонатов)).

Агломерат

Некоторые интегрированные предприятия включают заводы агломерата, на которых из железосодержащих материалов мелкой фракции получают агломерат, который используется в качестве сырья доменной печи. Мелкий кокс (или коксовая мелочь), используемый в качестве топлива в процессе получения агломерата, обычно является источником выбросов CO₂ и CH₄. Если коксовая мелочь производится на коксовом заводе в рамках предприятия, и выбросы CO₂ и CH₄ учитываются вместе с углем, поступающим на предприятие, или если коксовая мелочь учитывается иным способом как закупленный кокс, то выбросы CO₂ и CH₄ от использования кокса для получения агломерата не должны учитываться дважды. Выбросы от производства агломерата относятся к категории выбросов ППИП и должны быть учтены в этой категории.

Отходящие газы

Важно не допускать двойного учета побочных газов доменной печи (таких как доменный газ) или извлеченного отходящего газа конвертерных печей как энергию в энергетическом секторе, если они были учтены как выбросы от промышленного процесса. Выбросы от промышленных процессов должны включать все углеродные материалы, загружаемые в доменную печь в качестве первичного восстановителя. В типичном полностью интегрированном производстве кокса, чугуна и стали можно сделать поправку на побочные продукты коксовой печи и на углеродное содержание отгружаемой стали, о чем должно быть ясно сказано в описании процесса. В

некоторых случаях необходимо сделать поправку на доменный газ или на чугун, который может быть продан или перемещен за пределы предприятия. Технологические потоки отработанных газов наглядно показаны на [рисунках 4.1 - 4.5](#).

Потребление электродов

Потребление электродов составляет около 3,5 кг/тонну для ЭДП. Однако, в зависимости от характеристик исходных материалов, некоторое количество углерода может быть добавлено в ЭДП (обычно около 20 кг/тонну) для регулирования процесса или может содержаться в материалах шихты в составе железного скрапа, что отражает все более растущую тенденцию. В этих случаях выбросы CO₂ от этих дополнительных углеродсодержащих материалов следует рассматривать и учитывать, как выбросы от промышленных процессов, поскольку их углеродное содержание, по-видимому, не было учено нигде в другом месте кадастра. Кроме того, если природный газ используется для ускорения реакций в ЭДП в качестве восстановителя, то его следует учитывать, как источник углерода и относить к сектору ПШИП, также как все технологические материалы, используемые при производстве чугуна и стали.

Некоторые специальные марки сталей производят в электроиндукционных печах, в которых загрузка на 100% состоит из стального лома и, в которых нет углеродных электродов. Такие процессы не выделяют заметных количеств CO₂ или CH₄.

Процесс ОПП

Хотя плавка в мартеновских печах (ОПП) уже не является преобладающей технологией, в некоторых регионах необходимо учитывать выбросы CO₂ от ОПП. Мартеновскую печь обычно загружают расплавленным чугуном и ломом, как и кислородный конвертер, и подают кислород; снижение концентрации углерода в чугуне и плавление шихты также происходит при сжигании ископаемого топлива (например, природного газа, топливного масла, угля или дегтя) по поверхности ванны с шихтой. Углерод топлива, используемого в мартеновской печи, должен быть учтен как выбросы ПШИП.

4.2.3 Оценка неопределенностей

Коэффициенты выбросов по умолчанию для производства кокса, чугуна и стали, используемые при расчетах уровня 1, имеют неопределенность +/- 25%. Считается, что значения углеродного содержания материалов для уровня 2 имеют неопределенность 10%. В [таблице 4.4](#) представлены диапазоны неопределенности для коэффициентов выбросов, углеродного содержания и данных о деятельности.

Для уровня 1 самой важной информацией о деятельности являются данные о производстве стали по каждому конкретному способу. Можно предполагать, что данные региональных статистик будут иметь неопределенность +/- 10%. Для уровня 2 неопределенность для общего количества восстановителя и технологического материала для производства чугуна и стали, по-видимому, будет в пределах 10%.

Таблица 4.4

ДИАПАЗОНЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Метод	Источник данных	Диапазон
-------	-----------------	----------

		неопределенности
Уровень 1	Коэффициенты выбросов по умолчанию Национальные данные о производстве	+/- 25% +/- 10%
Уровень 2	Углеродное содержание по умолчанию для конкретного материала Национальные данные о восстановителях и технологических материалах	+/- 10% +/- 10%
Уровень 3	Данные, о технологических материалах, полученные от компаний Данные измерений CO ₂ и CH ₄ от конкретных компаний Коэффициенты выбросов для конкретных компаний	+/- 5% +/- 5% +/- 5%

4.3 ПРОИЗВОДСТВО ФЕРРОСПЛАВОВ

4.3.1 Введение

Термин "ферросплав" применяется для описания концентрированных сплавов железа и одного или более металлов, таких как кремний, марганец, хром молибден, ванадий и вольфрам. Производство металлического кремния обычно включают в группу ферросплавов, потому что процесс производства металлического кремния подобен процессу производства ферросилиция. Эти сплавы используются для раскисления и изменения свойств стали. Заводы ферросплавов производят концентрированные сплавы, которые доставляются на сталеплавильные заводы для добавления в сталь. Металлический кремний используется в алюминиевых сплавах, для производства силиконов и в электронике. Производство ферросплавов включает процесс металлургического восстановления, что приводит к значительным выбросам диоксида углерода.

При производстве ферросплавов сырая руда, углеродные материалы и шлакообразующие материалы смешивают и нагревают до высокой температуры с целью восстановления и плавления. В качестве углеродсодержащих восстановителей обычно используют уголь и кокс, однако биоуглерод (древесный уголь и древесина) также широко применяется в качестве первичного или вторичного источника углерода. Выбросы диоксида углерода (CO₂) и метана (CH₄) от производства кокса учитываются в [разделе 4.2](#) и относятся по сектору "Энергетика". Используется электрическая печь с погруженной дугой с графитовыми электродами или расходными электродами Содерберга. Тепло производится с помощью электрической дуги, как результат сопротивления материалов шихты. Печи могут быть открытого, полужакрытого и закрытого типа. В широко распространенной технологии используется печь с погруженной дугой и открытым верхом (ЭДП). В ЭДП тепло производит ток, проходящий через графитовые электроды, подвешенные в чашеобразной футерованной стальной оболочке. По мере расходования коксовых и графитовых электродов происходит восстановление оксидов металлов углеродом. Углерод электродов присоединяет кислород из оксидов металла с образованием CO, при этом руда восстанавливается до металлического расплава. Металлические компоненты затем соединяются в растворе.

Кроме выбросов от восстановителей и электродов, свой вклад в выбросы парниковых газов вносит кальцинирование карбонатных флюсов, таких как известняк или доломит.

Первичные выбросы в закрытых дуговых печах состоят почти полностью из CO, а не из CO₂, вследствие наличия сильной восстанавливающей среды. Этот CO либо используют для получения энергии для котлов, либо сжигают в факеле. Считается, что получаемая при этом энергия используется внутри завода и углеродное содержание CO последовательно превращается в CO₂ в пределах завода.

CO, производимый в открытых и полужакрытых печах, сгорает до CO₂ над шихтой. Считается, что весь CO, улетающий в атмосферу, через несколько дней превращается в CO₂. В то время как CO₂ - это основной парниковый газ, образующийся при производстве ферросплавов, последние исследования показали, что CH₄ и N₂O дают одинаковые выбросы парникового газа в размере до 5% от выбросов CO₂ при производстве ферросилиция (FeSi) и сплавов кремний-металл (Si-металл). В этом разделе рассмотрены методики оценки выбросов CO₂ и CH₄. Следует изучить более тщательно выбросы этих веществ от производства всех видов ферросплавов и провести дополнительные измерения таких выбросов от производства FeSi и Si-металл.

4.3.2 Вопросы методологии

4.3.2.1 Выбор метода оценки CO₂

Существуют различные методики расчета выбросов CO₂ от производства ферросплавов. Для практических целей в этом разделе принят массово-балансовый метод, в котором все выбросы CO приравниваются к выбросам CO₂. Выбор метода в эффективной практике зависит от национальных и региональных условий. В методе уровня 1 выбросы рассчитывают путем умножения общих коэффициентов выбросов на объем производства ферросплавов. Метод уровня 1 очень простой и может давать ошибки вследствие использования допущений вместо фактических данных. Поэтому этот уровень применим только в том случае, если производство ферросплавов не является ключевой категорией. В методе уровня 2 выбросы рассчитывают на основании потребления восстановителей, предпочтительно на уровне завода, но также можно использовать промышленные данные на уровне региона и коэффициенты выбросов аналогичные тем, что используются для оценки выбросов от сжигания. В методе уровня 3 используются данные о выбросах отдельных заводов.

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

Самый простой метод оценки заключается в умножении коэффициентов выбросов по умолчанию на количество продукции по отдельным типам ферросплавов, см. уравнение 4.15

Уравнение 4.15

Выбросы CO₂ от производства ферросплавов - уровень 1

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

где:

E_{CO_2} = выбросы CO₂, тонны;

MP_i = производство ферросплава типа i , тонны;

EF_i = коэффициент выбросов для ферросплава типа i , тонны CO_2 /тонну продукции ферросплава этого типа.

Метод уровня 2: расчет, основанный на количестве продукции и коэффициентах выбросов для отдельных видов сырья

Альтернативный метод заключается в применении коэффициентов выбросов для восстановителей. Для других видов сырья и продукции используют углеродное содержание.

Блок 4.1
<p>Объяснение для слов/символов, используемых в уравнениях этого раздела: Содержание означает весовую долю во всех уравнениях \sum означает сумму всех i, h, j, k или l</p>

Уравнение 4.16

Выбросы CO_2 от производства ферросплавов - уровень 2

$$\begin{aligned}
 E_{CO_2} = & \sum_i (M_{\text{восстан.}i} \cdot EF_{\text{восстан.}i}) + \sum_h (M_{\text{руда},h} \cdot \text{CСодержание}_{\text{руда},h}) \cdot \frac{44}{12} + \\
 & + \sum_j (M_{\text{шлакообр.},j} \cdot \text{CСодержание}_{\text{шлакообр.},j}) \cdot \frac{44}{12} - \\
 & - \sum_k (M_{\text{продукт},k} \times \text{CСодержание}_{\text{продукт},k}) \cdot \frac{44}{12} - \\
 & - \sum_l (M_{\text{исходящий непродукт.поток},l} \cdot \text{CСодержание}_{\text{исходящий непродукт.поток},l}) \cdot \frac{44}{12},
 \end{aligned}$$

где:

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

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

$EF_{\text{восст.}i}$ = коэффициент выбросов для восстановителя i , тонны CO_2 /тонну восстановителя;

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

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

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

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

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

$C_{\text{Содержание}}^{\text{продукт},k}$ = углеродное содержание продукта k, тонны C/тонну продукта;

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

$C_{\text{Содержание}}^{\text{исходящий непродукт. поток},l}$ = углеродное содержание непродуктивного исходящего потока l, тонны C/тонну;

Константа 44/12 - коэффициент для получения массы CO₂, выделившегося из каждой массовой единицы суммарного потребления углерода.

Метод уровня 3:

Метод уровня 3 описан в (Межправительственная, 2006)

Методика оценки выбросов CH₄ и обсуждение выбросов N₂O

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

В Методических рекомендациях рассматривается несколько методов расчета выбросов CH₄ от производства FeSi- и Si-ферросплавов. Выбор метода в эффективной практике зависит от национальных условий. В методе уровня 1 выбросы рассчитывают исходя из общих коэффициентов выбросов и общего объема производства ферросплавов. Метод уровня 1 очень простой и может давать ошибки, поскольку основан на допущениях, а не на фактических данных. Поэтому его следует применять только в том случае, если производство ферросплавов не является ключевой категорией. В методе уровня 2 выбросы рассчитывают исходя из коэффициентов выбросов для конкретного процесса.

Ошибки, связанные с оценкой или измерением выбросов N₂O от промышленности ферросплавов, очень велики и поэтому не существует методики оценки выбросов N₂O.

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

Простейший метод оценки заключается в умножении коэффициентов выбросов по умолчанию на количество произведенных кремниевых сплавов по типам сплавов. Общие выбросы рассчитывают согласно уравнению:

Уравнение 4.17

Выбросы CH₄ от производства ферросплавов - уровень 1

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

где:

E_{CH_4} = выбросы CH₄, кг;

MP_i = производство кремниевого сплава i, тонны;

EF_i = коэффициент выбросов для кремниевого сплава i, кг CH₄/тонну продукции кремниевого сплава.

Метод уровня 2: расчет, основанный на количестве продукции FeSi и кремниевых сплавов по конкретным технологиям

Метод уровня 2 также основан на коэффициентах выбросов, но в отличие от уровня 1, коэффициенты выбросов специфичны для каждой технологии.

Метод уровня 3:

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

4.3.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Коэффициенты выбросов CO₂

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

Если известны только данные региональной статистики о производстве ферросплавов, то в эффективной практике используют коэффициенты по умолчанию. Однако, из-за большого различия коэффициентов в зависимости от типа производства ферросплавов, необходимо определить тоннаж производства по каждому из типов производства и затем суммировать результаты умножения коэффициентов из [таблицы 4.5](#) на соответствующий тоннаж продукции. Эти коэффициенты основаны на оценке экспертов, которые опирались на типовые сценарии производства ферросплавов. Если для производства FeSi и Si-сплавов используется биоуглерод, за исключением щепы, то эти коэффициенты не применимы.

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

Таблица 4.5

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА РАЗЛИЧНЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ (ТОННЫ CO₂ НА ТОННУ ПРОДУКТА)

Тип ферросплава	Коэффициент выбросов
Ферросилиций 45% Si	2,5
Ферросилиций 65% Si	3,6
Ферросилиций 75% Si	4,0

Ферросилиций 90% Si	4,8
Ферромарганец (7% C)	1,3
Ферромарганец (1% C)	1,5
Силикомарганец	1,4
Металлический кремний	5,0
Феррохром	1,3 (1,6 с заводом агломерата)
Источник: Межправительственная, 2006	

Коэффициент для FeSi 90 и кремниевых сплавов основан на потреблении C из заправочного материала, которое составляет 110% от стехиометрического количества, необходимого для восстановления SiO₂. Для остальных FeSi-сплавов коэффициент выбросов определяется на основе 114% от необходимого стехиометрического количества углерода.

Метод уровня 2: расчет, основанный на количестве продукции и коэффициентах выбросов для различных сырьевых материалов

Коэффициенты выбросов для восстановителей, используемых в производстве марганцевых и кремниевых сплавов, даны в таблице 4.6.

Таблица 4.6

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ
(ТОННЫ CO₂/ТОННУ ВОССТАНОВИТЕЛЯ)**

Восстановитель (применение)	Коэффициент выбросов
Уголь (для FeSi и кремниевых сплавов)	3,1
Кокс (для FeMn и SiMn)	3,2 - 3,3
Кокс (для Si и FeSi)	3,3 - 3,4
Термически обработанные электроды	3,54
Электродная масса	3,4
Нефтяной кокс	3,5
Источник: Межправительственная, 2006	

Коэффициенты выбросов CH₄

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

Если известны только данные региональной статистики о производстве ферросплавов, то в

эффективной практике используют коэффициенты по умолчанию. Однако, вследствие сильного отличия коэффициентов в зависимости от вида ферросплавов, необходимо определить тоннаж производства по каждому виду ферросплавов и суммировать результат умножения коэффициентов из таблицы 4.7 на соответствующий тоннаж.

Таблица 4.7

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH₄ ПО УМОЛЧАНИЮ
(КГ CH₄/ТОННУ ПРОДУКТА)**

Выбросы	Сплав	Коэффициент выбросов
CH ₄	Si-металл	1,2
	FeSi 90	1,1
	FeSi 75	1,0
	FeSi 65	1,0
Источник: Межправительственная, 2006		

Метод уровня 2: расчет, основанный на количестве продукции FeSi и Si-сплавов и коэффициентах выбросов для отдельных технологий

Метод уровня 2 также основан на коэффициентах выбросов, но в отличие от метода уровня 1 эти коэффициенты специфичны для каждого из способов производства. В остальном этот метод совпадает с тем методом, который описан [уравнением 4.17](#), с использованием значений из [таблицы 4.8](#).

4.3.2.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 требуется информация только об объемах производства отдельных типов ферросплавов в регионе. Эти данные можно получить в региональных органах Росстата, ответственных за промышленную статистику, в торгово-промышленных ассоциациях или в компаниях по выпуску ферросплавов. Эти объемы производства следует умножить на соответствующий коэффициент выбросов из [таблицы 4.5](#) для оценки выбросов CO₂ от этого сектора и из [таблицы 4.7](#) для оценки выбросов CH₄ от этого сектора.

Таблица 4.8

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH₄ ПО УМОЛЧАНИЮ
(КГ CH₄/ТОННУ ПРОДУКТА)**

Выбросы	Сплав	Способ производства		
		Загрузка шихты партиями	Непрерывная загрузка шихты	Непрерывная загрузка шихты >

			<1>	750 °C <2>
CH ₄	Si-металл	1,5	1,2	0,7
	FeSi 90	1,4	1,1	0,6
	FeSi 75	1,3	1,0	0,5
	FeSi 65	1,3	1,0	0,5

<1> Непрерывная загрузка - это постоянная загрузка шихты через каждую минуту.
 <2> Измерение температуры в каналах отходящего газа, если термометра не может "видеть" сжигание в колпаке печи.

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо знать общее количество восстановителя и других материалов, используемых для производства ферросплавов в регионе, а также типы процессов. Эти данные можно получить в торгово-промышленных ассоциациях или в компаниях по выпуску ферросплавов. Эти количества затем умножают на соответствующие коэффициенты выбросов из таблиц 4.6 и 4.8, суммируют и получают общее количество выбросов CO₂ и CH₄ от этого сектора. Предпочтительным является сбор данных на уровне завода.

4.3.2.4 Полнота

При расчете выбросов CO₂ от этой категории источников существует опасность двойного учета или пропуска либо в секторе ППИП, либо в секторе "Энергетика". Поскольку первичное использование углеродных источников (уголь, кокс, известняк, доломит и т.д.) связано с производством ферросплавов, то выбросы рассматриваются как выбросы от промышленных процессов и должны быть учтены как таковые. Следует отметить, что вероятность двойного учета особенно велика при использовании метода уровня 1.

4.3.3 Оценка неопределенностей

Оценки неопределенностей для производства ферросплавов вытекают в основном из неопределенностей, связанных с данными о деятельности, и в меньшей степени из неопределенностей, связанных с коэффициентом выбросов. Выбросы от производства ферросплавов с использованием древесины или другой биомассы не учитываются в этой категории, поскольку углерод древесины является биогенным. Выбросы от производства ферросплавов с использованием угля и графита учитывают в национальных трендах, однако они могут давать различные количества CO₂ на единицу продукции ферросплава по сравнению с использованием нефтяного кокса.

4.3.3.1 Неопределенности коэффициентов выбросов

Для метода уровня 2 считается, что коэффициенты выбросов для отдельных видов материалов будут меняться в пределах 10%, что в целом дает более низкую неопределенность, чем для метода уровня 1. Неопределенность коэффициентов выбросов по умолчанию, используемых в методе уровня 1, составляет от 25 до 50%.

4.3.3.2 Неопределенности данных о деятельности

Для метода уровня 1 самыми важными данными о деятельности являются данные о производстве по типам ферросплавов. Статистические данные должны быть известны; неопределенность данных региональной статистики, вероятно, составляет менее 5%. Для метода уровня 2 неопределенность информации на уровне завода о количествах восстановителя и технологических материалов не превышает 5%.

Таблица 4.9

ДИАПАЗОНЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Метод	Источник данных	Диапазон неопределенности
Уровень 1	Данные о региональном производстве	< 5%
	Коэффициенты выбросов по умолчанию	< 25 %
Уровень 2	Данные о восстановителях и технологических материалах от компаний	< 5%
	Региональные данные о восстановителях и технологических материалах	< 5%
	Заводские коэффициенты выбросов	< 5%
	Коэффициенты выбросов по умолчанию для отдельных материалов	< 10%
Уровень 3	Заводские измерения CO ₂	< 5%
Источник: Межправительственная, 2006		

4.4 ПРОИЗВОДСТВО ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

4.4.1 Введение

В этом разделе рассматриваются выбросы от процессов производства первичного алюминия <18>. Во всем мире первичный алюминий производится по электролитическому способу Холла-Херулта. В этом способе ванны электролитического восстановления различаются по форме и конфигурации углеродного анода и системе подачи глинозема; различают четыре типа технологии: центральное предварительное спекание (CWPB) <19>, боковое предварительное спекание (SWPB), горизонтальный метод Стада Содерберга (HSS) и вертикальный метод Стада Содерберга (VSS).

<18> Выбросы от сжигания ископаемого топлива, связанные с производством первичного алюминия, добычей бокситов, обогащением бокситовых руд и восстановлением алюминия из вторсырья, рассмотрены в [разделе "Энергетика"](#). Выбросы диоксида углерода, связанные с производством энергии путем сжигания ископаемого топлива с целью производства алюминия,

также рассмотрены в [разделе "Энергетика"](#).

<19> Включая электролизеры с точечной загрузкой и электролизеры с пробойником блочного типа.

Наиболее значительными выбросами являются:

- диоксид углерода (CO₂) в результате реакции углерода углеродных анодов с оксидом алюминия с образованием металлического алюминия;

- перфторуглероды (ПФУ) - выбросы CF₄ и C₂F₆ в результате анодных эффектов. В меньших количествах имеют место выбросы CO, SO₂ и ЛНОС от производственных процессов. SF₆ не выделяется в электролитическом процессе и вообще очень редко применяется в процессе производства алюминия - лишь небольшие количества SF₆ выделяются при флюсовании алюминиевых сплавов с высоким содержанием магния <20>.

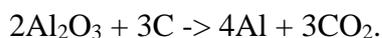
<20> В 2004 году проверка IAI не обнаружила выбросов SF₆ от производства первичного алюминия по электролитическому способу Холла-Херулта.

Составители кадастра в регионах, где производится алюминий, должны быть в состоянии применить метод минимального уровня 1 и обеспечить тем самым полноту учета. Хотя в этой главе представлены коэффициенты выбросов по умолчанию для CO₂ и ПФУ, составители кадастра должны предпринять все усилия, чтобы использовать методы более высокого уровня, поскольку интенсивности выбросов могут меняться в значительной степени и неопределенность, связанная с коэффициентами уровня 1, очень высока. Производители алюминия в плановом порядке (рутинно) собирают данные о процессе, необходимые для расчета коэффициентов выбросов уровня 2.

4.4.2 Вопросы методологии

4.4.2.1 Выбор метода для выбросов CO₂ от производства первичного алюминия

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



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

Реакции, приводящие к выбросам CO₂, хорошо понятны, и эти выбросы напрямую связаны с объемами производства алюминия через фундаментальные электрохимические уравнения восстановления алюминия на углеродном аноде и с объемами окисления углерода в термических процессах. Эти фундаментальные параметры процесса, с которыми связаны выбросы CO₂, относятся к числу постоянно наблюдаемых параметров процесса на предприятиях; на предприятиях с предварительной термической обработкой измеряют нетто-потребление углерода

в составе анода, а на предприятиях с процессом Содерберга - потребление анодной массы.

Для расчетов выбросов CO₂ требуются данные о производстве отдельно по технологии Содерберга и по технологии с предварительным обжигом. Дальнейшая дифференциация данных по подтипам технологии Содерберга или по подтипам технологии с предварительным обжигом не требуется.

Метод уровня 1 для выбросов CO₂

В методе уровня 1 для расчета выбросов CO₂ необходимо знать только основной тип технологии (с предварительным обжигом или Содерберга), поскольку это самый низкий уровень оценки выбросов CO₂ от производства алюминия. Так как метод уровня 1 связан с высокой неопределенностью, то эффективная практика предусматривает использование методов более высокого уровня в том случае, если выбросы CO₂ от производства первичного алюминия относятся к ключевой категории. Общие выбросы CO₂ рассчитывают по уравнению 4.18.

Уравнение 4.18

Выбросы CO₂, связанные с потреблением анода
и/или анодной массы, - уровень 1

$$E_{CO_2} = EF_P \cdot MP_P + EF_S \cdot MP_S,$$

где:

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

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

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

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

MP_S = производство металла по технологии Содерберга (тонны Al).

Метод уровня 2 для оценки выбросов CO₂

Для обеих технологий (с предварительным обжигом и Содерберга) выбросы CO₂ рассчитывают по массово-балансовому методу, который предполагает, что углеродное содержание израсходованного количества анодов или анодной массы дает исключительно выбросы CO₂. В методе уровня 2 для обоих этих процессов используются типичные промышленные концентрации примесей.

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

Выбросы CO₂ по методу уровня 2 для электролизеров с предварительным обжигом рассчитывают по уравнению 4.19. В методе уровня 2 для некоторых параметров используются значения по умолчанию. В [разделе 4.4.2.2](#) более детально рассмотрено использование этих параметров.

Уравнение 4.19

Выбросы CO₂, связанные с потреблением предварительно обожженного анода, - уровень 2 и 3

$$E_{CO_2} = NAC \cdot MP \cdot \frac{100 - S_a - Зола_a}{100} \cdot \frac{44}{12},$$

где:

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

MP = общее производство металла, тонны Al;

NAC = нетто-потребление предварительно обожженных анодов на тонну алюминия, тонны C/тонну Al;

S_a = содержание серы в обожженных анодах, вес.%;

Зола_a = содержание золы в обожженных анодах, вес.%;

44/12 = отношение молекулярной массы CO₂ к атомной массе углерода, относительные единицы.

Уравнение 4.19 следует применять для каждого предприятия с предварительным обжигом и суммировать результаты для получения общих выбросов CO₂ в регионе.

Выбросы от сжигания ископаемого топлива, используемого при производстве обожженных анодов, рассмотрены в разделе "Энергетика". Однако два других источника выбросов CO₂ связаны с печами обжига анодов - сжигание летучих веществ, выделившихся при обжиге, и сжигание материала загрузки печи (кокс). Для расчета таких выбросов можно использовать уравнения 4.20 и 4.21.

Уравнение 4.20

Выбросы CO₂ от сжигания летучих веществ смолы - методы уровня 2 и 3

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

где:

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

GA = начальный вес необожженных анодов, тонны;

H_w = содержание водорода в необожженных анодах, тонны;

BA = вес обожженных анодов, тонны;

WT = собранные отходы дегтя, тонны.

Уравнение 4.21

Выбросы CO₂ от материала загрузки печи
обжига - методы уровня 2 и 3

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

где:

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

PCC = потребление кокса, тонны/тонну обожженных анодов;

BA = вес обожженных анодов, тонны;

S_{pc} = содержание серы в коксе загрузки, вес.%;

Зола_{pc} = содержание золы в коксе загрузки, вес.%;

Выбросы CO₂ от электролизеров Содерберга (VSS и HSS):

Выбросы CO₂ по методу уровня 2 для электролизеров Содерберга рассчитывают по уравнению 4.22. Для метода уровня 2 для некоторых компонентов используются значения по умолчанию. В разделе 4.4.2.2 более детально рассмотрено использование этих параметров.

Уравнение 4.22

Выбросы CO₂ от потребления
анодной массы - методы уровня 2 и 3

$$E_{CO_2} = \left(PC \cdot MP - \frac{CSM \cdot MP}{1000} - \frac{BC}{100} \cdot PC \cdot MP \cdot \frac{S_p + Зола_p + H_p}{100} - \frac{100 - BC}{100} \cdot PC \cdot MP \cdot \frac{S_c + Зола_c}{100} - MP \cdot CD \right) \cdot \frac{44}{12}$$

где:

E_{CO_2} = выбросы CO₂ от потребления анодной массы, тонны CO₂;

MP = общее производство металла, тонны Al;

PC = потребление анодной массы, тонны/тонну Al;

CSM = выбросы веществ, растворимых в циклогексане, кг/тонну Al;

BC = содержание связующего в анодной массе, вес.%;

S_p = содержание серы в смоле, вес.%;

$Зола_p$ = содержание золы в смоле, вес.%;

H_p = содержание водорода в смоле, вес.%;

S_c = содержание серы в кальцинированном коксе, вес.%;

$Зола_c$ = содержание золы в кальцинированном коксе, вес.%;

CD = углерод в пыли, отходящей от ванн Содерберга, тонны C/тонну Al;

$44/12$ = отношение молекулярной массы CO_2 к атомной массе углерода, относительные единицы.

Уравнение 4.22 следует применить к каждому предприятию в регионе, работающему по технологии Содерберга, и суммировать результаты для получения общих региональных выбросов. Можно использовать гибридный метод уровня 2/3, если данные о содержании золы или серы известны не для всех предприятий.

Метод уровня 3

Метод уровня 3 описан в (Межправительственная, 2006).

4.4.2.2 Выбор коэффициентов выбросов CO_2 от производства первичного алюминия

Метод уровня 1 для выбросов CO_2

В таблице 4.10 перечислены коэффициенты выбросов по умолчанию для CO_2 на тонну алюминия. Коэффициенты выбросов 1,6 и 1,7 для технологии предварительного обжига и технологии Содерберга основаны на данных глобального исследования, проведенного Международным институтом алюминия (IAI).

Таблица 4.10

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO_2 ДЛЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ АНОДА ИЛИ АНОДНОЙ МАССЫ, ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - УРОВЕНЬ 1

Технология	Коэффициент выброса (тонны CO_2 /тонну Al)	Неопределенность (+/- %)
С предварительным обжигом анодов <21>	1,6	10
Содерберга	1,7	10

Источник: Межправительственная, 2006

<21> Коэффициенты выбросов для технологии с предварительным обжигом включают выбросы CO₂ от сжигания летучих веществ смолы и кокса загрузки печи.

Коэффициенты выбросов уровня 2 для оценки выбросов CO₂

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

Наиболее важными членами [уравнения 4.19](#) для технологии с предварительным обжигом являются производство металла и нетто-потребление анодов. Данные об этих параметрах для использования метода уровня 2 следует брать у отдельных предприятий. Другие члены уравнения учитывают влияние неуглеродных компонентов анодов (сера, зола и т.п.) и поэтому не критичны. Метод уровня 2 основан на использовании значений по умолчанию из [таблиц 4.11 - 4.13](#). Обычно на предприятиях по производству первичного алюминия ведется учет углерода, израсходованного на тонну продукции алюминия, в виде экономических показателей. На предприятиях, использующих предварительный обжиг анодов, этот параметр называется "нетто-потребление анодов или углерода", а на предприятиях, использующих технологию Содерберга, - "потребление анодной массы".

Выбросы CO₂ от электролизеров Содерберга (VSS и HSS):

Как было отмечено для потребления предварительно обожженных анодов, самыми важными членами [уравнения 4.22](#) являются производство металла и потребление анодной массы. Другие члены уравнения 4.22, которые зависят от количества примесей и небольших изменений в содержании углерода, меньше влияют на результат. Метод уровня 2 предполагает использование значений по умолчанию из [таблицы 4.14](#). Содержание связующего в анодной массе (BC, см. уравнение 4.22) обычно меняется в пределах 1%.

Таблица 4.11

**ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ ПАРАМЕТРОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ТЕХНОЛОГИИ
С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ОБЖИГОМ (CWPB И SWPB),
СМ. [УРАВНЕНИЕ 4.19](#) - МЕТОД УРОВНЯ 2**

Параметр	Источник данных	Неопределенность (+/- %)
MP: общее производство металла (тонны алюминия в год)	Данные от отдельных предприятий	2
NAC: нетто-потребление анодов на тонну алюминия (тонны на тонну Al)	Данные от отдельных предприятий	5
S _a : содержание серы в обожженных анодах (вес.%)	Использовать типичное значение для данной промышленности 2%	50
Зола _a содержание золы в обожженных анодах (вес.%)	Использовать типичное значение для данной промышленности 0,4%	85

Таблица 4.12

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ ПАРАМЕТРОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ СЖИГАНИЯ ЛЕТУЧИХ
ВЕЩЕСТВ СМОЛЫ (CWPB И SWPB),
СМ. [УРАВНЕНИЕ 4.20](#) - МЕТОД УРОВНЯ 2

Параметр	Источник данных	Неопределенность (+/- %)
GA: начальный вес необожженных анодов (тонны необожженных анодов в год)	Данные от отдельных предприятий	2
H _w : содержание водорода в необожженных анодах (тонны)	Использовать типичное значение для данной промышленности 0,005 · GA	50
BA: производство обожженных анодов (тонны в год)	Данные от отдельных предприятий	2
WT: собранные отходы дегтя (тонны) а) Печи Райдхаммера б) Все другие печи	Использовать типичное значение для данной промышленности а) 0,005 · GA б) незначительно	50

Таблица 4.13

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ ПАРАМЕТРОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ЗАГРУЗКИ ПЕЧИ ОБЖИГА
(CWPB И SWPB), СМ. [УРАВНЕНИЕ 4.21](#) - МЕТОД УРОВНЯ 2

Параметр	Источник данных	Неопределенность (+/- %)
PCC: потребление кокса (тонны/тонну обожженных анодов)	Использовать типичное значение для данной промышленности 0,015	25
BA: производство обожженных анодов (тонны в год)	Данные от отдельных предприятий	2
S _{рс} : содержание серы в коксе загрузки печи (вес.%)	Использовать типичное значение для данной промышленности 2%	50
Зола _{рс} : содержание золы в	Использовать типичное значение	95

коксе загрузки печи (вес.%)	для данной промышленности 2,5%	
-----------------------------	--------------------------------	--

Таблица 4.14

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ ПАРАМЕТРОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ВАНН СОДЕРБЕРГА
(VSS И HSS) - МЕТОД УРОВНЯ 2

Параметр	Источник данных	Неопределенность (+/- %)
MP: общее производство металла (тонны Al/год)	Данные от отдельных предприятий	2
PC: потребление анодной массы (тонны на тонну Al)	Данные от отдельных предприятий	2 - 5
CSM: выбросы веществ, растворимых в циклогексане (кг на тонну Al)	Использовать типичное отраслевое значение HSS - 4,0 VSS - 0,5	30
BC: содержание связующего в анодной массе (вес.%)	Использовать типичное значение, Сухая анодная масса - 24% Влажная анодная масса - 27%	25
S _p : содержание серы в смоле (вес.%)	Использовать типичное значение 0,6%	20
Зола _p : содержание золы в смоле (вес.%)	Использовать типичное значение 0,2%	20
H _p : содержание водорода в смоле (вес.%)	Использовать типичное значение для данной промышленности 3,3%	50
S _c : содержание серы в кальцинированном коксе (вес.%)	Использовать типичное значение, 1,9%	20
Зола _c : содержание золы в кальцинированном коксе (вес.%)	Использовать типичное значение 0,2%	50
CD: содержание углерода в пыли от анодов (тонны углерода в пыли на тонну Al)	Использовать типичное значение 0,01	99

4.4.2.3 Выбор метода для ПФУ

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

криолита при нарушении технологических параметров процесса, известных как "анодный эффект". Анодный эффект имеет место, когда концентрация глинозема в электролите слишком мала для протекания стандартной анодной реакции.

Блок 4.2

Анодный эффект

Анодный эффект - это нарушение технологических параметров процесса, когда в электролите растворено недостаточное количество глинозема, что приводит к повышению напряжения выше нормального технологического предела, в результате чего образуются выбросы газов, содержащих ПФУ.

Методы уровня 2 и 3 для оценки ПФУ основаны на заводских данных об анодном эффекте, которые регулярно собирают. При выборе метода для ПФУ следует знать, что неопределенность, связанная с методикой более высокого уровня намного ниже, чем для уровня 1, поэтому для ключевой категории настоятельно рекомендуется использовать методы уровня 2 или 3. В зависимости от типа технологии неопределенность методов оценки ПФУ меняется от нескольких сот процентов для уровня 1 до менее 20% для уровня 3.

Контакты с производителями первичного алюминия позволят узнать о наличии данных, которые, в свою очередь, определяют метод оценки выбросов. Заводы постоянно (рутинно) измеряют анодные эффекты - в минутах анодного эффекта на ванно-сутки или как избыточное напряжение анодного эффекта. Выбросы ПФУ напрямую зависят от анодного эффекта через коэффициент (либо угловой коэффициент, либо коэффициент перенапряжения). Все заводы ОК РУСАЛ, которая является единственным производителем первичного алюминия в России, выполняют измерения частоты и длительности анодных эффектов, отдельные предприятия измеряют также избыточное перенапряжение анодного эффекта. Излагаемая ниже методика основана на расчете выбросов ПФУ с использованием данных по частоте и продолжительности анодных эффектов. Методика, основанная на использовании данных об избыточном перенапряжении анодного эффекта, приведена в (Межправительственная, 2006).

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

В методе уровня 1 используются коэффициенты выбросов специфичные для отдельных технологий, а именно, для четырех основных способов (CWPB/PWPB, SWPB, VSS и HSS). Выбросы ПФУ можно рассчитать по уравнению 4.23. Уровень неопределенности для метода уровня 1 намного выше, поскольку уровень анодного эффекта на предприятиях (что является определяющим фактором для выбросов ПФУ) не учитывается напрямую. Уровень 1 может соответствовать требованиям эффективной практики, только если выбросы ПФУ от первичного алюминия не относятся к ключевой категории и если предприятия не предоставляют соответствующие данные о процессе.

Уравнение 4.23

Выбросы ПФУ - метод уровня 1

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

и

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

где:

E_{CF_4} = выбросы CF_4 от производства алюминия, кг CF_4 ;

$E_{C_2F_6}$ = выбросы C_2F_6 от производства алюминия, кг C_2F_6 ;

$EF_{CF_4,i}$ = коэффициент выбросов по умолчанию для технологии i для CF_4 , кг CF_4 /тонну Al ;

$EF_{C_2F_6,i}$ = коэффициент выбросов по умолчанию для технологии i для C_2F_6 , кг C_2F_6 /тонну Al ;

MP_i = производство металла по технологии i , тонны Al .

Метод уровня 2: расчет на основании анодного эффекта

Методики расчета выбросов CF_4 от отдельных заводов уровня 2 и 3 отражают взаимосвязь между анодным эффектом и выбросами CF_4 . Эти уравнения включают угловой коэффициент, основанный на прямых измерениях ПФУ. В уровне 2 используется усредненный коэффициент МГЭИК, полученный в результате измерений на нескольких предприятиях, а в уровне 3 используются измерения на отдельном предприятии. Поскольку механизмы процесса возникновения выбросов ПФУ одинаковы для CF_4 и C_2F_6 , то эти два газа следует рассматривать вместе при оценке выбросов ПФУ. Во всех методах выбросы C_2F_6 рассчитывают в виде доли от выбросов CF_4 .

Уравнение 4.24 используется в том случае, если ведется регистрация анодного эффекта в минутах на ванно-сутки, что соответствует практике предприятий по производству первичного алюминия ОК РУСАЛ.

Угловой коэффициент. Угловой коэффициент равен количеству кг CF_4 на тонну продукции алюминия, деленному на количество минут анодного эффекта на ванно-сутки <22>. Поскольку выбросы ПФУ измеряют по отношению к тонне продукции алюминия, то уравнение включает влияние силы тока на ванну и коэффициент полезного действия тока - два основных фактора, определяющих количество алюминия, производимого в ванне. Уравнение 4.24 описывает метод с угловым коэффициентом для выбросов CF_4 и C_2F_6 .

<22> Термин "ванно-сутки" означает число работающих ванн, умноженное на количество рабочих дней.

Уравнение 4.24

Выбросы ПФУ с использованием углового коэффициента - методы уровня 2 и 3

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

и

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

где:

E_{CF_4} = выбросы CF_4 от производства алюминия, кг CF_4 ;

$E_{C_2F_6}$ = выбросы C_2F_6 от производства алюминия, кг C_2F_6 ;

S_{CF_4} = угловой коэффициент для CF_4 (кг CF_4 /тонну Al)/(минуты анодного эффекта/ванно-сутки);

AEM = минуты анодного эффекта на ванно-сутки (минуты анодного эффекта /ванно-сутки);

MP = производство металла, тонны Al;

$F_{C_2F_6/CF_4}$ = весовая доля C_2F_6/CF_4 , кг C_2F_6 /кг CF_4 .

4.4.2.4 Выбор коэффициентов выбросов для ПФУ

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

Коэффициенты выбросов МГЭИК по умолчанию для метода уровня 1 и диапазоны неопределенностей для этих коэффициентов выбросов представлены в таблице 4.15 ниже. В [таблице 4.16](#) представлены национальные коэффициенты выбросов для метода уровня 1 и соответствующие им неопределенности. Эти коэффициенты выбросов рассчитывались на основании методики уровня 2 для всех заводов по производству первичного алюминия на территории Российской Федерации и представляют собой среднее значение коэффициентов выбросов для каждой технологии за последние 4 года. Использование национальных коэффициентов выбросов является предпочтительным, так как они учитывают технологические условия производства первичного алюминия в настоящее время в Российской Федерации. За период с 1990 г. коэффициенты выбросов ПФУ снизились более чем на 80%.

Таблица 4.15

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ МГЭИК ПО УМОЛЧАНИЮ И ДИАПАЗОНЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ПФУ ОТ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ ПО РАЗЛИЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ - МЕТОД УРОВНЯ 1

Технология	CF ₄		C ₂ F ₆	
	EF _{CF₄} (кг/тонну Al)	Диапазон неопределенности (%)	EF _{C₂F₆} (кг/тонну Al)	Диапазон неопределенности (%)
CWPB (PFPB)	0,4	-99/+380	0,04	-99/+380
SWPB	1,6	-40/+150	0,4	-40/+150
VSS	0,8	-70/+260	0,04	-70/+260
HSS	0,4	-80/+180	0,03	-80/+180

Источник: Межправительственная, 2006
Примечание: эти коэффициенты выбросов по умолчанию следует использовать только при отсутствии данных для метода уровня 2

Таблица 4.16

**НАЦИОНАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ, РАССЧИТАННЫЕ
ДЛЯ 2012 Г., И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ
ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ПФУ ОТ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ
ПО РАЗЛИЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ - МЕТОД УРОВНЯ 1**

Технология	CF ₄		C ₂ F ₆	
	EF _{CF₄} (кг/тонну Al)	Неопределенность (%)	EF _{C₂F₆} (кг/тонну Al)	Неопределенность (%)
CWPB (PFPB)	0,026	30	0,0031	45
SWPB	0,235	30	0,0592	35
VSS	0,129	40	0,0069	45
HSS	0,115	50	0,0097	70

Источник: Российская, 2006 -...

Метод уровня 2: коэффициенты выбросов ПФУ, основанный на взаимосвязи анодного эффекта и выбросов ПФУ

Метод уровня 2 основан на использовании углового коэффициента для конкретной технологии производства алюминия, см. [таблицу 4.17](#). Эти угловые коэффициенты были получены путем измерения выбросов ПФУ и корреляции измеренных выбросов ПФУ с минутами анодного эффекта на ванно-сутки на более чем ста предприятиях по выпуску алюминия. Значения в таблице 4.17 представляют коэффициенты для отдельных технологий, полученные на основании измерений, которые были известны в марте 2005 года, на момент создания руководства МГЭИК.

Эффективная практика состоит в использовании самых последних данных для расчета выбросов ПФУ.

Метод уровня 3

Выбор коэффициентов выбросов для метода уровня 3 обсуждается в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Таблица 4.17

УГЛОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ПФУ ОТ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ ПО РАЗЛИЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ - МЕТОД УРОВНЯ 2

Технология <a>	Угловой коэффициент [(кг ПФУ/тонну Al)/(минуты анодного эффекта/ванно-день)]		Весовое отношение C ₂ F ₆ /CF ₄	
	CF ₄	Неопределенность (%)	C ₂ F ₆ /CF ₄	Неопределенность (%)
CWPB (PFPB)	0,143	6	0,121	11
SWPB	0,272	15	0,252	23
VSS	0,092	17	0,053	15
HSS	0,099	44	0,085	48

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

4.4.2.5 Выбор данных о деятельности

Для применения методов уровня 1 по выбросам CO₂ и ПФУ необходимо собрать статистику производства первичного алюминия по технологиям со всех предприятий региона. Статистика производства первичного алюминия отсутствует в органах Росстата, поэтому обращаться надо непосредственно на предприятия или в ОК РУСАЛ.

В эффективной практике для оценки выбросов ПФУ необходимы точные данные о минутах анодного эффекта на ванно-сутки. Ежегодная статистика должна быть основана на средневзвешенных данных (в пересчете на объем продукции). Эти данные тоже можно получить только на предприятии-производителе или в ОК РУСАЛ. ОК РУСАЛ является единственной компанией - производителем первичного алюминия в Российской Федерации.

Все алюминиевые компании собирают данные, которые пригодны для оценки выбросов CO₂ по методам уровня 2. Заводы, работающие по технологии Содерберга, собирают данные о потреблении анодной массы, а заводы, использующие технологию предварительного обжига, регистрируют данные о потреблении обожженных анодов.

4.4.2.6 Полнота

Предприятия по выпуску первичного алюминия обычно ведут тщательный учет выпуска алюминия в течение всего временного ряда кадастра. Кроме того, данные о потреблении углерода, как правило, также известны для этого периода. Данные об анодном эффекте могут быть известны не для всего временного ряда. Производство первичного алюминия требует большого количества электроэнергии, поэтому следует быть внимательным, чтобы не допустить пропуска диоксида углерода, связанного с затратами электроэнергии, а также двойного учета этого диоксида углерода.

4.4.3 Оценка неопределенностей

Неопределенность оценки выбросов ПФУ значительно отличается для методов уровня 1, 2 и 3. Разница в неопределенности, возникающая при выборе метода оценки выбросов CO₂, намного ниже, чем для выбросов ПФУ. Различия в выбросах от производства алюминия между странами и регионами могут быть обусловлены только различиями в типах применяемых технологий и рабочей практики. Эти различия учтены в методах расчета, описанных выше.

4.4.3.1 Неопределенности коэффициентов выбросов

Неопределенность коэффициентов выбросов для расчета выбросов CO₂ от углерода анода или анодной массы должна составлять менее +/- 5% для метода уровня 2 и 3 и менее +/- 10% для метода уровня 1. Реакции, приводящие к выбросам CO₂, хорошо изучены; выбросы напрямую связаны с объемами производства алюминия через фундаментальные электрохимические уравнения восстановления алюминия на углеродном аноде и окисления в термических процессах. Можно добиться улучшения точности инвентаризации выбросов CO₂ путем перехода от метода уровня 1 к уровню 2, поскольку предприятия используют разные способы восстановления и потребления углеродных анодных материалов. При переходе от уровня 2 к уровню 3 можно ожидать повышение точности в меньшей степени.

Сравнение неопределенностей в инвентаризации выбросов ПФУ для методов уровня 1, 2 и 3 показывает, что наименьшая неопределенность характерна для методов уровня 2 и 3 по сравнению с уровнем 1. Высокая неопределенность уровня 1 является прямым результатом высокой изменчивости в показателях анодного эффекта среди предприятий, использующих одинаковую технологию производства. Метод уровня 1 основан на использовании одного коэффициента по умолчанию для всех предприятий с одинаковой технологией. Поскольку показатели анодного эффекта (частота и длительность) различных предприятий с одинаковой технологией могут различаться в 10 раз, то использование метода уровня 1 может давать неопределенности такого же масштаба. Неопределенность меньше для метода уровня 3 по сравнению с уровнем 2; однако уровень снижения неопределенности зависит от типа технологии. Неопределенность для усредненных угловых коэффициентов по отрасли меняется от +/- 6% для CWPB (самая широко распространенная и исследованная технология) до +/- 44% для HSS. Методы уровня 2 и 3 основаны на прямых измерениях ПФУ, которые показывают корреляцию между показателями анодного эффекта и удельными выбросами ПФУ. Метод уровня 2 использует среднеотраслевой коэффициент уравнения, а метод уровня 3 использует заводской коэффициент, полученный путем прямого измерения ПФУ на предприятии. По мере увеличения количества измерений, особенно на предприятиях, работающих по технологии Содерберга, неопределенность усредненных коэффициентов будет уменьшаться.

4.4.3.2 Неопределенности данных о деятельности

Показатели годового производства алюминия характеризуется очень низкой неопределенностью - менее 1%. Неопределенность потребления углерода в виде обожженных анодов или кокса и в виде анодной массы лишь немного выше неопределенности для производства алюминия - менее 2%. Другим компонентом расчета заводских выбросов по методам уровня 2 и 3 являются данные о деятельности для анодного эффекта, т.е. минуты анодного эффекта на ванно-сутки или перенапряжение анодного эффекта. Эти параметры обычно регистрируются в памяти автоматизированной системы управления технологическими процессами, что является неотъемлемой частью работы почти всех алюминиевых предприятий, поэтому неопределенность таких данных низкая.

4.5 ПРОИЗВОДСТВО МАГНИЯ

4.5.1 Введение

Производство магния является потенциальным источником выбросов парниковых газов. Количество и тип выбросов от магниевой отрасли зависит от исходных материалов, используемых для производства первичного магния, и/или типа защитной газовой смеси, используемой для защиты расплавленного магния от окисления на литейных заводах и заводах по переплавке вторичного металла. По правилам эффективной практики все сегменты магниевой промышленности и связанные с ними выбросы рассматривают по возможности отдельно. Список возможных выбросов парниковых газов, которые связаны с первичным и вторичным производством и литьем магния, представлен в таблице 4.18.

Таблица 4.18

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ, СВЯЗАННЫЕ С ПРОИЗВОДСТВОМ И ПЕРЕРАБОТКОЙ МАГНИЯ

Процесс	Потенциальные выбросы парниковых газов, связанные с промышленными процессами			
	SF ₆	ГФУ	CO ₂	Прочие <*>
Подготовка сырья для первичного производства				
На основе доломита/магнезита	-	-	X	-
Другие сырьевые материалы	-	-	-	-
Литье (первичного и вторичного магния)				
Первичное литье слитков	X	X	X	X
Литье под давлением	X	X	X	X
Литье без применения давления	X	X	X	X
Другие способы литья	X	X	X	X
Производство вторичного	X	X	X	X

магния <*>				
<*> "Прочие" включают фторированные кетоны и различные фторсодержащие продукты разложения, например, ПФУ. <*> В том числе процессы, включающие вторичное использование/извлечение магния.				

Первичным магнием называется металлический магний, получаемый из минеральных источников. Первичный магний можно получить либо электролизом, либо в процессе термического восстановления. Сырьевые материалы, используемые для производства первичного магния, включают доломит, карналлит, серпентинит, минерализованную воду или морскую воду. Переработка карбонатного сырья (магнезита и доломита) сопровождается выделением CO₂. CO₂ выделяется на стадии кальцинирования карбонатных руд (доломит/магнезит), которая предшествует стадии электролитического/термического восстановления. Этот процесс аналогичен образованию CO₂ при производстве минеральных материалов (см. главу 2).

Вторичное производство магния включает извлечение и вторичное использование металлического магния из различных магниесодержащих отходов, таких как отработанные детали, отходы механической резки, литейный лом, печные остатки и т.д. Магний можно лить из первичного и вторичного магния. Процессы литья магния включают работу с расплавом чистого магния и/или расплавом высокомагниевого сплава. Расплав магния (а также высокомагниевого сплава) можно лить различными способами, включая литье без применения давления, литье в песчаные формы, литье под давлением и другие виды литья.

В присутствии атмосферного кислорода весь расплав магния самопроизвольно возгорается. Для производства и литья металлического магния требуется система защиты от возгорания. Среди разнообразных систем защиты широкое распространение получили системы с газообразными компонентами с высокими ППП (например, SF₆). Эти газообразные компоненты обычно выбрасываются в атмосферу. Литье магния, независимо от типа процесса или источника магния, требует применения защитных методов и поэтому является потенциальным источником выбросов парниковых газов.

При производстве вторичного магния (рециклинге), переработке, плавке и литье расплавленный металл защищают от окисления в течение всего процесса с помощью защитных систем, содержащих газ-носитель (обычно воздух/или CO₂) и защитный газ - SF₆ или SO₂ или, в некоторых случаях, флюс. Высокомагниевого сплава обычно защищают газом, содержащим SF₆. Благодаря последним технологическим разработкам и курсу на замену SF₆, в магниевой отрасли стали внедряться другие защитные газы. По прогнозам в следующем десятилетии SF₆ иметь будут две основные альтернативы - фторированный углеводород ГФУ-134а и фторированный кетон FK 5-1-12 (C₃F₇C(O)C₂F₅), продаваемый под названием NovacTM612 <23>, и выбор защитного газа производителями/переработчиками магния будет определяться национальными/региональными условиями.

<23> FK 5-1-12 (C₃F₇C(O)C₂F₅), продаваемый под названием NovacTM612, представляет собой фторированный кетон и производится компанией 3M.

Выбросы CO₂ от первичного производства

Как указано в [таблице 4.18](#), магнийсодержащие руды, выделяющие CO_2 при кальцинировании, - это доломит ($\text{Mg}\cdot\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$) и магнезит (MgCO_3). На каждый килограмм продукции магния при кальцинировании теоретически выделяется 3,62 кг CO_2 <24> из доломита или 1,81 кг CO_2 из магнезита соответственно. Фактические выбросы CO_2 на килограмм продукции магния будут выше теоретических благодаря потере магния в производственной цепи.

<24> Эти цифры соответствуют стехиометрическому соотношению Mg/Ca , равному 1.

Процессы литья магния (первичного и вторичного)

Для процесса литья магния количество и тип выбросов ПГ будет зависеть от газовой защиты жидкого магния. Помимо выбросов действующих защитных веществ (SF_6 , HFC-134a или FK 5-1-12) в составе защитного газа, могут иметь место выбросы различных фторированных продукции разложения (например, ПФУ) и, потенциально, газа-носителя (в зависимости от выбора - воздух и/или CO_2 , или N_2).

Считается, что SF_6 в составе защитного газа для магния является инертным веществом и, следовательно, весь SF_6 , используемый в магниевой промышленности, улетает в атмосферу. Однако в последних независимых исследованиях было показано, что SF_6 в некоторой степени разрушается при контакте с жидким магнием/парами магния при обычных температурах хранения/переработки магния. Доля SF_6 , разрушаемая в печи, а также тип/количество вторичных газовых продукции реакции с магнием будет зависеть от условий производства, таких как концентрация SF_6 в защитном газе, скорость потока защитного газа, площадь реакционной поверхности магния, тип газа-носителя, условия загрузки печи и т.д.

HFC-134a и FK 5-1-12 - менее термодинамически стабильные соединения, чем SF_6 . Поэтому ожидается, что эти газы будут активно разлагаться/реагировать при контакте с жидким магнием/парами магния, образуя различные фторированные газы (например, ПФУ). Было показано, что, как и в случае SF_6 , количество действующего вещества в питающем защитном газе, разрушаемое в печи, зависит от таких условий, как концентрация соединения в питающем защитном газе, скорость потока защитного газа, площадь реакционной поверхности магния, тип газа-носителя, практика загрузки материалов и т.д. Следует отметить, что выбросы ПФУ как продукции разложения в пересчете на CO_2 эквивалент будут более значительные, чем выбросы FK 5-1-12, судя по их относительному радиационному эффекту <25>.

<25> ПГП для FK 5-1-12 не определен в IPCC Third Assessment Report (IPCC, 2001), но, по информации от производителя этого газа, он такой же, как у CO_2 .

Многие защитные газовые смеси включают CO_2 в качестве газа-носителя или CO_2 в сочетании с сухим воздухом с целью разбавления действующего фторированного вещества и снижения парциального давления кислорода в печи. Считается, что весь CO_2 , используемый в составе защитного газа, улетает в атмосферу в виде CO_2 . Защитный газ с CO_2 используется в намного меньшем количестве, чем обычные действующие агенты в защитной газовой смеси, и в целом им можно пренебречь.

4.5.2 Вопросы методологии

4.5.2.1 Выбор метода

Выбросы CO₂ от первичного производства

Выбор метода эффективной практики для подготовки кадастра выбросов CO₂ от производства первичного магния (из исходного сырья) зависит от национальных и региональных условий. В Российской Федерации в настоящее время производство первичного магния осуществляется двумя предприятиями - "ВСМПО-АВИСМА" и "Соликамским магниевым заводом". Оба предприятия используют карналлит в качестве сырья. Поэтому выбросы CO₂ от производства первичного магния в настоящее время в стране отсутствуют.

Метод уровня 1

В методе уровня 1 используются данные о первичном производстве и сырьевых материалах, применяемых в производстве первичного магния.

Выбросы CO₂ рассчитывают по уравнению 4.25.

Уравнение 4.25

Выбросы CO₂ от производства первичного магния - уровень 1

$$E_{CO_2} = (P_d \cdot EF_d + P_{Mg} \cdot EF_{Mg}),$$

где:

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

P_D = национальное производство первичного магния из доломита, тонны;

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

EF_D = коэффициент выбросов по умолчанию для выбросов CO₂ от производства магния из доломита, тонны CO₂/тонну продукции первичного Mg;

EF_{MG} = коэффициент выбросов по умолчанию для выбросов CO₂ от производства магния из магнезита, тонны CO₂/тонну продукции первичного Mg.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 для определения выбросов CO₂ от первичного магния включает сбор эмпирических коэффициентов выбросов для конкретных компаний/заводов. Коэффициенты выбросов компаний могут отличаться от коэффициентов выбросов по умолчанию в зависимости от условий переработки сырьевых материалов. Такой сбор данных требуется в том случае, если выбросы относятся к ключевой категории. Выбросы CO₂ рассчитывают по уравнению 4.26.

Уравнение 4.26

Выбросы CO₂ от производства первичного магния - уровень 2

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

где:

E_{CO_2} = выбросы CO₂ от производства первичного магния;

P_i = производство первичного магния на заводе i , тонны;

EF_i = коэффициент выбросов CO₂ от производства первичного магния для компании/завода i , тонны CO₂/тонну продукции первичного Mg.

Процессы литья магния (первичного и вторичного) SF₆

Выбор метода эффективной практики для подготовок кадастра выбросов SF₆ от литья магния также зависит от национальных и региональных условий.

Метод уровня 1 - коэффициенты выбросов по умолчанию

В методе уровня 1 используется общее количество магния, которое льют или перерабатывают в регионе (уравнение 4.27). Основным допущением метода уровня 1 является предположение о том, что все потребление SF₆ в магниевой отрасли улетает в атмосферу в виде SF₆. Это допущение может приводить к завышенной оценке выбросов ПГ, но эта завышенная оценка будет в пределах общего диапазона неопределенности, указанного в [разделе 4.5.3](#). В базовом методе уровня 1 берется одно значение коэффициента выбросов по умолчанию, если SF₆ применяется для защиты от окисления, без учета того, что потребление SF₆ сильно меняется для различных технологий и операторов литья (иногда на порядки величины). Метод уровня 1 следует применять только в том случае, если не известен тип операций по переработке или литью магния (повторное использование, литье слитков или литье в формы под давлением и т.д.)

Уравнение 4.27

Выбросы SF₆ от производства первичного магния - уровень 1

$$E_{SF_6} = MG_c \cdot EF_{SF_6},$$

где:

E_{SF_6} = выбросы SF₆ от литья магния, кг;

MG_c = общее количество магния, которое льют или перерабатывают в регионе, тонны;

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

Метод уровня 2 - потребление SF₆ на уровне предприятия

В методе уровня 2 (так же, как в методе уровня 1) принимается допущение о том, что весь потребленный SF₆ впоследствии выбрасывается в атмосферу. Однако в методе уровня 2 вместо количества магниевых литых изделий используются данные о потреблении SF₆ в магниевой промышленности согласно промышленным отчетам или другим источникам (уравнение 4.28).

Наиболее точное применение этого метода состоит в сборе прямых данных о потреблении SF₆ от всех индивидуальных потребителей этого газа в магниевой промышленности.

Уравнение 4.28

Выбросы SF₆ от литья магния - уровень 2

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

где:

E_{SF_6} = выбросы SF₆ от литья магния, кг;

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

Метод уровня 3 - прямое измерение

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

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

В разделе 4.5.1 отмечается, что промышленное применение фторированных соединений (помимо SF₆) для защиты магния от окисления началось в 2003 - 2004 годах. Защита магния с помощью этих соединений еще очень мало распространена в промышленности. Только у отдельных заводов имеются ограниченные исторические данные о фактических выбросах этих других фторированных соединений. В промышленности в целом понимают, что объем использования этих альтернативных газов будет ниже, чем использование SF₆. Сегодня нет данных о деятельности необходимых для определения коэффициентов выбросов для них, поэтому в настоящее время невозможно разработать метод учета выбросов, основанный на коэффициентах выбросов (уровень 1 или 2).

Газы-носители

Диоксид углерода как газ-носитель, используемый в смеси с защитным газом, обычно дает небольшой вклад в потенциал глобального потепления. В целом этими выбросами можно пренебречь.

4.5.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Выбросы CO₂ от первичного производства

Метод уровня 1 - коэффициенты выбросов по умолчанию

Как уже отмечалось, в методе уровня 1 выбросы рассчитывают исходя из коэффициентов выбросов по умолчанию, умноженных на производство первичного магния в регионе. Коэффициенты выбросов по умолчанию (таблица 4.19) учитывают тип используемого материала и базовые стехиометрические отношения, которые были уточнены в соответствии с эмпирическими данными для потерь в конкретных промышленных процессах. Получаемые в результате выбросы CO₂ на тонну продукции магния намного выше теоретического значения, указанного в разделе 4.5.1.

Метод уровня 2 - коэффициенты выбросов, специфичные для страны/предприятия

Метод уровня 2 для определения выбросов CO₂ от производства первичного магния включает сбор эмпирических коэффициентов выбросов для конкретных компаний/заводов. Коэффициенты выбросов компаний могут отличаться от коэффициентов выбросов по умолчанию в зависимости от условий переработки сырьевых материалов. Такой сбор данных требуется в том случае, если эти выбросы относятся к ключевой категории.

Таблица 4.19

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНОГО Mg ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ

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

Процессы литья магния (первичного и вторичного)

Метод уровня 1 - коэффициенты выбросов по умолчанию

Основным допущением метода уровня 1 является предположение о том, что весь SF₆, потребленный в магниевой отрасли, улетает в атмосферу в виде SF₆, хотя, согласно [разделу 4.5.1](#), это допущение может приводить к завышению оценки выбросов ПГ. Метод уровня 1 также предполагает, что тип операций по переработке или литью магния не известен. Для рекомендованных условий литья в формы под давлением норма потребления составляет около 1 кг SF₆ на тонну продукции или расплава магния. Несмотря на то, что потребление SF₆ сильно меняется для различных технологий литья и операторов литья (иногда на порядки величины), в основном методе уровня 1 это значение берется за основу для расчета выбросов в том случае, если SF₆ используется для защиты от окисления.

Метод уровня 2 - потребление SF₆ на уровне компаний

В методе уровня 2 так же, как в методе уровня 1, основополагающим принципом является предположение о том, что весь потребленный SF₆ выбрасывается в атмосферу. Однако в методе уровня 2 данные о потреблении SF₆ в магниевой промышленности получают от промышленных предприятий/компаний. Наиболее точное применение этого метода состоит в сборе прямых данных о потреблении SF₆ от всех индивидуальных потребителей этого газа в магниевой промышленности.

Таблица 4.20

ВЫБРОСЫ SF₆ ОТ ПРОЦЕССОВ ЛИТЬЯ МАГНИЯ - УРОВЕНЬ 1

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

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

Выше уже говорилось о том, что имеется недостаточно данных для расчета коэффициентов выбросов.

Газы-носители

В этой главе уже было отмечено, что диоксид углерода как газ-носитель, используемый в смеси с защитным газом, обычно дает небольшой вклад в потенциал глобального потепления. В целом этими выбросами можно пренебречь.

4.5.2.3 Выбор данных о деятельности

Выбросы CO₂ от первичного производства

В методе уровня 1 используются данные о первичном производстве и типах сырьевых материалов. В настоящее время в Российской Федерации производство первичного магния осуществляется двумя предприятиями - "ВСМПО-АВИСМА" и "Соликамским магниевым заводом". Оба предприятия используют карналлит в качестве сырья. Поэтому выбросы CO₂ от производства первичного магния в настоящее время в стране отсутствуют.

Процессы литья магния (первичного и вторичного)

Для метода уровня 1 эффективная практика предусматривает разгруппирование данных о литье первичного и вторичного магния на сегменты, использующие SF₆ в качестве защитного газа, и применение коэффициента выбросов по умолчанию к объемам производства магния в каждом сегменте. Росстат не публикует данные об объемах производства цветных металлов и тем более об использовании SF₆ при их производстве, поэтому данные о производстве первичного и вторичного магния, использовании SF₆ в качестве защитного газа можно получить только в промышленных компаниях или на предприятиях, осуществляющих литье магния.

Для метода уровня 2 данными о деятельности является общее потребление SF₆ на всех заводах - производителях первичного и вторичного магния. Если не все предприятия напрямую сообщают об объемах потребления SF₆, то по правилам эффективной практики необходимо оценить долю производства для компаний с известным потреблением SF₆. Выбросы от остальных заводов в эффективной практике оценивают на основании объемов производства.

4.5.2.4 Полнота

В Российской Федерации в настоящее время имеется 2 производителя первичного магния. Оба производителя не используют доломит и магнезит в качестве сырья для производства первичного магния.

В литейной промышленности (вторичный магний) могут присутствовать предприятия разной мощности, которые используют различные технологии. Полнота учета всех предприятий, выпускающих вторичный магний, может вырасти в большую проблему. По правилам эффективной практики следует периодически исследовать эту промышленность и устанавливать тесные связи с промышленными компаниями и предприятиями с целью проверки полноты оценок.

4.5.3 Оценка неопределенностей

Выбросы CO₂ от первичного производства

Заводы должны иметь информацию о типе/составе используемого сырья, а также об объемах производства магния. Данные о деятельности, которые были получены непосредственно от заводов, обычно имеют точность в пределах 5%.

Процессы литья магния (первичного и вторичного)

В методе уровня 1 неопределенность вносят группирование продукции от различных вторичных сегментов и использование коэффициентов выбросов по умолчанию. Метод по умолчанию дает очень грубое приближение к фактическим выбросам. Поскольку при различных операциях переработки и литья могут использоваться концентрации SF_6 в защитном газе, которые отличаются на порядки величины, то неопределенности метода уровня 1 могут также меняться на порядки величины. Для методов уровня 1 и 2 существует также некоторая неопределенность, связанная с предположением, что 100% используемого SF_6 выбрасывается в атмосферу. В типичных операциях литья неопределенность этого предположения должна быть в пределах 30%. Для метода уровня 2 неопределенность, связанная с использованием SF_6 , очень невелика на уровне завода, поскольку количество SF_6 можно легко и точно измерить на основании объемов закупки. (Неопределенность оценки менее 5% обычно характерна для данных, получаемых напрямую от заводов.)

4.6 ПРОИЗВОДСТВО СВИНЦА

4.6.1 Введение

Способы первичного производства

Существует два способа первичного производства слитков сырого свинца из свинцовых концентратов. Первый способ - спекание/плавка, которая состоит из последовательного спекания и плавки и составляет около 78% производства первичного свинца. Второй способ - прямая плавка, без стадии спекания - составляет остальные 22% производства первичного свинца в развитых странах.

В процессе спекания/плавки, на первой стадии спекания происходит смешивание свинцовых концентратов с рециклированным агломератом, известняком и кремнеземом, кислородом и высокосвинцовым шлаком с целью удаления серы и летучих металлов сжиганием. Этот процесс (в котором получают агломерат, состоящий из оксида свинца и оксидов других металлов) сопровождается выбросами диоксида серы (SO_2) и энергетического диоксида углерода (CO_2) от природного газа, используемого для прокаливания оксидов свинца. Агломерат затем помещают в доменную печь вместе с рудами, содержащими другие металлы, и доменным коксом. Кокс сгорает в реакции с воздухом с образованием монооксида углерода (CO), который и восстанавливает оксид свинца. Плавку свинца производят либо в традиционной доменной печи, либо в так называемой печи Империял Смелтинг (Imperial Smelting). Процесс плавки свинца представляет собой реакцию восстановления оксида свинца с образованием выбросов CO_2 .

В способе прямой плавки отсутствует стадия спекания, и концентраты свинца и другие материалы загружаются прямо в печь. Для прямой выплавки свинца используются различные типы печей. Ряд восстановителей, включая уголь, доменный кокс и природный газ, используются в различных печах в разных количествах, поэтому выбросы CO_2 различаются для каждого типа печи. Процесс прямой плавки дает большие экологические и потенциальные экономические преимущества за счет отсутствия стадии спекания, и поэтому по прогнозам доля этого процесса будет расти в общем производстве первичного свинца.

Процесс вторичного производства

Вторичное производство очищенного свинца равно объему переработки свинцового лома с целью подготовки к повторному использованию. Подавляющая часть такого свинцового лома берется из отработанных свинцовых аккумуляторов. Свинцовые аккумуляторы либо разбивают в молотковой дробилке и плавят с применением или без применения десульфуризации, либо плавят целиком, без предварительного дробления. Для плавки аккумуляторов и другого вторичного свинцового скрапа можно использовать традиционные печи, печи Империял Смелтинг, электродуговые и другие печи. Так же, как для печей, используемых для выплавки первичного сырого свинца, эти печи дают разные уровни выбросов CO₂ от применения различных типов и количеств восстановителей. Основными восстановителями являются уголь, природный газ и доменный кокс; в электропечах сопротивления используется также нефтяной кокс.

4.6.2 Вопросы методологии

4.6.2.1 Выбор метода

Выбор метода в эффективной практике зависит от национальных и региональных условий. В методе уровня 1 выбросы рассчитывают исходя из коэффициентов выбросов по умолчанию и объемов производства свинца в регионе; этот метод наименее точный. Этот метод приемлем только в том случае, если производство свинца не относится к ключевой категории. В методе уровня 2 данные о количестве материалов, перерабатываемых в процессе первичного и вторичного производства, умножают на соответствующее углеродное содержание материалов.

Метод уровня 1

Самый простой метод расчета состоит в умножении коэффициентов выбросов по умолчанию на количество произведенного свинца. Если известны только данные статистики об объемах производства свинца, то в эффективной практике используют коэффициенты по умолчанию. [Уравнение 4.28](#) предназначено для расчета выбросов CO₂ от производства свинца путем сложения выбросов по различным способам производства и выбросов от предварительной обработки вторичного сырья. Если невозможно разграничить данные по способам производства, то используют коэффициент выбросов по умолчанию. Коэффициент выбросов по умолчанию подразумевает, что 80% производства (первичного и вторичного) приходится на печи Империял Смелтинг или доменные печи, а остальные 20% - на способ прямой плавки. Это предположение согласуется с данными о мировом производстве свинца.

Уравнение 4.29

Выбросы CO₂ от производства свинца

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

где:

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

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

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

ISF = количество свинца, полученного по способу плавки Империял Смелтинг, тонны;

EF_{ISF} = коэффициент выбросов для печи Империял Смелтинг, тонны CO_2 /тонну продукции свинца;

S = количество свинца, полученного из вторичных материалов, тонны;

EF_S = коэффициент выбросов для вторичных материалов, тонны CO_2 /тонну продукции свинца.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 учитывает сильную зависимость выбросов CO_2 при производстве свинца от способа производства и источника сырья (либо вторичные источники, такие как отработанные аккумуляторы, либо первичный свинец из руды). Вторичные источники свинца могут подвергаться предварительной обработке с целью удаления примесей, которая сопровождается выбросами CO_2 . Выбросы можно рассчитать с использованием коэффициентов выбросов, которые зависят от применяемых восстановителей и других технологических материалов. Коэффициенты можно вывести на основании углеродного содержания этих материалов. В [таблице 4.22](#) представлены значения углеродного содержания, которые можно использовать для вывода коэффициентов, специфичных для региона или предприятия. Данные по использованию восстановителей и других технологических материалов можно получить на предприятиях и в компаниях по выпуску свинца. Уровень 2 точнее, чем уровень 1, поскольку он учитывает специфику производства, характерную для конкретного предприятия или региона.

Метод уровня 3

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

4.6.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

Если известны только данные статистики об объемах производства свинца, то в эффективной практике используют коэффициент по умолчанию 0,52 тонны CO_2 /тонну свинца (Sjardin 2003). Это значение по умолчанию следует применять только при отсутствии информации о количествах свинца, произведенного из первичных и вторичных материалов. Если информация имеется, то выбросы рассчитывают с использованием соответствующих коэффициентов из [таблицы 4.22](#). Неопределенность коэффициента по умолчанию высокая и меняется в зависимости от соотношения продукции, произведенной различными способами, и от процента вторичной переработки. Коэффициент выбросов по умолчанию учитывает тот факт, что 80% мирового производства свинца (первичного и вторичного) приходится на печи Империял Смелтинг, а остальные 20% - на способ прямой плавки.

Таблица 4.21

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO_2 ОТ ПРОИЗВОДСТВА СВИНЦА ПО ВИДАМ СЫРЬЯ И ТИПАМ ПЕЧЕЙ (ТОННЫ CO_2 /ТОННУ ПРОДУКЦИИ)

От производства в	От производства	От переработки	Коэффициент выбросов
-------------------	-----------------	----------------	----------------------

печи Империял Смелтинг (ИС)	способом прямой плавки (ПП)	вторичного сырья	по умолчанию (80% ИС, 20% ПП)
0,59	0,25	0,2	0,52
Источник: Межправительственная, 2006			

Метод уровня 2

Этот метод дает возможность скорректировать коэффициенты выбросов по умолчанию с учетом заводских данных об объемах использования восстановителей и технологических материалов. Значения углеродного содержания по умолчанию из таблицы 4.22 следует использовать в том случае, если составители кадастра не имеют соответствующей информации на уровне предприятия по выпуску свинца, но имеют детальную информацию об объемах использования технологических материалов при производстве свинца. Значения по умолчанию в таблице 4.22 соответствуют значениям по умолчанию из сектора "Энергетика".

Таблица 4.22

УГЛЕРОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЗУЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СВИНЦА (КГ УГЛЕРОДА/КГ)

Технологические материалы	Углеродное содержание
Доменный газ	0,17
Древесный уголь	0,91
Уголь	0,67
Каменноугольный деготь	0,62
Кокс	0,83
Газ из камерных печей	0,47
Коксующийся уголь	0,73
Углеродные электроды ЭДП	0,82
Углерод шихты ЭДП	0,83
Топливное масло	0,86
Газовый кокс	0,83
Природный газ	0,73
Нефтяной кокс	0,87
Источник: Межправительственная, 2006	

4.6.2.3. Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 требуется информация только об объемах производства свинца в регионе и, по возможности, о количествах, производимых в различных типах печей. Эти данные можно получить в промышленных компаниях или на предприятиях-производителях свинца. Эти количества продукции в тоннах следует умножить на соответствующий коэффициент выбросов из [таблицы 4.21](#) для оценки выбросов CO₂ от этого сектора или на коэффициент по умолчанию, если типы печей не известны.

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо знать только общее количество восстановителей и других технологических материалов, используемых для производства свинца. Эти данные также можно получить в промышленных компаниях или на предприятиях - производителях свинца. Эти количества затем умножают на соответствующие значения углеродного содержания из [таблицы 4.22](#), суммируют и получают общее количество выбросов CO₂ от этого сектора. Если это не ключевая категория и общеотраслевые данные о восстановителях и технологических материалах не известны, то выбросы можно оценивать по методу уровня 1.

4.6.2.4 Полнота

При расчете выбросов от этой категории источников существует опасность двойного учета или пропуска либо в секторе ПШИП, либо в секторе "Энергетика". Как правило, все выбросы от производства свинца следует учитывать в секторе ПШИП.

4.6.3 Оценка неопределенностей

В [таблице 4.23](#) показаны диапазоны неопределенности для коэффициентов выбросов и данных о деятельности.

Неопределенности коэффициентов выбросов

Коэффициенты выбросов по умолчанию, используемые в расчетах уровня 1, могут иметь неопределенность +/- 50%. Считается, что значения углеродного содержания для уровня 2 будут иметь неопределенность +/- 15%.

Неопределенности данных о деятельности

Данные о количестве выпускаемой продукции должны быть известны; их неопределенность предполагается на уровне +/- 10%. Для метода уровня 2 - неопределенность данных предприятия или промышленной компании о количестве восстановителей и других технологических материалов, используемых для производства свинца, по-видимому, будет в пределах 10%.

Таблица 4.23

ДИАПАЗОНЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Метод	Источник данных	Диапазон
-------	-----------------	----------

		неопределенности
Уровень 1	Данные о производстве выбросов по умолчанию	Коэффициент +/- 10% +/- 50%
	Коэффициенты выбросов для отдельных способов производства	+/- 20%
Уровень 2	Количества и типы восстановителей	+/- 10%
	Углеродное содержание технологических материалов	+/- 15%
Уровень 3	Данные о технологических материалах, полученные от компаний	+/- 5%
	Заводские измерения CO ₂	+/- 5%
	Заводские коэффициенты выбросов	+/- 5%

4.7 ПРОИЗВОДСТВО ЦИНКА

4.7.1 Введение

Способы первичного производства

Имеется три разных способа производства первичного цинка. Первый способ - это металлургический процесс под названием "электротермическая дистилляция". Реакция восстановления в этом процессе сопровождается выбросами неэнергетического диоксида углерода (CO₂). Процесс электротермической дистилляции применяется в Соединенных Штатах и Японии. В Российской Федерации эта технология не используется.

Второй способ производства цинка представляет собой пирометаллургический процесс с использованием печи Империял Смелтинг, что позволяет одновременно перерабатывать свинцовые и цинковые концентраты. В результате процесса образуются свинец, цинк, и выбросы неэнергетического CO₂. Металлургический коксовый/угольный восстановитель в этом процессе должен быть отнесен к свинцовому и цинковому производству для того, чтобы не допустить двойного учета. Массовое отношение, которое отражает такое отнесение, равно 0,74 тонн кокса/тонну цинка.

Третий способ производства цинка - электролитический процесс, который относится к гидрометаллургии. Этот способ используется на двух работающих в настоящее время российских производителях цинка: ОАО "Челябинский Цинковый Завод" и ОАО "Электроцинк". В этом способе цинковый концентрат обжигают и получают цинковый огарок, который затем подвергается выщелачиванию, в результате которого 80 - 86% цинка переходит в раствор для электролиза. Часть цинка (14 - 20%) остается в остатке от выщелачивания (цинковый кек), который направляется в вельц-цех. Цинковый кек смешивается с коксиком и нагревается в вельц-печи. Продуктом вельцевания является вельц-окись, которая содержит около 75% оксида цинка. Вельц-окись направляется на выщелачивание, а затем в цех электролиза. Затем цинк извлекают из раствора электролизом. Электролитический процесс не дает неэнергетических выбросов CO₂. Однако неэнергетические выбросы CO₂ происходят в процессе вельцевания. Таким

образом, выбросы связаны с 14 - 20% (по массе) производимого в этом процессе цинка. (Данные ОАО "Челябинский Цинковый Завод" <http://www.zinc.ru/metallurgy/technology>).

Процесс вторичного производства

Имеется более 40 гидрометаллургических и пирометаллургических технологий, которые можно использовать для получения металлического цинка из различных материалов. В каждой конкретной ситуации выбор метода зависит от источника цинка (количества примесей и концентрации цинка) и от назначения получаемого цинка. Процесс часто состоит из стадии концентрирования цинка (методом физического и/или химического разделения), спекания, плавки и рафинирования. В некоторых случаях высококачественный цинк получают после физического концентрирования и используют в других отраслях, включая производство чугуна и стали, производство латуни и литье цинка под давлением, без последующих стадий переработки.

Стадии спекания, плавки и рафинирования - такие же, как при производстве первичного цинка, поэтому считается, что обычные процессы плавки являются источниками выбросов CO_2 , а стадии спекания и рафинирования не дают соответствующих неэнергетических выбросов CO_2 . Если стадия концентрирования включает использование углеродсодержащего восстановителя и нагревание до высоких температур с целью выпаривания или возгонки цинка из сырьевых материалов, то процесс может давать неэнергетические выбросы CO_2 . Плавление в вельц-печи и восстановление шлака или процессы возгонки - вот два способа концентрирования. Вельцевание, которое применяется для концентрирования цинка в колошниковой золе, шламе, шлаке и других цинкосодержащих материалах, включает использование доменного кокса в качестве восстановителя. Однако восстановленный цинк вновь окисляется в ходе процесса, а доменный кокс также служит источником энергии для процесса. Восстановление шлака или процесс возгонки, который применяется только для концентрирования цинка из расплава шлака от плавки меди и цинка, включает использование угля или другого источника углерода в качестве восстановителя.

4.7.2 Вопросы методологии

4.7.2.1 Выбор метода

Выбор метода в эффективной практике зависит от национальных и региональных условий.

В методе уровня 2 применяются национальные или региональные коэффициенты выбросов для первичного и вторичного производства. Метод уровня 1 очень простой и может давать ошибки, поскольку основан на допущениях, а не на фактических данных. В методе уровня 1 для расчета выбросов коэффициенты выбросов по умолчанию умножают на производство цинка в регионе. Этот метод следует применять, только если производство цинка не относится к ключевой категории.

Метод уровня 1

В самом простом методе оценки коэффициенты выбросов по умолчанию умножают на количества отдельных типов цинковой продукции (уравнение 4.30). Если известны только данные статистики о производстве цинка, то в эффективной практике используют коэффициенты по умолчанию. Если нет данных о материалах, необходимых для расчета выбросов по методу уровня 2, но известен тип процесса, то составители кадастра могут рассчитать выбросы по [уравнению 4.31](#).

Уравнение 4.30

Выбросы CO₂ от производства цинка - уровень 1

$$E_{CO_2} = Zn \cdot EF_{\text{по умолчанию}},$$

где:

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

Zn = количество произведенного цинка, тонны;

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

Уравнение 4.31

Выбросы CO₂ от производства цинка - уровень 1

$$E_{CO_2} = ET \cdot EF_{ET} + PM \cdot EF_{PM} + WK \cdot EF_{WK},$$

где:

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

ET = количество цинка, полученного способом электротермической дистилляции, тонны;

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

PM = количество цинка, произведенного в пирометаллургическом процессе (в печи Империял Смелтинг), тонны;

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

WK = количество цинка, произведенного в вельц-печи, тонны;

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

Метод уровня 2

Выбросы можно рассчитать с использованием коэффициентов выбросов, которые рассчитаны на основании статистики по использованию восстановителей на отдельных заводах, типам печей и другим технологическим данным. Эти данные можно взять в промышленных компаниях или на предприятиях - производителях цинка. Уровень 2 точнее уровня 1, поскольку он учитывает не всю мировую практику, а то разнообразие материалов и технологий, которые используются в конкретном регионе.

Метод уровня 3

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

4.7.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 1

Коэффициенты выбросов по умолчанию для различных процессов производства цинка представлены в [таблице 4.24](#).

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо знать национальный или региональный коэффициент выбросов, основанный на общем количестве восстановителей и других углеродсодержащих материалов, используемых для производства цинка. Эти коэффициенты выбросов можно рассчитать на основании суммы статистик отдельных заводов по количеству восстановителей, типам печей и другим технологическим материалам.

Таблица 4.24

ВЫБРОСЫ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЦИНКА - УРОВЕНЬ 1

Процесс	Коэффициент выбросов	Источник
Вельц-печь (тонны CO ₂ /тонну цинка)	3,66	Источник: Межправительственная, 2006
Пирометаллургический (печь Империял Смелтинг) (тонны CO ₂ /тонну цинка)	0,43	Источник: Межправительственная, 2006
Электротермический	Не известен	
Коэффициент по умолчанию (тонны CO ₂ /тонну цинка)	1,72	Коэффициент по умолчанию соответствует взвешенной доле известных коэффициентов выбросов (60% Империял Смелтинг, 40% Вельц-печь)

4.7.2.3 Выбор данных о деятельности

Метод уровня 1

Для метода уровня 1 необходима информация только о производстве цинка в регионе и, по возможности, о типе процесса. Эти данные можно взять в промышленных компаниях или на предприятиях по выпуску цинка. Для расчета выбросов CO₂ эти количества умножают на коэффициенты выбросов по умолчанию.

Метод уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо знать национальный коэффициент выбросов, основанный на общем количестве восстановителей и других углеродсодержащих материалов, используемых для производства цинка в стране. Если это не ключевая категория и данные о восстановителях и

технологических материалах не известны, то выбросы можно оценить по методу уровня 1.

4.7.2.4 Полнота

При расчете выбросов CO₂ от этой категории источников существует опасность двойного учета или пропуска либо в секторе ПШИП, либо в секторе "Энергетика". Обратите внимание, что коэффициент выбросов уровня 1 подразумевает, что выбросы CO₂ от сжигания различных видов топлива для производства тепла для процессов кальцинирования, спекания, обработки кислотой, очистительной плавки и рафинирования относятся к категории выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива. Можно избежать двойного учета, если использовать метод уровня 2. Самым большим источником двойного учета могут стать выбросы от производства кокса, которые должны быть учтены в секторе "Энергетика" (расчет см. в [разделе 4.2](#)).

4.7.3 Оценка неопределенностей

В [таблице 4.25](#) показаны диапазоны неопределенности для коэффициентов выбросов и данных о деятельности.

Неопределенности коэффициентов выбросов

Коэффициенты выбросов по умолчанию, используемые в расчетах уровня 1, могут иметь неопределенность +/- 50%. Коэффициенты выбросов уровня 2 могут иметь неопределенность +/- 15%.

Неопределенности данных о деятельности

Данные о количестве продукции должны быть известны; их неопределенность предполагается на уровне +/- 10%. Для метода уровня 2 неопределенность для общего количества восстановителей и других технологических материалов, используемых для производства цинка, по-видимому, будет в пределах 10%.

Таблица 4.25

ДИАПАЗОНЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Метод	Источник данных	Диапазон неопределенности
Уровень 1	Региональные данные о производстве	+/- 10%
	Коэффициент выбросов по умолчанию	+/- 50%
	Коэффициенты выбросов для отдельных способов производства	+/- 20%
Уровень 2	Региональные данные о восстановителях и технологических материалах	+/- 10%
	Региональные коэффициенты выбросов	+/- 15%
Уровень 3	Данные о технологических материалах, полученные	+/- 5%

от компаний	
Данные о заводских измерениях CO ₂	+/- 5%
Заводские коэффициенты выбросов	+/- 5%

ГЛАВА 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТВОРИТЕЛЕЙ И НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОДУКЦИИ ИЗ ТОПЛИВА

5.1 ВВЕДЕНИЕ

В данном разделе рассмотрены методы оценки выбросов от первого использования ископаемых видов топлива как продукции для первичного использования, за исключением (а) сжигания с целью получения энергии и (б) применения в качестве исходного сырья или восстановителя. Методы учета выбросов от последних двух источников описаны в главах, посвященных химической промышленности (глава 3) и металлургии (глава 4).

Данная глава охватывает такие продукты, как смазочные материалы, твердые парафины, битум/асфальт и растворители. Выбросы от дальнейшего применения или утилизации продукции после использования (например, сжигание отработанных масел и смазок) учитываются в секторе "Отходы", если они сжигаются, и в секторе "Энергетика", если из них извлекают энергию.

В целом методы расчета выбросов диоксида углерода (CO₂) от использования неэнергетических продукции подчиняются базовой формуле, в которой коэффициент выбросов состоит из коэффициента углеродного содержания и коэффициента, который отражает долю ископаемого углерода, которая окисляется в процессе использования (ОПИ), т.е. ту долю смазочных материалов, которая фактически сгорает в камере сгорания двигателя. Эта концепция применима только к окислению во время первого использования смазочных материалов и твердых парафинов и не применима к последующему использованию (т.е. к извлечению энергии).

Уравнение 5.1

Базовая формула для расчета выбросов CO₂
неэнергетического использования продукции

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum_i (\text{НИТ}_i \cdot \text{СС}_i \cdot \text{ОПИ}_i) \cdot \frac{44}{12},$$

где:

Выбросы CO₂ = выбросы CO₂ от неэнергетического использования продукции, тонны CO₂;

НИТ_i = неэнергетическое использование топлива i, ТДж;

СС_i = углеродное содержание топлива i, тонны C/TJ (= кг C/ГДж);

ОПИ_i = коэффициент ОПИ для топлива i, дробь;

дробь 44/12 = отношение молекулярной массы CO₂/C.

Производство и использование асфальта для дорожных и кровельных покрытий и использование растворителей, полученных из нефти и угля, не является источником выбросов прямых парниковых газов, либо эти выбросы ничтожно малы. Тем не менее они включены в данную главу, поскольку они иногда представляют реальный источник выбросов летучих неметановых органических соединений и монооксида углерода (СО), которые, в конечном счете, окисляются до СО₂ в атмосфере. Выбросы от использования растворителей могут давать некоторый вклад, в отличие от практически нулевых выбросов от асфальта. Выбросы метана (СН₄) от видов деятельности, которые рассматриваются в данной главе, считаются небольшими или вовсе отсутствуют, и по этой причине они не рассматриваются в рамках Методических рекомендаций.

5.2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.2.1 Введение

Смазочные материалы получают либо на нефтеперегонных заводах выделением из сырой нефти или на нефтехимических предприятиях и далее применяются в основном в промышленности и на транспорте. Их можно подразделить на:

(а) Моторные масла и индустриальные масла и (б) консистентные смазки, которые отличаются по физическим характеристикам (например, по вязкости), промышленному применению и поведению в окружающей среде.

5.2.2 Вопросы методологии

Использование смазочных материалов в двигателях обусловлено в первую очередь их смазочными свойствами; выбросы от такого применения считаются выбросами, не связанными со сжиганием, и относятся к сектору ППИП. Однако в случае двухтактных двигателей, в которых смазка смешивается с другим топливом и сжигается вместе с ним в двигателе, выбросы следует рассчитывать и рассматривать как выбросы, связанные со сжиганием, в секторе "Энергетика" (см. [том 2](#)).

На практике затруднительно определить, какая часть смазки, потребляемая машинами и транспортными средствами, действительно была сожжена, произведя прямые выбросы СО₂. Поэтому при расчете выбросов СО₂ делают допущение о том, что все количество смазочных материалов, потерянное в процессе их использования, полностью сгорело, и эти выбросы рассматриваются как выбросы СО₂.

Российское законодательство накладывает ограничения на захоронение и размещение на свалке отработанных смазочных материалов и рекомендует их сбор и последующее термическое обезвреживание с утилизацией тепла отходящих газов для выработки водяного пара энергетических параметров в котлах-утилизаторах с системой очистки отходящих газов <26>. Небольшая часть смазочных материалов окисляется в процессе использования, но основные выбросы СО₂ происходят при сборе отработанных смазочных материалов в конце их использования с последующим сжиганием, в соответствии с законодательством. Выбросы, связанные с термическим обезвреживанием отработанных масел, должны быть учтены в секторе "Энергетика" (или в секторе "Отходы", если извлечение энергии не производилось).

<26> <http://снп.рф/snip/full/63>

5.2.2.1 Выбор метода

Имеется два методологических уровня определения выбросов от использования смазочных материалов. Уровни 1 и 2 предполагают, что коэффициенты выбросов умножают на данные о количестве смазочных материалов, потребленных в регионе (в единицах энергии, например, в ТДж). В методе уровня 2 требуются данные о количестве различных типов смазочных материалов (за исключением количества, расходуемого двухтактными двигателями) и коэффициенты окисления при использовании (ОПИ), на уровне региона, тогда как в методе уровня 1 коэффициенты ОПИ, рекомендованные МГЭИК, умножают на суммарные данные о потреблении смазочных материалов. Поскольку коэффициент МГЭИК для консистентных смазок в четыре раза меньше, чем для смазочных масел, то в расчетах выбросов по методам более высокого уровня большое значение имеет определение фактической доли для масел и консистентных смазок. Следует учитывать, что применение национальных и региональных коэффициентов может дать более достоверные оценки выбросов в сравнении с коэффициентами МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Метод уровня 1

Выбросы CO₂ рассчитывают по уравнению 5.2 с использованием сгруппированных данных, углеродного содержания и коэффициентов ОПИ по умолчанию МГЭИК. Коэффициенты ОПИ по умолчанию рассчитаны с учетом рекомендованного МГЭИК соотношения масел и консистентных смазок:

Уравнение 5.2

Смазочные материалы - метод уровня 1

$$\text{Выбросы CO}_2 = LC \cdot \text{ССС}_{\text{смаз.мат.}} \cdot \text{ОПИ}_{\text{смаз.мат.}} \cdot 44/12,$$

где:

выбросы CO₂ = выбросы CO₂ от смазочных материалов, тонны CO₂;

LC = суммарное потребление в регионе смазочных материалов, ТДж;

ССС_{смаз.мат.} = углеродное содержание смазочных материалов, тонны C/ТДж (= кг C/ГДж);

ОПИ_{смаз.мат.} = коэффициент ОПИ (основанный на соотношении масел и консистентных смазок по умолчанию), дробь;

44/12 = отношение молекулярной массы CO₂/C.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 для смазочных материалов использует то же уравнение, с той разницей, что применяются региональные данные о потреблении по типам смазок (в единицах энергии, например, ТДж) и региональные коэффициенты выбросов. Коэффициенты выбросов учитывают углеродное содержание конкретных типов смазочных материалов и коэффициент ОПИ:

Уравнение 5.3

Смазочные материалы - метод уровня 2

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum_i (LC_i \cdot CC_i \cdot \text{ОПИ}_i) \cdot \frac{44}{12},$$

где:

Выбросы CO_2 = выбросы CO_2 от смазочных материалов, тонны CO_2 ;

LC_i = потребление смазочного материала типа i , ТДж;

CC_i = углеродное содержание смазочного материала типа i , тонны С/ТДж (= кг С/ГДж);

ОПИ_i = коэффициент ОПИ для смазочного материала типа i , дробь;

$44/12$ = отношение молекулярной массы CO_2 /С.

Смазочные материалы включают отдельно моторные масла/промышленные масла и консистентные смазки (но не включают количества, израсходованные в двухтактных двигателях).

В обоих уровнях могут быть использованы значения углеродного содержания по умолчанию МГЭИК, приведенные в разделе "Энергетика" (глава 1) или национальные значения, если они известны.

5.2.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Коэффициент выбросов равен произведению удельного углеродного содержания (тонны С/ТДж) на коэффициент ОПИ. Дальнейшее умножение на $44/12$ (массовое отношение CO_2 /С) дает коэффициент выбросов, выраженный в тоннах CO_2 /ТДж. Для смазочных материалов углеродное содержание по умолчанию, рассчитанное по нижней теплотворной способности, равно 20,0 кг С/ГДж. (см. глава 1 раздела "Энергетика"). Обратите внимание на то, что килограмм С/ГДж равен тонне С/ТДж.). Считается, что в результате сжигания окисление протекает на 100% до CO_2 , при этом отсутствует длительное хранение углерода в форме золы или остатков горения. В процессе использования окисляется лишь небольшая часть смазочных масел (см. таблицу 5.1). Консистентные смазки окисляются в процессе использования еще меньше (Межправительственная, 2006).

Таблица 5.1

КОЭФФИЦИЕНТЫ ОПИ ДЛЯ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ, КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЦЕЛОМ, РЕКОМЕНДОВАННЫЕ МГЭИК

Смазочный материал/тип использования	Доля от общего количества смазочных материалов (%)	Коэффициент ОПИ
Смазочные масла (моторные/промышленные масла)	90	0,2
Консистентные смазки	10	0,05

Для всех смазочных материалов		0,2
Диапазон неопределенности <*>	от -50% до +50%	
<*> Применительно к оценке выбросов от использования твердых парафинов диапазон неопределенности коэффициентов ОПИ составит от -100% до +100%.		

Метод уровня 1

Если известны только данные об общем потреблении всех смазочных материалов (т.е. без разделения на масла и консистентные смазки), то в методе уровня 1 используют средневзвешенный коэффициент ОПИ для всех смазочных материалов в целом. Если предположить, что 90% смазок по массе составляют масла и 10% - консистентные смазки, то применение этих весов к коэффициентам ОПИ для масел и консистентных смазок дает общий коэффициент ОПИ 0,2 (с округлением) (см. [таблицу 5.1](#)). Коэффициент ОПИ затем можно применить к общему коэффициенту углеродного содержания для смазочных материалов (который может быть национальным или рекомендованным МГЭИК), чтобы определить региональные выбросы от этого источника в том случае, если известны данные о потреблении смазочных материалов ([уравнение 5.2](#)).

Метод уровня 2

Для регионов, для которых известны данные об удельных количествах смазочных материалов, использованных в качестве моторных/индустриальных масел и в качестве консистентных смазок, можно применять различные коэффициенты ОПИ - либо коэффициенты МГЭИК 0,2 и 0,05 соответственно, либо национальные коэффициенты ОПИ для жидких и консистентных смазок. Далее эти коэффициенты ОПИ можно умножить на национальные коэффициенты углеродного содержания или на коэффициент углеродного содержания смазочных материалов, принятый МГЭИК по умолчанию, чтобы определить региональные выбросы ([уравнение 5.3](#)).

5.2.2.3 Выбор данных о деятельности

Для оценки выбросов требуются данные о неэнергетическом использовании смазочных материалов, при этом данные о деятельности выражаются в единицах энергии (ТДж). Для перевода данных о потреблении в единицах массы (например, в тоннах) в общепринятые единицы энергии (например, в ТДж, на основании низшей теплотворной способности) необходимы коэффициенты теплотворной способности (см. [глава 1](#) раздела "Энергетика"). Основные данные о неэнергетических продуктах, используемых в регионе, можно получить на основании данных региональной статистики. Может потребоваться дополнительная информация для определения количества смазочных материалов, используемых в двухтактных двигателях, которое должно быть исключено из расчетов этой категории источников уровня 2.

Для метода уровня 2 необходимо знать отдельно данные о потреблении моторных/индустриальных масел и консистентных смазок. Руководство по сбору данных о смазочных материалах, используемых в двухтактных двигателях, см. в [главе 3](#) раздела "Энергетика", посвященной автомобильному транспорту.

5.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ ПАРАФИНОВ

5.3.1 Введение

Согласно определению, принятому в данной главе, эта категория включает такие продукты, как вазелиновое масло, твердые парафины и другие воски, включая озокерит (смеси насыщенных углеводородов, которые при температуре окружающей среды находятся в твердом состоянии). Твердые парафины выделяют из сырой нефти при производстве легких (дистилляционных) смазочных масел. Твердые парафины подразделяются по содержанию масла и степени очистки (Межправительственная, 2006).

5.3.2 Вопросы методологии

Парафины применяются во многих областях. Твердые парафины используются для изготовления свечей, ящиков с гофрированными стенками, бумажных покрытий, проклеенных плит, пищевой продукции, мастик, моющих средств и многого другого. Выбросы от использования парафинов происходят в основном, когда парафины или производные парафинов сжигают в процессе применения (например, свечи), когда их сжигают с извлечением и без извлечения тепла, и при очистке сточных вод (для суфрактантов). Выбросы от очистки сточных вод и сжигания следует учитывать в секторах "Энергетика" или "Отходы" соответственно.

5.3.2.1 Выбор метода

Имеется два методологических уровня определения выбросов от использования и хранения твердых парафинов. Уровни 1 и 2 в принципе применяют один и тот же аналитический подход, состоящий в том, что коэффициенты выбросов умножают на данные о количестве твердых парафинов, потребленных в регионе (в единицах энергии, например, в ТДж). Метод уровня 2 основан на определении фактического потребления твердых парафинов и применении национального/регионального коэффициента ОПИ к данным о деятельности, тогда как в методе уровня 1 коэффициенты выбросов по умолчанию МГЭИК умножают на данные о деятельности (Межправительственная, 2006).

Метод уровня 1

Выбросы CO₂ рассчитывают по уравнению 5.4 с использованием суммарных данных о потреблении парафинов:

Уравнение 5.4

Парафины - метод уровня 1

$$\text{Выбросы CO}_2 = PW \cdot \text{СС}_{\text{Параф.}} \cdot \text{ОПИ}_{\text{Параф.}} \cdot 44/12,$$

где:

Выбросы CO₂ = выбросы CO₂ от использования парафинов, тонны CO₂;

PW = суммарное потребление парафинов, ТДж;

СС_{Параф.} = углеродное содержание твердых парафинов (по умолчанию), тонны С/ТДж (= кг С/ГДж);

ОПИ_{параф.} = коэффициент ОПИ для твердых парафинов, дробь;

44/12 = отношение молекулярной массы CO₂/C.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 для твердых парафинов использует то же уравнение (5.4) с той разницей, что применяются детализированные данные о количестве выпущенных твердых парафинов (возможно также с подразделением по типам) (в единицах энергии) и их использовании; кроме того, применяются национальные коэффициенты выбросов:

Уравнение 5.5

Парафины - метод уровня 2

$$\text{Выбросы } CO_2 = \sum_i (PW_i \cdot CC_i \cdot ОПИ_i) \cdot \frac{44}{12},$$

где:

Выбросы CO₂ = выбросы CO₂ от парафинов, тонны CO₂;

PW_i = потребление парафина типа i, ТДж;

CC_i = углеродное содержание парафина типа i, тонны C/TJ (= кг C/ГДж);

ОПИ_i = коэффициент ОПИ для парафина типа i, дробь;

дробь 44/12 = отношение молекулярной массы CO₂/C.

5.3.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Следует применять национальное значение углеродного содержания или значение, рекомендованное МГЭИК 20,0 кг C/ГДж (на основании низшей теплотворной способности) (см. глава 1 раздела "Энергетика"). Обратите внимание, что кг C/ГДж равен тонне C/Тдж).

Метод уровня 1

Если предположить, что выбросы от 20% твердых парафинов связаны со сжиганием свеч, тогда коэффициент ОПИ будет 0,2 (уравнение 5.4) (Межправительственная, 2006).

Метод уровня 2

Те регионы, которые располагают подробной информацией об использовании твердых парафинов, могут определить свой региональный коэффициент ОПИ для парафинов на основании данных о сжигании (уравнение 5.5). Эти коэффициенты можно комбинировать либо с вышеуказанными значениями углеродного содержания МГЭИК, либо с национальными значениями углеродного содержания, если таковые имеются.

5.3.2.3 Выбор данных о деятельности

Для оценки выбросов требуются данные об использовании твердых парафинов; данные о деятельности должны быть выражены в единицах энергии (ТДж). Для перевода данных о

потреблении в единицах массы (например, в тоннах) в общепринятые единицы энергии (например, в ТДж, на основании низшей теплотворной способности), необходимы коэффициенты теплотворной способности топлив (см. том 2 "Энергетика"). Основную информацию о неэнергетических продуктах, используемых в регионе, можно получить из данных региональной статистики о производстве, ввозе в регион и вывозе из региона, а также о соотношении энергетического/неэнергетического использования.

ГЛАВА 6. ВЫБРОСЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

6.1 ВВЕДЕНИЕ

Фторированные соединения (ФС) используются во многих процессах современной электронной промышленности для плазменного травления сложных схем, чистки реакционных камер и температурного контроля. Отдельные сектора электронной промышленности, рассмотренные в этой главе, включают производство полупроводников, жидкокристаллических (TFT) дисплеев и панелей, а также фотоэлементов (ФЭЭ).

6.2 ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ

В настоящее время электронная промышленность выбрасывает в атмосферу ФС, включая CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , $\alpha-C_4F_8$, $\alpha-C_4F_8O$, C_4F_6 , C_5F_8 , CHF_3 , CH_2F_2 , трифторид азота (NF_3), и гексафторид серы (SF_6). Они применяются в двух важных стадиях электронного производства: (i) плазменное травление кремнийсодержащих материалов и (ii) чистка стенок камеры химического осаждения из паровой фазы (ХОПФ) и попадают в атмосферу, главным образом в результате неэффективного использования ФС в процессе травления или чистки. Кроме того, часть ФС, используемых в электронной промышленности, может превратиться в побочный продукт CF_4 и в некоторых случаях в иные ФС, в частности, C_2F_6 , CHF_3 и C_3F_8 . В данной главе также рассмотрены выбросы F_2 , COF_2 , и ClF_3 , которые сами по себе не вносят вклад в глобальное потепление, но могут приводить к образованию CF_4 .

Дополнительные выбросы ФС происходят при использовании теплопроводящих жидкостей в результате их потерь от испарения. Производители электроники используют ФС для температурного контроля некоторых процессов в качестве теплопроводящих жидкостей, они являются жидкостями при комнатной температуре и имеют значительное давление паров. Поэтому в производственном процессе имеют место потери ФС, происходящие при охлаждении некоторых видов технологического оборудования, во время тестирования упакованных полупроводниковых устройств и при монтаже плат в процессе пайки электронных компонентов с оплавлением в паровой фазе. Потери отсутствуют, если жидкие ФС используются для охлаждения электронных компонентов или систем во время работы, при которых ФС находятся в закрытых системах в течение всего срока эксплуатации продукта или системы. Кроме того, жидкие ФС иногда используют для чистки ТПТ-ППД в процессе производства.

Проведение постоянного (in-situ) мониторинга выбросов в промышленности в настоящее время считается нецелесообразным с технической и экономической точки зрения. Тем не менее выбросы ФС периодически измеряют в процессе разработки новых процессов и аппаратов, а также после установления наиболее эффективных условий производства (которые также называются условиями осевого процесса) <27>. Перед тем как приступить к массовому выпуску, производители добиваются такого осевого процесса, который минимизирует выбросы ФС. Выбросы ФС зависят от параметров процесса (например, от давления, температуры, мощности плазмы, расхода газа ФС, времени проведения процесса). Поэтому точность методов оценки

выбросов будет зависеть от возможных различий между используемой технологией производства и стандартным осевым процессом. Кроме того, эффективность оборудования по снижению выбросов ФС зависит от работы и технического обслуживания оборудования в соответствии со спецификациями производителя.

<27> Условия осевого процесса - это условия, при которых производители оборудования стандартизируют оборудование, выпускаемое на рынок. Это номинальные значения для газовых потоков, давления в камере, мощности плазмы и т.д. Для производителей полупроводниковых устройств обычной практикой является модифицирование этих условий с целью оптимизации под конкретные требования.

На рынке электронного сектора представлено более 20 различных жидких ФС, часто в виде смесей с полностью фторированными соединениями. Поскольку CO_2 -эквиваленты этих жидкостей разные, то их приходится отслеживать и учитывать по отдельности.

6.2.1 Выбор метода

Точность оценки выбросов зависит от метода. В рамках Методических рекомендаций рассмотрены методы оценки выбросов уровня 1 и 2. Метод уровня 1 - наименее точный метод оценки; его следует применять только в тех случаях, когда нет данных на уровне предприятия. В разделе представлены общие подходы к оценкам уровня 2. Более подробные методологические рекомендации по методу уровня 2 содержатся в Р-2006 (Межправительственная, 2006).

6.2.1.1 Травление и чистка ХОПФ для полупроводников, жидкокристаллических дисплеев и фотоэлектрических элементов

Структура и интенсивность выбросов зависят от газов, применяемых при производстве различных типов электронных устройств, технологии производства (от типа процесса, например, ХОПФ или травление), изготовителя оборудования, применяемого для снижения выбросов ФС, эффективность которого зависит от корректности организации работы и технического обслуживания оборудования в соответствии со спецификациями производителя.

В текущий раздел включены методы оценки выбросов от использования жидких ФС уровня 1 и 2. Уровень 2 подразделяется на 2a и 2b, которые отличаются степенью детализации. Выбор методов зависит от наличия данных. В методе уровня 1 используются коэффициенты МГЭИК и не учитывается применение технологии снижения выбросов. Методы уровня 2a и 2b можно комбинировать, получая более точные оценки по сравнению с применением только метода уровня 2a. Однако метод уровня 1 не следует комбинировать с другими методами.

Метод уровня 1

Метод уровня 1 предназначен для получения суммарной оценки выбросов ФС, при этом выбросы различных газов учитываются отдельно (уравнение 6.1).

Уравнение 6.1

Метод уровня 1 для оценки выбросов ФС

$$FC_i = \sum_i (EF_i \cdot C_u \cdot C_d \cdot [C_{\text{ФЭЭ}} \cdot \delta + (1 - \delta)]),$$

где:

FC_i = выбросы i -го ФС газа, масса газа i ;

EF_i = коэффициент выбросов i -го ФС газа, равный массе выбросов в год на площадь поверхности подложек для данного класса продукции (масса газа i)/ M^2 ;

C_u = коэффициент использования годовой мощности завода, дробь;

C_d = годовая проектная производственная мощность, Gm^2 , обработанных подложек (Mm^2 только для производства ФЭЭ);

$C_{\text{ФЭЭ}}$ = доля производства ФЭЭ с использованием ФС, дробь;

δ = 1, если применяется [уравнение 6.1](#) к производству ФЭЭ, и 0, если применяется [уравнение 6.1](#) к производству полупроводников или TFT-дисплеи, в относительных единицах.

Расчет выбросов основан на коэффициентах выбросов МГЭИК по секторам выпускаемой электронной продукции (полупроводники, TFT-дисплеи или ФЭЭ). Коэффициенты выбросов выражают средние выбросы на единицу площади подложки (например, кремния, TFT-дисплея или ФЭЭ), потребленной при производстве. Для всех классов электронной продукции коэффициенты выбросов умножают на годовой коэффициент использования мощностей (C_u , дробь) и годовую проектную мощность (C_d , в квадратных гигаметрах (Gm^2) обработанных подложек). Произведение ($C_u \cdot C_d$) равно площади подложек, потребленных в электронном производстве. Результат расчета представляет собой сумму годовых выбросов (выраженных в кг) для каждого класса электронных изделий. Поскольку использование ФС при производстве ФЭЭ меняется в широких пределах, то для оценки выбросов ФС от производства ФЭЭ необходим третий коэффициент для учета той доли производства ФЭЭ, в которой применяется ФС.

Метод уровня 2а

Этот метод рассчитывает выбросы для каждого типа ФС на основании данных отдельных компаний о потреблении газа и о технологиях очистки выбросов. Для применения метода уровня 2а составители кадастра должны напрямую запрашивать с предприятий информацию о наличии и фактическом использовании технологий очистки выбросов.

Суммарные выбросы равны сумме выбросов ФС газа i , используемого в процессе производства, плюс выбросы побочных продуктов: CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 и C_3F_8 , образовавшихся из газа i . См. [уравнения 6.2](#) и [6.3](#).

Уравнение 6.2

Метод уровня 2а для оценки выбросов ФС

$$E_i = (1 - h) \cdot FC_i \cdot (1 - U_i) \cdot (1 - a_i \cdot d_i),$$

где:

E_i = выбросы газа i , кг;

FC_i = потребление газа i (например, CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , $\alpha-C_4F_8$, $\alpha-C_4F_8O$, C_4F_6 , C_5F_8 , CHF_3 , CH_2F_2 , NF_3 , SF_6), кг;

h = часть газа, остающаяся в транспортном контейнере после использования, дробь;

U_i = рабочий расход газа i (доля разложившегося или химически превращенного газа), дробь;

a_i = объемная доля газа i , израсходованного в процессах с применением технологий очистки выбросов (для компании или завода), дробь;

d_i = доля газа i , разрушенного с помощью технологии очистки выбросов, дробь.

Уравнение 6.3

Выбросы побочного продукта j (CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 , C_3F_8)

$$BRE_{j,i} = (1 - h) \cdot V_{j,i} \cdot FC_i \cdot (1 - U_i) \cdot (1 - a_i \cdot d_j),$$

где:

$BRE_{j,i}$ = выбросы побочного продукта j (CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 , C_3F_8) от израсходованного газа i , кг;

$V_{j,i}$ = коэффициент выбросов, кг образовавшегося j (CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 , C_3F_8)/кг израсходованного газа i ;

d_j = доля побочного продукта j (CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 , C_3F_8), разрушенного с помощью технологии очистки выбросов, дробь.

После расчета выбросов газа i (E_i) и выбросов побочных продуктов: CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 и C_3F_8 для каждого газа (BRE_{CF_4i} , $BRE_{C_2F_6i}$, BRE_{CHF_3i} и $BRE_{C_3F_8i}$) составители кадастра должны просуммировать эти выбросы по всем газам, чтобы получить полные суммарные выбросы ФС.

Метод уровня 2b

Метод уровня 2b применим для производства полупроводников и ТПТ-ППД.

Для метода уровня 2b необходимы данные о суммарных количествах каждого газа, введенного во все процессы травления и во все процессы чистки (FC_{ip}). Таким образом, этот метод разграничивает только крупные типы процессов (травление или чистка камер ХОПФ), но не делает различий между многочисленными вариантами процессов или их небольшими подтипами. Выбросы в результате использования конкретного ФС состоят из выбросов самого газа i плюс выбросы CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 и C_3F_8 , образовавшихся в качестве побочных продуктов в процессе использования газа i . Следующий расчет следует повторить для каждого газа в каждом типе процесса:

Уравнение 6.4

Метод уровня 2b для оценки выбросов ФС

$$E_i = (1 - h) \cdot \sum_p \left[FC_{i,p} \cdot (1 - U_{hp}) \cdot (1 - a_{i,p} \cdot d_{i,p}) \right],$$

где:

E_i = выбросы газа i , кг;

p = тип процесса (травление или чистка камер для ХОПФ);

$FC_{i,p}$ = потребление газа i , введенного в процесс типа p (например, CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , $\text{ц-}C_4F_8$, $\text{ц-}C_4F_8O$, C_4F_6 , C_3F_8 , CHF_3 , CH_2F_2 , NF_3 , SF_6), кг;

h = часть газа, остающаяся в транспортном контейнере после использования, дробь;

$U_{i,p}$ = рабочий расход для каждого газа i и процесса типа p (часть, разрушенная или химически преобразованная), дробь;

$a_{i,p}$ = объемная доля газа i , введенного в процесс типа p с применением технологий очистки выбросов (для компании или завода), дробь;

$d_{i,p}$ = доля газа i , разрушенного с помощью технологии очистки выбросов, применяемой в процессе типа p (если в процессе типа p используется более одной технологии очистки выбросов, то $d_{i,p}$ = среднее значение доли, разрушенной с помощью этих технологий очистки, в которых каждая доля взвешена по отношению к количеству газа, вводимому в аппарат соответствующей технологии очистки), дробь.

Уравнение 6.5

Выбросы побочного продукта j (CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 , C_3F_8)

$$BPE_{j,i} = (1 - h) \cdot \sum_p \left[B_{j,i,p} \cdot FC_{i,p} \cdot (1 - a_{i,p} \cdot d_{j,p}) \right]$$

где:

$BPE_{j,i}$ = выбросы побочного продукта j (CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 , C_3F_8), образовавшегося из газа i , кг;

$B_{j,i}$ = коэффициент выбросов для побочного продукта j (CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 , C_3F_8), образовавшегося из газа i в процессе типа p , кг образовавшегося j (CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 , C_3F_8)/кг израсходованного газа i ;

d_j = доля побочного продукта j (CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 , C_3F_8), разрушенного с помощью технологии очистки выбросов в процессе типа p (например, тип очистки выбросов из таблицы 6.6), дробь.

Обратите внимание, что среди материалов, которые обычно используются при травлении и чистке, многочисленные ФС могут применяться одновременно, а выбросы побочных продукции CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 или C_3F_8 могут происходить от разрушения одного отдельного ФС. В таких случаях выбросы побочных продукции CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 или C_3F_8 следует отражать в отчете как производные от ФС с наибольшим массовым расходом.

6.2.1.2 Теплопроводящие жидкости

Метод уровня 1

Расчет уровня 1 основан на коэффициенте выбросов, который равен средним выбросам на единицу кремния, потребленного при производстве полупроводников (уравнение 6.6).

Уравнение 6.6

Метод уровня 1 для оценки общих выбросов ФС
от теплопроводящих жидкостей

$$FC_{\text{жидк.всего}} = EF_i \cdot C_u \cdot C_d,$$

где:

$FC_{\text{жидк.всего}}$ = общие выбросы ФС, выраженные в виде массы C_6F_{14} , Мт C_6F_{14} ;

EF_i = коэффициент выбросов (усредненные выбросы ФС на $\Gamma\text{м}^2$ кремния, потребленного за период, выраженные в единицах массы C_6F_{14} (см. таблицу 6.2.)), Мт $C_6F_{14}/\Gamma\text{м}^2$;

C_u = средний коэффициент использования мощностей для всех предприятий по производству полупроводников за период, доля;

C_d = проектная мощность предприятий по производству полупроводников в регионе, $\Gamma\text{м}^2$.

Метод уровня 2

Метод уровня 2 основан на балансе масс и учитывает потребление ФС за год (уравнение 6.7). Метод используется в том случае, если известны данные на уровне компании. В течение года жидкие ФС применяются для заполнения нового оборудования и для замены ФС, потерянного из старого оборудования в результате испарения. Метод уровня 2 пренебрегает потерями жидкости в процессе заполнения нового или уже работающего оборудования и при списании отработавшего оборудования (что вполне понятно для таких дорогих жидкостей). Составители кадастра должны запрашивать у компаний сведения о химическом составе жидкостей, для которых проводится оценка выбросов.

Уравнение 6.13

Метод уровня 2 для оценки выбросов ФС
от теплопроводящих жидкостей

$$FC_i = \rho_i \cdot [I_{i,t-1} (1) + P_{i,t} (1) - N_{i,t} (1) + \\ + R_{i,t} (1) - I_{i,t} (1) - D_{i,t} (1)],$$

где:

FC_i = выбросы ФС_i, кг;

ρ_i = плотность жидкого ФС_i, кг/литр;

$I_{i,t-1}$ (1) = запас жидкого FC_i в конце предыдущего периода, литры;

$P_{i,t}$ (1) = нетто-закупки жидкого FC_i за период (нетто от всех покупок и возврата), литры;

$N_{i,t}$ (1) = общий объем заливки (или паспортная емкость) для нового, неработавшего оборудования, литры

$R_{i,t}$ (1) = общий объем заливки (или паспортная емкость) для списанного или проданного оборудования, литры

$I_{i,t}$ (1) = запас жидкого FC_i в конце периода, литры;

$D_{i,t}$ (1) = количество FC_i , извлеченное из отработанного оборудования и перемещенное за пределы предприятия, за период, литры.

6.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

6.2.2.1 Травление и чистка хопф для полупроводников, жидкокристаллических (tft) дисплеев и фотоэлектрических элементов

Некоторые коэффициенты выбросов МГЭИК для уровня 1 представлены в таблице 6.2 (Межправительственная, 2006).

Таблица 6.2

КОЭФФИЦИЕНТЫ УРОВНЯ 1 ДЛЯ ВЫБРОСОВ ОТДЕЛЬНЫХ ГАЗОВ ОТ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, РЕКОМЕНДОВАННЫЕ МГЭИК

Сектор электронной промышленности	Коэффициент выбросов (масса на единицу площади обработанных подложек)						
	CF_4	C_2F_6	CHF_3	C_3F_8	NF_3	SF_6	C_6F_{14}
Полупроводники, $\text{кг}/\text{м}^2$	0,9	1	0,04	0,05	0,04	0,2	НД
ТФТ-дисплеи, $\text{г}/\text{м}^2$	0,5	НД	НД	НД	0,9	4	НД
ФЭЭ, $\text{кг}/\text{м}^2$	5	0,2	НД	НД	НД	НД	НД
Теплопроводящие жидкости, $\text{кг}/\text{м}^2$	НД	НД	НД	НД	НД	НД	0,3

В силу своей специфики электронная промышленность довольно сложна, а используемые в ней технологические процессы - комплексные. Необходимо учитывать, что коэффициенты МГЭИК не могут охватить все разнообразие производственных условий, и основаны на некоторых допущениях, поэтому коэффициенты выбросов МГЭИК по своей внутренней сути являются ненадежными. В то же время точность можно повысить, используя большее число измеренных данных, а также применяя коэффициенты выбросов к схожим процессам, в которых используются схожие или одинаковые химические вещества.

Если данные об использовании мощностей промышленности полупроводников в регионе не

известны, в Р-2006 рекомендуется принимать загрузку производственных мощностей, равную 80%. Для оценки потребления предлагается по аналогии использовать загрузку 80% от проектной мощности для производства TFT-дисплеев в регионе, для C_u рекомендуется использовать значение 86% (Межправительственная, 2006).

При оценке выбросов в процессе производства ФЭЭ следует учесть долю промышленности, где фактически применяют ФС ($C_{ФЭЭ}$ в уравнении 6.1). Согласно Р-2006 ФС фактически используются при производстве 40 - 50% ФЭЭ, при этом тенденция использования ФС может расти. При отсутствии данных рекомендуется применять значение по умолчанию $C_{ФЭЭ} = 0,5$ (Межправительственная, 2006).

6.2.2.2 Теплопроводящие жидкости

Коэффициенты выбросов для метода уровня 1 представлены в [таблице 6.2](#).

6.2.3 Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности для электронной промышленности состоят из данных о продажах газов и использовании или количестве подложек, обработанных за год (например, количество m^2 кремния, переработанного для изготовления полупроводников). Для более требовательных к информации методов уровня 2 необходимы данные на уровне завода или компании. Для методов уровня 1 составители кадастра должны будут использовать суммарную площадь поверхности электронных подложек, обработанных за год на предприятиях региона. Рекомендуется использовать следующие источники данных:

- Территориальные органы государственной статистики РФ (Росстат);
- Соответствующие предприятия и компании <28>.

<28> Руководящие принципы МГЭИК (Межправительственная, 2006) рекомендуют для оценки потребления кремния данные, публикуемые в периодическом издании World Fab Watch (WFW), которое ежеквартально выпускает Международная промышленная ассоциация производителей полупроводниковых элементов и материалов (Semiconductor Equipment & Materials International (SEMI)). Эта база данных содержит перечень заводов (промышленных, а также научно-исследовательских, пилотных и т.д.) по всему миру с информацией об их местонахождении, проектной мощности, размере платы и много другое. Аналогично, база данных на диске Flat Panel Display Fabs, который выпускает SEMI, содержит оценку мирового потребления стекла для производства TFT-дисплеев. Однако вопросы доступности и применимости этих данных для регионов России в настоящее время остаются открытыми.

ГЛАВА 7. ВЫБРОСЫ ФТОРИРОВАННЫХ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

7.1 ВВЕДЕНИЕ

7.1.1 Химические вещества и области их применения, рассмотренные в главе

Гидрофторуглероды (ГФУ) и, в очень ограниченном количестве, перфторуглероды (ПФУ) используются в качестве альтернативы озоноразрушающим веществам (ОРВ), которые постепенно

выводятся из обращения согласно Монреальскому протоколу. Текущие и прогнозируемые виды применения ГФУ и ПФУ включают:

- кондиционирование воздуха и охлаждение;
- тушение пожара и защиту от взрыва;
- аэрозоли;
- чистку растворителем;
- пенообразование.

Эти основные группы текущего и прогнозируемого использования в этой главе называются приложениями в рамках категории заменителей ОРВ. Во введении ([раздел 7.1](#)) рассматривается общая структура расчета выбросов от заменителей ОРВ, а последующие [разделы 7.2 - 7.6](#) представляют более детализированное руководство по отдельным приложениям ОРВ.

Кроме того, использование ГФУ и ПФУ в некоторых приложениях может приводить к образованию долгосрочных банков материала; особенно это касается жестких пен (как правило, пен с закрытыми порами), охлаждения и пожаротушения. График выбросов от этих источников может быть особенно сложным, поэтому для получения точных оценок выбросов особенно важны методы, которые оперируют разгруппированными данными. Другие приложения, такие как аэрозоли и чистка растворителем, могут иметь краткосрочные запасы, но в контексте оценки выбросов могут рассматриваться как источники мгновенных выбросов. Это утверждение также относится к эластичным пенам (как правило, с открытыми порами).

Выбросы ГФУ и ПФУ не регулируются Монреальским протоколом, поскольку они не разрушают озоновый слой стратосферы. ГФУ - это вещества, содержащие только водород, углерод и фтор. До принятия Монреальского протокола и поэтапной ликвидации ОРВ из всех ГФУ производились только ГФУ-152а (входит в состав охлаждающей смеси R-500) и ГФУ-23 (низкотемпературный хладагент, побочный продукт производства ГХФУ-22). ГФУ-134а начали производить в 1991 году, и с тех пор было внедрено множество ГФУ, которые в настоящее время применяются, в том числе в качестве заменителей ОРВ. При сборе данных о потреблении ГФУ и ПФУ для составления отчетности следует учитывать ГФУ, входящие в состав смесей, но при этом игнорировать те компоненты смеси, учет которых не требуется (например, ХФУ и ГХФУ).

ГФУ и ПФУ обладают высокими потенциалами глобального потепления (ПГП), а ПФУ долго сохраняются в атмосфере. В [таблице 7.1](#) перечислены наиболее важные ГФУ и ПФУ (Межправительственная, 2006), включая основные области их применения. Потенциал различных ГФУ и ПФУ как парниковых газов сильно различается. Особенно высокие ПГП характерны для ПФУ независимо от принятого интегрированного временного горизонта, поскольку они очень долго сохраняются в атмосфере. Поэтому для того, чтобы получить правильные оценки вклада выбросов от этих групп химических веществ в глобальное потепление, нужно знать или оценить с достаточной точностью структуру потребления для отдельных газов.

Поскольку ХФУ, галоны, четыреххлористый углерод, метилхлороформ и, в особенности, ГХФУ окончательно выводятся из использования, для их замены избирательно применяются ГФУ. ПФУ продолжают использоваться, но в ограниченном количестве. Несмотря на то, что до 75% прежнего объема применения ХФУ можно заменить не фторуглеродными соединениями, ожидается рост использования ГФУ, по крайней мере, в ближайшей перспективе.

ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГФУ И ПФУ В КАЧЕСТВЕ
ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ОРВ <1>

Химические вещества	Кондиционирование воздуха и охлаждение	Тушение пожара и защита от взрыва	Аэрозоли		Чистка растворителем	Пенообразование	Другие приложения <2>
			Газы-вытеснители	Растворители			
ГФУ-23	X	X					
ГФУ-32	X						
ГФУ-125	X	X					
ГФУ-134a	X	X	X			X	X
ГФУ-143a	X						
ГФУ-152a	X		X			X	
ГФУ-227ea	X	X	X			X	X
ГФУ-236fa	X	X					
ГФУ-245fa				X		X	
ГФУ-365mfc				X	X	X	
ГФУ-43-10mee				X	X		
ПФУ-14 <3> (CF ₄)		X					
ПФУ-116 (C ₂ F ₆)							X
ПФУ-218 (C ₃ F ₈)							
ПФУ-31-10 (C ₄ F ₁₀)		X					
ПФУ-51-14 <4> (C ₆ F ₁₄)					X		

<1> ГФУ и ПФУ могут применяться в составе смесей. Другими компонентами таких смесей иногда являются ОРВ и/или непарниковые газы. Многие ГФУ, ПФУ и смеси имеют торговые названия; в этой главе используются только родовые названия.

<2> Другие области применения включают оборудование для стерилизации, экспандирование табака, плазменное травление электронных чипов (ПФУ-116) и использование в качестве растворителя при производстве адгезионных покрытий и типографских красок.

<3> ПФУ-14 (химическая формула CF₄) используется как второстепенный компонент

запатентованной смеси, которая предназначена в основном для травления полупроводников.

<4> ПФУ-51-14 представляет собой инертный материал, который плохо растворяет или совсем не растворяет грязь. Он может применяться как носитель для других растворителей или для растворения и осаждения смазок для накопителей на магнитных дисках. ПФУ также применяется при тестировании герметичности компонентов.

7.1.2 Общие вопросы методологии для всех заменителей ОРВ

7.1.2.1 Обзор вопросов, связанных с заменителями ОРВ

Уровни группирования данных

Каждое приложение, в котором используются заменители ОРВ, можно подразделить на субприложения. При выборе метода оценки рекомендуется проанализировать количество и соответствие субприложений, доступность данных и структуру выбросов. Для приложений с большим количеством субприложений (охлаждение имеет шесть основных субприложений; пены - и того больше) лучше использовать более высокий уровень разгруппирования данных, с учетом различия между субприложениями. Соответственно, для получения строгих оценок выбросов следует оценивать выбросы для каждого субприложения отдельно. В этой главе такой подход отражает метод уровня 2, а методы, основанные на сгруппированных, на уровне приложений данных, относятся к уровню 1. Даже если имеется совсем немного субприложений, оценка выбросов по субприложениям также предпочтительна вследствие различий в структуре выбросов, использовании химических веществ, методик сбора данных и/или доступности данных. Противопожарная защита, к примеру, имеет только два основных субприложения, но, каждое из них характеризуется различными выбросами, и разгруппированный метод (уровня 2) даст более точную оценку выбросов. С другой стороны, если структура выбросов субприложений одинакова и если трудно собрать разгруппированные данные, то можно оценивать выбросы на сгруппированном уровне (уровень 1), получая при этом надежные оценки выбросов. Например, несмотря на то, что для аэрозольных пропеллентов имеется несколько субприложений, расчет выбросов на сгруппированном уровне приложения может дать хороший результат, поскольку структура выбросов и используемые химические вещества аналогичны.

Типы и доступность данных

Очень важно уже на ранней стадии оценочного процесса решить, каким образом и из каких источников организовать сбор данных.

Данные о торговле ГФУ и ПФУ на региональном уровне не учитываются государственной статистикой. Частично такие данные можно получить от предприятий, использующих эти химические вещества для производства оборудования, материалов и других продукции (заводы по производству бытовых холодильников, вспененных пластмасс и др.). Эти же химические вещества используют предприятия по установке и обслуживанию холодильного оборудования и оборудования для кондиционирования воздуха, оборудования для пожаротушения. Таких предприятий может быть много и сбор данных о торговле ГФУ и ПФУ в регионе может быть связан со значительными затруднениями.

Данные о рынках обычно представляют собой данные о продажах оборудования или продукции на уровне субприложения; эти данные должны включать информацию о производстве в регионе, ввозе в регион и вывозе из региона такого оборудования или продукции. Как правило,

одновременно с различными ГФУ и ПФУ, в тех же субприложениях могут использоваться другие вещества, которые не являются парниковыми газами и не подлежат инвентаризации в рамках регионального кадастра выбросов парниковых газов. Поэтому данные о рынках необходимо дополнять оценкой доли рынка, в которой применяется конкретное, подлежащее учету в кадастре выбросов химическое вещество. Надо учитывать, что эта доля все время меняется. Например, в настоящее время заводами по производству бытовых холодильников осуществляется переход от использования ГФУ-134а к использованию хладагента R600, который не является парниковым газом. Кроме того, необходимы данные о среднем количестве химического вещества, используемого в каждом типе продукта внутри субприложения.

Комбинация двух направлений сбора данных (по химическим веществам и продуктам) необходима для оценки выбросов ГФУ и ПФУ на уровне субприложений.

Сроки выбросов и значение банков

Заменители ОРВ, такие как ГФУ и ПФУ, в одних приложениях закрыты внутри оборудования (например, при охлаждении и кондиционировании воздуха), а в других приложениях они должны испаряться (например, в аэрозолях). Эти различия важны для понимания, когда выбросы имели место, т.е. для оценки фактических выбросов.

Если выбросы происходят в течение первых двух лет, то их называют мгновенными выбросами. Примерами приложений и субприложений с мгновенными выбросами являются аэрозоли, аэрозольные растворители, пены открытыми порами и, в некоторых случаях, неаэрозольные растворители. В целом выбросы от приложений или субприложений с мгновенными выбросами можно рассчитать путем определения годового потребления химических веществ, принимая допущения о том, что все выбросы произошли в течение первого или второго года потребления. Таким образом, если потребление химических веществ не известно до конкретной даты, то оценки выбросов спустя год или два года после этой даты все же будут точными, и точность лишь немного повысится в том случае, если исследовать или оценивать потребление химических веществ, начиная с предыдущих лет.

Если имеют место отсроченные выбросы, то накопленная разница между количеством веществ, потребленных в приложении или субприложении, и количеством веществ, которые уже выделились в атмосферу, называется банком. Образование банков характерно для таких приложений, как кондиционирование воздуха и охлаждение, противопожарная защита, пены с закрытыми порами и, нередко, неаэрозольные растворители. Определение банка указывает на присутствие химического вещества на всех стадиях эксплуатации оборудования и может даже включать потоки отходов. Например, пенообразующее вещество (вспениватель) сохраняется в продуктах, которые уже захоронены, и оно продолжает быть частью банка, поскольку это химическое вещество было потреблено, но еще не выделилось в атмосферу. На практике большинство субприложений, связанных с оборудованием (например, для охлаждения или защиты от огня), скорее всего не доносят свой заряд вещества до потоков отходов, и общее количество вещества, содержащегося в работающем оборудовании, примерно равно фактическому банку. Оценка размера банка приложения или субприложения обычно проводится путем оценки исторического потребления химического вещества.

Иногда можно оценить размер банка на основании детализированной информации о текущем запасе оборудования или продукции. Хорошим примером служит мобильное кондиционирование воздуха, где автомобильная статистика может дать информацию о количестве автомашин по типу, возрасту и даже по наличию кондиционеров. Зная средний заряд, можно оценить банк без детального знания исторического потребления химических веществ.

7.1.2.2 Выбор метода

Как уже отмечалось, выбросы заменителей ОРВ можно оценивать разными способами, которые отличаются по сложности и по требованиям к данным. В этой главе будут рассмотрены методы уровня 1, использующие данные национального кадастра выбросов, а также более информационно-насыщенные методы уровня 2, для которых необходимо разгруппирование исходных данных на уровне субприложений.

Метод уровня 1

Получение данных об использовании ГФУ и ПФУ на уровне приложения в регионе может оказаться очень сложной проблемой. Это связано с отсутствием статистического учета межрегиональной торговли заменителями ОРВ и оборудованием и продуктами, в состав которых они входят. При этом доля ГФУ и ПФУ, которые поступают в регион в составе оборудования и продукции, значительно может быть значительно выше такой доли на национальном уровне. Поэтому, даже если удастся собрать данные о межрегиональной торговле ГФУ и ПФУ и использовании этих химических веществ в регионе, оценки выбросов, выполненные на основании этих данных, могут оказаться существенно заниженными.

В качестве метода уровня 1 в этом случае предлагается метод оценки выбросов от использования ГФУ и ПФУ на уровне приложения в регионе на основе оценки выбросов, выполненной в национальном кадастре выбросов парниковых газов. Доля региона в национальном выбросе при этом привязывается к доле населения страны, проживающей в этом регионе (уравнение 7.1).

Уравнение 7.1

Расчет выбросов химических веществ
для приложения - уровень 1

$$\text{Годовые выбросы} = \text{Национальные Годовые выбросы} \cdot \\ \cdot \text{Население региона/Население страны,}$$

где:

Годовые выбросы = региональные выбросы определенного заменителя ОРВ от приложения, кг;

Национальные Годовые выбросы = выбросы того же заменителя ОРВ от того же приложения по данным национального кадастра выбросов парниковых газов, кг;

Население региона = численность населения региона, тыс. человек;

Население страны = численность населения страны, тыс. человек.

Метод уровня 1 позволяет достаточно грубо определять уровень выбросов от использования ГФУ и ПФУ в регионе. Он может использоваться для оценки выбросов в категориях, которые не являются ключевыми. Для оценки выбросов от ключевых категорий должен использоваться метод уровня 2.

Методы уровня 2 - применение на уровне субприложения

Метод уровня 2 предлагает расчет выбросов для каждого конкретного химического вещества и типа продукции или оборудования на уровне субприложения или в рамках субприложения.

Расчет по методу уровня 2 включают два основных этапа:

- Расчет или оценка временных рядов нетто-потребления отдельных ГФУ и ПФУ на относительно детализированном уровне продукции и оборудования (т.е. холодильники, другое оборудование для стационарного охлаждения/кондиционирования воздуха, пены, изоляционные панели, трубная изоляция и т.д.), чтобы установить объем потребления, который требуется для расчета выбросов;

- Оценка выбросов с использованием данных о деятельности и расчет банка на основании результатов этапа (1) и коэффициентов выбросов, которые отражают выбросы для конкретных процессов, продукции и оборудования (уровень 2).

При этом метод уровня 2 оперирует на уровне разгруппирования характерном для субприложения.

Если необходимые данные известны, то для оценки выбросов от заменителей ОРВ рекомендуется применять метод уровня 2, особенно если субприложения в рамках приложения относительно сильно отличаются друг от друга. В российском национальном кадастре выбросов парниковых газов методика уровня 2 используется для расчета выбросов от охлаждения и кондиционирования воздуха. Выбросы от остальных приложений оцениваются по методике уровня 1. Доля выбросов от охлаждения и кондиционирования воздуха в суммарных выбросах от использования заменителей ОРВ в России составила в 2012 г. 87%. Составителям регионального кадастра выбросов рекомендуется в первую очередь предпринять усилия для сбора детализированных данных, необходимых для расчета выбросов по методике уровня 2 от этого приложения.

Поскольку ГФУ и ПФУ только недавно вышли на рынок некоторых приложений, то относительный размер потребления в каждом приложении будет меняться и впредь, и эти данные следует регулярно обновлять.

В [разделах 7.2 - 7.6](#) рассматривается применение этого метода к отдельным приложениям, использующим заменители ОРВ, а также особенности применения метода уровня 2 в каждом субприложении и существующие источники данных, необходимые для оценки выбросов.

В этом подходе необходимо иметь данные о количестве единиц оборудования или продукции, которые используют эти химические вещества, о среднем заряде, среднем сроке службы, интенсивности выбросов, рециклинге, удалении в отходы и других характеристиках. Эту информацию обычно собирают на уровне отдельных групп продукции или оборудования (например, для жестких пен это цельные оболочки, сплошные панели, составные панели, электроприборы и прочее). Годовые выбросы затем оценивают, как функцию этих параметров в течение срока службы единицы оборудования или продукта, путем умножения на коэффициенты выбросов для соответствующих фаз срока службы. Поскольку оборудование и продукты очень сильно отличаются по количеству используемых химических веществ, сроку службы и интенсивности выбросов, то сбор данных, необходимых для оценки выбросов, потребует больших ресурсов. Чем дольше срок службы оборудования или продукта и чем больше различаются типы оборудования и продукции в рамках одного субприложения, тем более детализированными

должны быть источники данных для расчета выбросов. Этот подход может обеспечить точную оценку выбросов, если собранные данные позволяют надежно оценивать выбросы всех подлежащих учету химических веществ для всех фаз их использования в соответствующем оборудовании (уравнение 7.2).

Уравнение 7.2

Суммарное уравнение выбросов, основанное
на фазах срока службы

$$\begin{aligned} & \text{Суммарные выбросы каждого ПФУ или ГФУ} = \\ & = \text{Выбросы от сборки/производства} + \\ & + \text{выбросы от эксплуатации} + \text{выбросы от утилизации,} \end{aligned}$$

где:

Выбросы от производства или сборки - это летучие выбросы, которые образуются в процессе первого заполнения оборудования химическим веществом или в процессе производства нового продукта;

Эксплуатационные выбросы от оборудования и продукции происходят в виде утечек или диффузии в течение фазы использования продукта или оборудования (включая техническое обслуживание). В некоторых случаях эксплуатационные выбросы могут быть высокие;

Выбросы от утилизации могут иметь место, когда наступает конец срока службы оборудования или продукта и их списывают и удаляют в отходы. В этом случае ГФУ/ПФУ, остающиеся в продукте или оборудовании, могут выделиться в атмосферу, могут быть рециклированы или разрушены.

Для некоторых приложений в методе уровня 2 следует предусматривать развитие банков. Это может привести к усложнению расчетов на уровне субприложения, поскольку динамика изменения банков может сильно меняться.

Необходимость обновлять кадастр оборудования и продукции на ежегодной основе может оказаться самой трудной задачей для составителей кадастра, располагающих ограниченными ресурсами. Эта задача может быть немного облегчена, поскольку можно не собирать ежегодные цифры потребления химических веществ, если имеются исчерпывающие данные по другим торговым показателям (например, данные о производстве домашних холодильников т.д.). В некоторых странах и регионах торговые ассоциации могут быть очень важным источником подобных данных. В противном случае придется проводить собственные маркетинговые исследования или пользоваться услугами соответствующих специалистов.

7.1.2.3 Выбор коэффициентов выбросов

Для расчетов по методу уровня 2 необходимы коэффициенты выбросов. В общих чертах коэффициенты выбросов могут быть двух типов:

Коэффициенты выбросов, которые были выведены на основании фактических измерений для продукции или оборудования на уровне страны в течение различных фаз их срока службы (национальные коэффициенты), или

Коэффициенты выбросов, выведенные на основании более широкого мирового опыта применения субприложений (коэффициенты МГЭИК по умолчанию).

Выбор типа коэффициента выбросов будет зависеть от уровня однородности внутри субприложения, от зависимости коэффициентов выбросов от принятой в этой области практики, от роли банков и других национальных и региональных условий, в том числе от наличия ресурсов у разработчиков кадастра выбросов. В некоторых случаях приложение будет рассматриваться как полностью эмиссионное, при этом нетто-потребление для конкретного года будет равно оценке выбросов за этот год (например, многие аэрозольные продукты). В такой ситуации коэффициенты выбросов по умолчанию будут более чем достаточны. Однако в большинстве случаев использования заменителей ОРВ ожидается некоторая отсрочка выбросов. Соответственно коэффициенты выбросов должны быть более сложными, особенно на уровне субприложений (уровень 2).

Для методов уровня 2 составители кадастра должны знать особые условия применения субприложений в своих странах и регионах. Несмотря на то, что типы оборудования и продукции могут быть подобными во всем мире, коэффициенты выбросов могут сильно отличаться в течение срока службы продукции или оборудования. Эти отличия могут возникать в результате климатических факторов, методов строительства, нормативов и особенно от методов технического обслуживания оборудования. Другим фактором, который должен учитываться, является способ размещения отработанных продукции в конце их срока службы, что может оказывать огромное влияние на общее количество выбросов. В конце срока службы в системе может находиться 90% и более от исходного заряда химического вещества. Вопросы, связанные с коэффициентами выбросов, обсуждаются в разделах, посвященных отдельным приложениям.

7.1.2.4 Выбор данных о деятельности

Сбор данных о деятельности заключается в сборе информации о нетто-потреблении за год каждого ГФУ/ПФУ для каждого субприложения и, там, где выбросы запаздывают во времени после потребления, о запасе ГФУ/ПФУ в банках. Данные о нетто-потреблении за год должны включать не только объемы продаж каждого ГФУ/ПФУ в крупных контейнерах, но и количество ГФУ/ПФУ в продуктах (таких как холодильники, кондиционеры, упаковочные материалы, изоляционные пены, огнетушители, аэрозоли и т.д.).

В Российской Федерации отсутствует статистический (в том числе таможенный) учет торговли, производства и использования в оборудовании и продуктах ГФУ и ПФУ. Поэтому такие данные невозможно получить напрямую, их можно оценить с помощью специального маркетингового исследования по оценке кадастра существующих единиц оборудования и продукции, в состав которых входят химические вещества, подлежащие учету. Эксперты также могут оказать помощь при формировании этих данных.

Составители кадастра могут проводить ежегодные исследования с целью обновления своих кадастров по различным типам оборудования/продукции. Альтернативой этому может быть расчет или оценка роста производства и потребления по каждому из рассматриваемых субприложений. Данные должны отражать новые единицы оборудования, а также старые или плохо работающие единицы, которые были списаны.

В эффективной практике всегда приветствуется получение данных о региональных годовых продажах от производителей или импортеров химических веществ. Самым лучшим источником данных о суммарном заряде нового оборудования, по-видимому, являются производители этого оборудования и торговые компании, которые его представляют. Для расчета суммарного заряда

списываемого оборудования необходимо получить информацию или оценить (i) срок службы оборудования/продукта и (ii) либо (a) исторические продажи оборудования/продукта и исторический средний заряд или состав, либо (b) скорость роста таких продаж и размера заряда за отчетный период там, где такая информация известна за текущий год.

Как уже отмечалось в этом разделе, возможность получать необходимые национальные данные о деятельности и о банках на уровне региона может быть ограничена такими проблемами, как конфиденциальность, недостаток информации о компаниях, использующих ГФУ и ПФУ, а также о продуктах, содержащих ГФУ и/или ПФУ. Поэтому решение этих вопросов часто проще получить на национальном уровне. Следует отметить, что использование национальных или региональных данных не является выбором типа "или-или". Во многих случаях разработка общих региональных кадастров может опираться на сочетание данных из обоих источников. В любом случае, использование одного источника для проверки другого источника активно приветствуется в рамках эффективной практики.

7.1.2.5 Зависимость данных, представленных в настоящих Методических рекомендациях, от времени

Продукты и оборудование, в которых используются заменители ОРВ, со временем сильно изменились, и, по-видимому, будут меняться и дальше. Поэтому относительно данных о деятельности и коэффициентов выбросов, представленных в настоящих Методических рекомендациях, следует отметить, что данные о деятельности более изменчивы, чем коэффициенты выбросов. Соответственно любая информация о деятельности по умолчанию, которая здесь содержится, "постареет" быстрее и будет давать более высокую ошибку с течением времени, если не будут внесены поправки с учетом роста рынка. Там, где в будущем ожидается отказ от ОРВ, там использование неизменных данных о деятельности может привести к очень высоким ошибкам в прогнозах выбросов.

7.1.2.6 Полнота

Необходимо вовремя выявлять все потенциальные приложения ГФУ и ПФУ. В [таблице 7.1](#) перечислены основные ГФУ и ПФУ, которые следует учитывать, но этот список может оказаться неполным, особенно для компонентов смесей, которые нередко имеют сложный состав.

7.1.2.7 Оценка неопределенностей

Очень трудно сделать количественное определение неопределенности для ОРВ для отдельного года вследствие большого числа различных источников и разнообразия моделей выбросов. Для методов уровня 1, неопределенность будет отражать неопределенность оценки выбросов в национальном кадастре, а также неравномерность распределения оборудования и продукции, содержащих заменители ОРВ, в разных регионах России. Для метода уровня 2 неопределенность будет отражать полноту охвата оборудования и правильность коэффициентов выбросов, которые были разработаны для субприложений. Дальнейшая информация о неопределенностях будет представлена далее, в разделах, посвященных шести приложениям.

7.2 НЕАЭРОЗОЛЬНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ

7.2.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения

ГФУ в качестве растворителей сейчас применяются гораздо большем количестве, чем

ХФУ-113 использовался до того, как от него отказались, а ПФУ и сейчас применяются очень редко в качестве растворителей. ГФУ/ПФУ растворители применяются в четырех основных областях:

- прецизионная чистка;
- чистка электроники;
- чистка металлических поверхностей;
- нанесение покрытий

ГФУ обычно применяют в форме азеотропных или других смесей для чистки растворителями. Чаще всего ГФУ-растворителем является ГФУ-43-10тее, иногда используются ГФУ-365mfc, ГФУ-245fa (как аэрозольный растворитель <29>), гептафторциклопентан (Межправительственная, 2006). Это позволяет найти баланс между эффективной чисткой и совместимостью с материалами изделия. Чистый растворитель не обладает чистящей силой ХФУ-113 из-за отсутствия атомов хлора в молекуле.

<29> Выбросы аэрозольных растворителей рассматриваются вместе с аэрозолями (см. [раздел 7.3](#)).

В целом перфтороуглероды применяются мало, поскольку они довольно инертны, имеют высокие ППП и плохо растворяют масла - за исключением фторированных масел и фторированных консистентных смазок для равномерного нанесения этих материалов в качестве смазок при производстве накопителей на магнитных дисках.

В целом главные производители ПФУ перевели всех прежних потребителей ПФУ (для чистки) на использование ГФУ и гидрофторэфиров (ГФЭ).

7.2.2 Вопросы методологии

7.2.2.1 Выбор метода

Исторически выбросы от растворителей считались мгновенными выбросами, поскольку 100% химических веществ обычно улетает в атмосферу в течение двух лет после первого применения (Межправительственная, 2006). Для того чтобы оценить выбросы в таких ситуациях, необходимо знать общее количество каждого вида ГФУ и ПФУ, проданного в каждом году в качестве растворителя. Выбросы ГФУ и ПФУ от использования растворителей в году t можно рассчитать следующим образом.

Уравнение 7.3

Метод оценки выбросов от использования растворителей

$$\text{Выбросы}_t = S_t \cdot EF + S_{t-1} \cdot (1 - EF) - D_{t-1},$$

где:

Выбросы_t = выбросы в году T, кг;

S_t = количество растворителей, проданных в году t, кг;

S_{t-1} = количество растворителей, проданных в году t-1, кг;

EF = коэффициент выбросов (= доля веществ, выброшенных в атмосферу от растворителей в первый год использования), дробь;

D_{t-1} = количество растворителей, разрушенных в году t-1, кг.

В [таблице 7.1](#) перечислены ГФУ и ПФУ, которые могут использоваться в качестве растворителей. Способ расчета, представленный [уравнением 7.3](#), можно применять для метода уровня 2, основанного на коэффициентах выбросов. Следует отметить, что уравнение 7.3 предполагает полные выбросы растворителя в течение двух лет независимо от применяемого коэффициента выбросов в году t. Растворители, извлеченные и затем разрушенные, учитываются, но это нехарактерная практика по причине высокой стоимости этих химических веществ.

7.2.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Коэффициент выбросов EF представляет долю вещества, выброшенного в атмосферу в результате использования растворителей в году t. Срок службы продукта приравнивается к двум годам, и поэтому любое количество, которое не выделилось в течение первого года, по определению выделяется в течение второго (и вероятно) последнего года.

При отсутствии национальных данных, в рамках эффективной практики для выбросов от использования растворителей применяют коэффициент выбросов по умолчанию, равный 50% от первоначального заряда в год (Межправительственная, 2006).

Модификации методов с целью учета извлечения и рециклинга растворителей применимы в том случае, если имеется достоверная информация. ГФУ и ПФУ растворители можно извлекать и подвергать рециклингу многократно по причине их высокой стоимости.

7.2.2.3 Выбор данных о деятельности

[Уравнение 7.5](#) следует использовать для каждого химического вещества по отдельности и, в зависимости от разгруппирования доступных данных, оно может быть пригодно для оценки нетто-потребления каждого химического вещества в субприложении (уровень 2). Данные о деятельности, насколько возможно, следует собирать от поставщиков растворителей или пользователей. В большинстве стран конечные пользователи очень разные, и поэтому подход, ориентированный на поставщиков, представляется более целесообразным.

7.2.2.4 Полнота

Полнота зависит от наличия данных о деятельности. Составителям кадастра в регионах, не имеющих внутреннего производства растворителей, может потребоваться помощь экспертов для оценки данных о деятельности, поскольку статистика импорта (ввоза) может оказаться неполной.

Имеется вероятность двойного учета в отношении к использованию ГФУ и ПФУ в электронной промышленности. Кроме того, во избежание двойного учета следует быть особенно внимательным в тех случаях, когда ГФУ и ПФУ, применяемые как растворители, входят в состав

аэрозолей. Должны быть установлены ясные правила учета таких растворителей. Обычно эффективная практика предусматривает учет этих видов использования как потребление аэрозолей, чтобы избежать проблем с разграничением между растворителями и пропеллентами, особенно когда один и тот же растворитель выполняет обе функции. Этот вопрос будет рассмотрен далее в [разделе 7.3](#).

7.2.2.5 Оценка неопределенностей

Допущение о том, что весь растворитель может улететь в атмосферу в течение приблизительно двух лет (50% в течение года t и 50% в течение года $t+1$) широко одобрено экспертами как вполне разумное предположение (Межправительственная, 2006). Считается, что данные о деятельности на уровне приложения надежные вследствие небольшого числа производителей химических веществ, высокой цены растворителей и того, что в большинстве приложений 100% улетает в атмосферу со временем. Однако неопределенность на уровне субприложения будет в большой степени зависеть от качества данных, полученных от пользователей, и полноты охвата пользователей.

7.3 АЭРОЗОЛИ (ПРОПЕЛЛЕНТЫ И РАСТВОРИТЕЛИ)

7.3.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения

Большинство аэрозольных упаковок содержит углеводород (УВ) в качестве пропеллента, при этом ПФУ и ГФУ могут использоваться в виде небольшой добавки в качестве пропеллентов и растворителей. Выбросы от аэрозолей обычно происходят вскоре после их производства, в среднем через 6 месяцев после продажи. Однако период между производством и продажей может сильно меняться в зависимости от субприложения. В процессе использования аэрозолей 100% химических веществ улетает в атмосферу (Межправительственная, 2006). Имеется 5 основных субприложений (Межправительственная, 2006):

- дозированные ингаляторы (медицинские аэрозоли) (ДИ);
- средства личной гигиены (например, средства для ухода за волосами, дезодоранты, кремы для бритья);
- бытовая химия (например, освежители воздуха, чистящие средства для духовых шкафов и тканей);
- товары для промышленности (специальные чистящие спреи, например, для работающих электрических контактов, смазки, аэрозоли для замораживания труб);
- другие продукты общего назначения (например, аэрозольный серпантин (silly string), насосы для шин, клаксоны).

В [таблице 7.1](#) перечислены ГФУ, которые в настоящее время используются как пропелленты - ГФУ-134а, ГФУ-227еа и ГФУ152а. В качестве растворителей в аэрозольных продуктах промышленного назначения применяются ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc, ГФУ-43-10mee и ПФУ (перфторгексан). Из них ГФУ-43-10mee используется наиболее широко <30>. Предполагается, что ГФУ-365mfc также найдет широкое применение в ближайшем будущем.

<30> ГФУ-43-10 т.е. используется как растворитель, но учитывается как аэрозоль, если поставляется в аэрозольных баллонах.

7.3.2 Вопросы методологии

7.3.2.1 Выбор метода

Аэрозольные выбросы считаются мгновенными, поскольку весь первоначальный заряд улетает в течение 1 - 2 лет после производства, как правило, в течение 6 месяцев после продажи для большинства субприложений. Следовательно, чтобы оценить выбросы, необходимо знать суммарное количество, первоначально заряженное в контейнер до продажи. Выбросы каждого отдельного аэрозоля в году t можно рассчитать по следующему уравнению:

Уравнение 7.4

Метод оценки выбросов от использования аэрозолей

$$\text{Выбросы}_t = S_t \cdot EF + S_{t-1} \cdot (1 - EF),$$

где:

Выбросы_t = выбросы в году T , кг;

S_t = количество ГФУ и ПФУ, содержащееся в аэрозольных продуктах, проданных в году t , кг;

S_{t-1} = количество ГФУ и ПФУ, содержащееся в аэрозольных продуктах, проданных в году $t-1$, кг;

EF = коэффициент выбросов (= доля вещества, выброшенного в атмосферу в первый год использования), дробь.

Это уравнение следует применить к каждому аэрозолю. Насколько возможно, данные о деятельности следует собирать прямо от производителей или дистрибьюторов аэрозолей, лучше всего на уровне субприложений, чтобы воспользоваться методом 2. Поскольку считается, срок службы продукта не превышает двух лет, то любое количество, которое не выделилось в течение первого года, по определению выделяется в течение второго (последнего) года. В действительности, большая часть выбросов происходит в течение первого года после продажи, однако [уравнение 7.4](#) справедливо учитывает время задержки между датой производства и временем продажи и использования. В отличие от ситуации с растворителями, здесь не требуется учитывать извлечение, рециклинг или разрушение, поскольку это возможно только тогда, когда у продукта на складе истекает срок хранения. При нормальном управлении поставками это очень редкое событие.

7.3.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Эффективная практика предусматривает использование коэффициента выбросов по умолчанию равного 50% от первоначального заряда в год для аэрозольной продукции.

Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности для этого приложения можно собирать на уровне субприложения,

опираясь на данные от поставщиков или пользователей в зависимости от доступности и качества данных (уровень 2). Сбор данных от пользователей требует знания количества аэрозольных продукции, проданных на уровне субприложения (например, количество дозированных ингаляторов, продукции для ухода за волосами и насосов для шин) и средний заряд контейнера. Суммарное использование аэрозольных продукции в течение года можно рассчитать, как количество аэрозольных продукции, проданных в регионе в течение года, умноженное на заряд ГФУ каждого продукта.

7.3.2.3 Полнота

Полнота зависит от доступности данных о деятельности по каждому подотчетному веществу. В разделе 7.3.1 (и в таблице 7.1) представлены ГФУ и ПФУ, используемые в приложении в настоящее время. Составителям кадастра, возможно, потребуется помощь экспертов для оценки данных о деятельности, поскольку эта информация может быть неполной (см. главы 2 и 3 общего раздела Методических рекомендаций), особенно в том, что касается содержания пропеллентов и растворителей в продуктах.

7.3.2.4 Оценка неопределенностей

Объем использования ГФУ в секторе аэрозолей общего назначения, как правило, больше, чем в секторе ДИ. Возможность получения надежных данных для сектора ДИ существенно выше, чем для сектора аэрозолей общего назначения. Если при составлении отчета отсутствуют надежные данные об аэрозолях общего назначения, то это может привести к завышению или занижению оценок выбросов с коэффициентом от 1/3 до 3.

7.4 ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ

7.4.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения

ГФУ все больше и больше используются для замены ХФУ и ГХФУ в пенах и, особенно, в теплоизоляционных материалах. В таблице 7.1 представлены вещества, которые используются в настоящее время - это HFC-245fa, HFC-365mfc, HFC-227ea, HFC-134a и HFC-152a. Процессы и приложения, в которых применяются эти ГФУ, представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГФУ ДЛЯ ВСПЕНИВАНИЯ

Тип пор	Субприложение	ГФУ-пенообразователи			
		ГФУ-1 34a	ГФУ- 152a	ГФУ-2 45fa	ГФУ-365mf с (+ ГФУ-227ea)
Открытые	ПУ <1> эластичные пены				
	ПУ эластичные формованные пены				
	ПУ пены в виде цельной оболочки	X		X	

	ПУ однокомпонентные пены	X	X		
Закрытые	ПУ сплошные панели	X		X	X
	ПУ составные панели	X		X	X
	ПУ пены для электроприборов	X		X	X
	ПУ пены, формуемые методом впрыска	X		X	X
	ПУ сплошные блоки			X	X
	ПУ составные блоки			X	X
	ПУ сплошной ламинат			X	X
	ПУ распыляемая пена			X	X
	ПУ труба-в-трубе	X		X	X
	Экструдированный полистирол	X	X		
	Фенольный блок			X	X
	Фенольный ламинат			X	X
<1> Полиуретановый.					

Пены с открытыми порами используются для выпуска такой продукции, как мягкая мебель, матрасы, автомобильные сиденья, а также для формованной продукции, такой как рулевые колеса автомобилей или офисная мебель. Пены с закрытыми порами применяются в основном в теплоизоляционных изделиях, в которых теплопроводность газа, выбранного в качестве вспенивателя ниже, чем у воздуха. Это свойство вспенивателя используется для придания изделию теплоизолирующих свойств на весь срок службы.

7.4.2 Вопросы методологии

Для расчета выбросов от пен с закрытыми порами (ПЗП) представлено уравнение 7.5. Это уравнение учитывает выбросы от производства, эксплуатации и при списании в отходы. Предлагается также учитывать извлечение и разрушение ГФУ в процессе списания, если такие данные известны.

Уравнение 7.5

Подход, основанный на коэффициентах выбросов для пен

$$\text{Выбросы}_t = M_t \cdot EF_{\text{fyt}} + \text{Bank}_t \cdot EF_{\text{al}} + DL_t - RD_t,$$

где:

Выбросы_t = выбросы от пен с закрытыми порами в году t, кг;

M_t = общее количество ГФУ, использованного при производстве ПЗП в году t , кг;

$E_{F_{y1}}$ = коэффициент выбросов для потерь в первом году, дробь;

$Bank_t$ = заряд ГФУ, в пенах с закрытыми порами, выпущенных между годом t и $t-n$, кг;

$E_{F_{al}}$ = коэффициент ежегодных выбросов в результате утечек, дробь;

DL_t = потери при списании в году t (потери химического вещества в конце срока службы, которые происходят, когда продукт/оборудование выбрасывают). Эти потери рассчитывают по количеству оставшегося химического вещества и коэффициенту потерь в конце срока службы, который зависит от типа обработки после списания <31>, кг;

<31> Большинство процедур списания не приводят к полному выбросу всего оставшегося вспенивателя. Было показано, что даже при пропуски через открытый автоизмельчитель улетает менее 50% остающегося вспенивателя (Межправительственная, 2006). Соответственно, банки вспенивателей могут расти и далее вместе с потоками отходов (например, захоронений) - см. [раздел 7.4.2.1](#).

RD_t = выбросы ГФУ, предотвращенные путем извлечения или разрушения пен и их вспенивателей в году t , кг;

n = срок службы ПЗП;

t = текущий год;

$(t-n)$ = совокупный период, в течение которого ГФУ может сохраняться в пене.

Соответственно, если тип пены не известен, то уравнение 7.5 следует применять к каждому химическому веществу и каждому большому субприложению при расчете по методу уровня 2.

Поскольку, в рамках общего приложения (пены), графики выбросов сильно отличаются в зависимости от субприложений, то большее значение будет иметь использование по возможности метода уровня 2. Однако на практике трудности с получением детализированных данных о торговле вспененными материалами, а также трудности определения вспенивателей в составе уже изготовленных пен делают метод, основанный на региональных данных о деятельности, малоприменимым для применения на уровне субприложения. Признавая трудности, связанные с получением разгруппированных данных о деятельности и соответствующих коэффициентов выбросов, можно предложить расчет выбросов на уровне приложения и использование параметров расчета по умолчанию МГЭИК (Межправительственная, 2006) ([таблица 7.3](#)).

Дополнительной характеристикой кадастров пен является то, что значительная часть выбросов происходит от ПЗП в точке списания или позднее. Следовательно, составители кадастра должны более тщательно исследовать практику вывода из эксплуатации и возможную практику по извлечению или разрушению вспенивателей. Соответственно, методы должны предполагать полное выделение в атмосферу вспенивателей при списании, только если имеются ясные доказательства в пользу этого; в общем случае следует относить эти выбросы к последующим годам, основываясь на более правильном графике выбросов. Поэтому соответствующие колонки в [таблицах 7.4](#) и [7.5](#) представляют максимальные потенциальные потери. На практике эти выбросы, вероятно, растянуты на многие годы после списания.

7.4.2.1 Выбор метода

Пены с открытыми порами. Поскольку ГФУ, которые используются для вспенивания ПОП, улетают мгновенно, то выбросы почти во всех случаях будут происходить там, где они производятся. Единственным исключением являются однокомпонентные пены (например, монтажные пены), когда заполненный контейнер производится в одном регионе (стране), но выбросы могут происходить в другом регионе (стране), поскольку контейнеры можно продать и увезти в другое место. Выбросы рассчитывают по следующему уравнению:

Уравнение 7.6

Метод расчета выбросов для пен с открытыми порами

$$\text{Выбросы}_t = M_t,$$

где:

Выбросы_t = выбросы от ПОП в году t , кг;

M_t = общее количество ГФУ, использованного при производстве новых ПОП в году t , кг.

Это уравнение следует применять для каждого химического вещества, используемого в ПОП. Несмотря на то, что расчет выбросов выполняется аналогично для ПОП-приложений, рекомендуется использовать разгруппированный метод уровня 2, чтобы правильно учесть выбросы от производства и потребления однокомпонентных пен. В этом случае необходимо учитывать объемы производства в регионе, а также ввоз в регион и вывоз из региона однокомпонентных пен.

Пены с закрытыми порами. Выбросы от ПЗП происходят в трех точках, которые отражены в [уравнении 7.5](#):

Потери первого года от производства: эти выбросы происходят по месту производства продукта.

Ежегодные потери (утечки): ПЗП теряют часть своего первоначального заряда каждый год до списания. Эти выбросы происходят по месту использования продукта.

Потери при снятии с эксплуатации (списании): эти выбросы также происходят по месту использования продукта.

Для применения метода, который охватывает эти три фазы, необходимо собрать текущие и исторические данные о ежегодных продажах ГФУ для производства пен для всего периода, когда ГФУ были использованы в этом приложении, вплоть до среднего срока службы ПЗП включительно (50 лет). Ввоз в регион и вывоз из региона вспененных материалов, которые включают ГФУ, также должны быть учтены.

Даже если методы извлечения и разрушения не практикуются, все равно маловероятно, чтобы весь вспениватель выделился в атмосферу к концу срока службы, особенно если пены остаются нетронутыми при захоронении. В этих условиях значительная часть вспенивателя остается в потоках отходов, образуя дополнительный банк выбросов. Поскольку интенсивность

выбросов такого банка будет ниже 100%, [уравнение 7.5](#) даст завышенную оценку выбросов. Хотя можно предусмотреть пятый член уравнения 7.5 для этого компонента выбросов, считается, что это не играет роли, потому что в ближайшие 10 - 20 лет использование пен, содержащих ГФУ, не достигнет этой фазы.

7.4.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

В [таблицах 7.4](#) (Коэффициенты выбросов по умолчанию для ГФУ-134а/ГФУ-152а (субприложения для пен)) и [7.5](#) (Коэффициенты выбросов по умолчанию для ГФУ-245а/ГФУ-365mfc/ГФУ-227ea (субприложения для пен)) представлены предположительные коэффициенты выбросов по умолчанию для наиболее важных современных приложений ПЗП. Для использования этих коэффициентов необходимы данные о количестве ГФУ, использованных на производство пен, а также количество ГФУ, ввезенных в регион и вывезенных из региона в составе готового продукта. Желательно, чтобы эти данные были на уровне субприложения как для исторического, так и для текущего потребления, чтобы правильно определить банк ГФУ, находящийся в оборудовании/продуктах.

Таблица 7.3

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ГФУ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ПЕН С ЗАКРЫТЫМИ ПОРАМИ

Коэффициент выбросов	Значения по умолчанию
Срок службы продукта	n = 20 лет
Потери первого года	10% от исходного заряда ГФУ в год, хотя значение может упасть до 5%, если в процессе производства применяется рециклинг
Ежегодные потери	4,5% от исходного заряда ГФУ в год
Источник: Межправительственная, 2006	

Таблица 7.4

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ГФУ-134А/ГФУ-152А (СУБПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПЕН)

Субприложение	Срок службы продукта, годы	Потери первого года, %	Ежегодные потери, %	Максимальные потенциальные потери в конце срока службы, %
Полиуретан - цельная оболочка	12	95	2,5	0
Полиуретан - сплошная панель	50	10	0,5	65

Полиуретан - составная панель	50	12,5	0,5	62,5
Полиуретан - электроприборы	15	7	0,5	85,5
Полиуретан - формование методом впрыска	15	12,5	0,5	80
Однокомпонентная пена	50	95	2,5	0
Экструдированный полистирол - ГФУ-134а	50	25	0,75	37,5
Экструдированный полистирол - ГФУ-152а	50	50	25	0
Экструдированный полиэтилен	50	40	3	0
Источник: Межправительственная, 2006				

Таблица 7.5

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ
ДЛЯ ГФУ-245А/ГФУ-365МFC/ГФУ-227ЕА (СУБПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПЕН)**

Субприложение	Срок службы, годы	Потери первого года, %	Ежегодные потери, %	Максимальные потенциальные потери в конце срока службы, %
Полиуретан - сплошная панель	50	5	0,5	70
Полиуретан - составная панель	50	12	0,5	63
Полиуретан - электроприборы	15	4	0,25	92,25
Полиуретан - формование методом впрыска	15	10	0,5	82,5
Полиуретан - сплошная панель	15	20	1	65
Полиуретан - составные блоки для трубных секций	15	45	0,75	43,75
Полиуретан - составные блоки для панелей	50	15	0,5	60
Полиуретан - сплошной ламинат/доски	25	6	1	69
Полиуретан - спреи	50	15	1,5	10

Полиуретан - труба-в-трубе	50	6	0,25	81,5
Полиуретан - составной блок	15	45	0,75	43,75
Фенольный полимер - комбинированный ламинат	50	10	1	40
Полиуретан - цельная оболочка	12	95	2,5	0
Источник: Межправительственная, 2006				

Если известны только сгруппированные данные на уровне приложения ПЗП, а сведения об отдельных типах пен не доступны, то для расчета можно использовать общий коэффициент выбросов по умолчанию из [таблицы 7.3](#).

Использование этих коэффициентов выбросов по умолчанию дает 90% выбросов от первоначального заряда в течение 20 лет использования после того, как 10% улетело в первый год.

7.4.2.3 Выбор данных о деятельности

Для оценки выбросов необходимы данных о деятельности двух типов:

- количество химических веществ, использованных для производства пены в регионе;
- количество химических веществ, содержащихся в пене, ввезенной в регион и вывезенной из региона.

Производство пен

В Российской Федерации для производства вспененных материалов с 2000 г. используется ГФУ-134а, с 2010 - ГФУ-365mcf в смеси с ГФУ-227ea. ГФУ-245а используется в крайне незначительных количествах (Российская, 2006 -...). Кроме того, используются другие вспениватели: углеводородные (циклопентан, изобутан и др.), вспениватели на основе воздуха и диоксида углерода, в значительных количествах используются гидрохлорфторуглероды (ГХФУ-141b, ГХФУ-22). ГФУ могут использоваться в производстве экструдированного пенополистирола, однокомпонентных (монтажных) пен, жестких пенополиуретанов.

В настоящее время на российском рынке экструдированного пенополистирола по разным оценкам насчитывается около 40 производителей. В [таблице 7.6](#) представлены основные предприятия по производству экструдированного пенополистирола (ABARUS Market Research, 2010).

Как правило, в России большая часть эластичного пенополиуретана используется в мебельной промышленности, некоторое количество расходуется в автомобиле- и авиастроении. Для производства теплоизоляции используется жесткий пенополиуретан, что составляет около 30% выпуска пенополиуретана. Из них лишь 40% поступает непосредственно на производство пенополиуретановых теплоизоляционных плит.

Выпуск теплоизоляции ППУ, как плит и сегментов, так и напыления производится следующими предприятиями: Рoshальской индустриальной фирмой "Аметист" (Московская область), "Блокформом" (г. Владимир), "Интреформом-СПб", ОАО "Ижевский Завод Пластмасс",

ФКП "Пермский Пороховой Завод", "Химэкс-Пласт" (Саратовская область) и многими другими производителями.

Данные об объемах производства вспененных материалов и использовании ГФУ (или доли вспененных материалов, произведенных с использованием ГФУ) можно получить от компаний производителей. Российская статистика учитывает производство пенополистирола и пенополиуретана в целом (без детализации по видам), поэтому данные региональной статистики не могут быть использованы для оценки выбросов.

Таблица 7.6

ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

Название предприятия	Торговая марка	Год регистрации	Регион	Мощности, тыс. куб. м
"Пеноплэкс": ООО "ПО Пеноплэкс Северо-Запад"	Пеноплэкс	2001	г. Кириши (Ленинградская обл.)	1750 600
ООО "ПО Пеноплэкс Пермь"	Пеноплэкс	2004	г. Пермь	500
ООО "ПО Пеноплэкс Новосибирск"	Пеноплэкс	2006	г. Новосибирск	350
ООО "ПО Пеноплэкс Юг"	Пеноплэкс	2007	г. Таганрог	300
ТехноНИКОЛЬ: ООО "Завод Техноплекс"	Техноплекс	2006	г. Рязань	820 250
Филиал "Завод Техноплекс"	Техноплекс	2006	г. Учалы	270
Филиал "Завод Техноплекс"	Техноплекс	2009	г. Юрга	100
Филиал "Завод Техноплекс"	Техноплекс	2008	г. Минводы	100
Филиал "Завод Техноплекс"	Техноплекс	2008	г. Новоульяновск	100
ООО "Завод Пенополистирольных плит" (Dow Chemical)	Styrofoam	2002	п. Крюково (Московская обл.)	250
ООО "Урса-Серпухов"	URSA XPS	2008	г. Серпухов (Московская обл.)	240
ООО "Промхимпласт"	Примаплекс	1996	г. Костерево (Владимирская обл.)	200

Экстрол: ООО "Завод Экструзионных материалов Экстрол"	Экстрол	2005	г. Ревда (Свердловская обл.)	300 230
ООО "Завод Строительных материалов Экстрол"	Экстрол	2007	г. Новосибирск	70
ООО "Теплекс"	Теплекс	2005	г. Нижний Новгород	180
ОАО "Химический Завод им. Карпова"	Тимплекс	-	г. Менделеевск (Татарстан)	110
ООО "Химзавод ЭПП"	Экстрапен	2003	г. Реж (Свердловская обл.)	100

Если отсутствуют данные о доле вспененных материалов, произведенных с использованием ГФУ, можно принять эту долю равной 20% для экструдированного пенополистирола и 10% для жесткого пенополиуретана. Содержание ГФУ-134а по весу в жестком пенополиуретане составляет 3%, в экструдированном пенополистироле - 6,5% (Российская, 2006 -...).

Стандартная плотность экструдированного пенополистирола составляет 40 кг/м³ (ABARUS Market Research, 2010).

Данные об историческом потреблении необходимы для построения адекватной картины развития банков вспенивателей. Если исторические данные об объемах продаж в регионе не доступны, можно воспользоваться методами интерполяции или замещения (см. том 1) для оценки этих данных и построения банков ГФУ в регионе. Однако это не относится к ПОП, которые теряют свой вспениватель в течение первого года. Для ПОП все выбросы происходят в процессе производства, за исключением подсектора однокомпонентных (монтажных) пен, о чем речь шла выше.

Данные о межрегиональной торговле, экспорте и импорте ПЗП

Составители кадастра в регионах должны вычесть объемы вывезенных из региона ПЗП из своих расчетов годовых банков и потерь в конце срока службы, поскольку выбросы в период использования будут происходить в другом регионе или стране. Данные о межрегиональной торговле и экспорте ПЗП можно узнать у крупных производителей или воспользоваться услугами специалистов по маркетинговым исследованиям.

Аналогично, составители кадастра в регионах должны включить объемы ввезенных в регион ПЗП в расчеты банков и потерь в конце срока службы. Выбросы от ввозимых продукции должны быть учтены в общей оценке ежегодных выбросов от накопленного банка ГФУ в пенах.

7.4.2.4 Полнота

По крайней мере, шестнадцать потенциальных субприложений и пять потенциальных химических веществ, применяемых в качестве вспенивателей (HFC-134a, HFC-152a, HFC-245fa, HFC-365mfc и HFC-227ea), было выявлено в секторе пен. Для обеспечения полноты составители кадастра должны определить, применяются ли ГФУ-вспениватели в каждом из субприложений в

их регионе.

7.4.2.5 Оценка неопределенностей

Данные о текущих продажах показывают, что мировые оценки имеют точность 10%, а национальная информация об использовании ГФУ в пенах может иметь неопределенность более 50%. Следует отметить, что расчет общих выбросов за год лишь частично зависит от точности оценки потребления новых пен в этом году. Остальная часть выбросов происходит от вспенивателей из банков установленных пен и пен, выведенных из эксплуатации в этом году. Оценка этих вкладов будет фундаментально зависеть от точности исторических данных о потреблении.

Коэффициенты выбросов повышают неопределенность, особенно если применяются только коэффициенты выбросов по умолчанию. Поскольку списание во многих случаях служит пусковым механизмом для огромного количества выбросов, то допущения, связанные с дальнейшей судьбой продукта после списания, вносят самую большую неопределенность. Поэтому очень важно, чтобы составители кадастра сохраняли записи своих оценок ГФУ-содержащей продукции и по возможности разрабатывали механизм мониторинга фактического вывода из эксплуатации.

7.5 КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА И ОХЛАЖДЕНИЕ

7.5.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения

Системы кондиционирования воздуха и охлаждения (КВО) можно подразделить на шесть категорий или субприложений (Межправительственная, 2006):

- бытовое охлаждение;
- коммерческое охлаждение, включая различные типы оборудования, от торговых автоматов до централизованных систем охлаждения в супермаркетах;
- промышленные процессы, включая чиллеры, холодные хранилища и промышленные охладители, применяемые в пищевой, нефтехимической и других отраслях;
- охлаждение на транспортных средствах, включая оборудование и системы, применяемые в рефрижераторных грузовых машинах, контейнерах, судах-рефрижераторах и вагонах-рефрижераторах;
- стационарное кондиционирование, включая системы воздух-воздух, тепловые насосы и чиллеры для зданий и жилых домов;
- мобильные системы кондиционирования, используемые в автомобилях, кабинах тракторов, автобусах и поездах <32>.

<32> Субприложение систем мобильного кондиционирования воздуха, вероятно, представляет самую большую часть выбросов ГФУ в рамках приложения КВО во многих странах. См. [раздел 7.5.2.4](#) (Применение методов уровня 2) - пример мобильного кондиционирования воздуха (МКВ) в качестве примера расчета таких выбросов. Очевидно, что для получения приблизительной цифры этих выбросов необходима лишь ограниченная информация, и процесс

сводится к простому умножению среднего коэффициента выбросов на количество машин с ГФУ-кондиционированием и, возможно, добавлению выбросов, относящихся к содержанию, заряду и списанию контейнера.

Во всех этих субприложениях ГФУ активно вытесняют ХФУ и ГХФУ. Например, в развитых и некоторых развивающихся странах ГФУ-134а уже заменил ХФУ-12 в домашних холодильниках, чиллерах высокого давления и автомобильных кондиционерах, а смеси ГФУ, такие как R-407C (ГФУ-32/ГФУ-125/ГФУ-134а) и R-410A (ГФУ-32/ГФУ-125), заменяют ГХФУ-22 главным образом в стационарных системах кондиционирования воздуха. ГФУ-смеси R-404A (ГФУ-125/ГФУ-143а/ГФУ-134а) и R-507A (ГФУ-125/ГФУ-143а) заменили R-502 (ХФУ-22/ХФУ-115) и ГХФУ-22 в коммерческих и промышленных холодильных установках. Для замены ХФУ и ГХФУ используются не только ГФУ, но также изобутан (УВ-600а) в домашнем охлаждении и аммиак в промышленном охлаждении.

Большое количество смесей, содержащих ГФУ и/или ПФУ, используется для КВО. В таблице 7.7. показаны наиболее распространенные смеси.

Таблица 7.7

СМЕСИ (МНОГИЕ ИЗ КОТОРЫХ СОДЕРЖАТ ГФУ И/ИЛИ ПФУ)

Смесь	Компоненты	Состав (%)
R-400	ХФУ-12/ХФУ-114	Подлежит уточнению <1>
R-401A	ГХФУ-22/ГФУ-152а/ГХФУ-124	(53,0/13,0/34,0)
R-401B	ГХФУ-22/ГФУ-152а/ГХФУ-124	(61,0/11,0/28,0)
R-401C	ГХФУ-22/ГФУ-152а/ГХФУ-124	(33,0/15,0/52,0)
R-402A	ГФУ-125/УВ-290/ГХФУ-22	(60,0/2,0/38,0)
R-402B	ГФУ-125/УВ-290/ГХФУ-22	(38,0/2,0/60,0)
R-403A	УВ-290/ГХФУ-22/ПФУ-218	(5,0/75,0/20,0)
R-403B	УВ-290/ГХФУ-22/ПФУ-218	(5,0/56,0/39,0)
R-404A <*>	ГФУ-125/ГФУ-143а/ГФУ-134а <*>	(44,0/52,0/4,0) <*>
R-405A	ГХФУ-22/ГФУ-152а/ГХФУ-142Ь/ПФУ-318	(45,0/7,0/5,5/42,5)
R-406A	ГХФУ-22/УВ-600а/ГХФУ-142b	(55,0/14,0/41,0)
R-407A	ГФУ-32/ГФУ-125/ГФУ-134а	(20,0/40,0/40,0)
R-407B	ГФУ-32/ГФУ-125/ГФУ-134а	(10,0/70,0/20,0)
R-407C <*>	ГФУ-32/ГФУ-125/ГФУ-134а <*>	(23,0/25,0/52,0) <*>
R-407D	ГФУ-32/ГФУ-125/ГФУ-134а	(15,0/15,0/70,0)

R-407E	ΓΦΥ-32/ΓΦΥ-125/ΓΦΥ-134a	(25,0/15,0/60,0)
R-408A	ΓΦΥ-125/ΓΦΥ-143a/ΓΧΦΥ-22	(7,0/46,0/47,0)
R-409A	ΓΧΦΥ-22/ΓΧΦΥ-124/ΓΧΦΥ-142b	(60,0/25,0/15,0)
R-409B	ΓΧΦΥ-22/ΓΧΦΥ-124/ΓΧΦΥ-142b	(65,0/25,0/10,0)
R-410A <*>	ΓΦΥ-32/ΓΦΥ-125 <*>	(50,0/50,0) <*>
R-410B	ΓΦΥ-32/ΓΦΥ-125	(45,0/55,0)
R-411A	ΥΒ-1270/ΓΧΦΥ-22/ΓΦΥ-152a	(1,5/87,5/11,0)
R-411B	ΥΒ-1270/ΓΧΦΥ-22/ΓΦΥ-152a	(3,0/94,0/3,0)
R-411C	ΥΒ-1270/ΓΧΦΥ-22/ΓΦΥ-152a	(3,0/95,5/1,5)
R-412A	ΓΧΦΥ-22/ΠΦΥ-218/ΓΧΦΥ-142b	(70,0/5,0/25,0)
R-413A	ΠΦΥ-218/ΓΦΥ-134a/ΥΒ-600a	(9,0/88,0/3,0)
R-414A	ΓΧΦΥ-22/ΓΧΦΥ-124/ΥΒ-600a/ΓΧΦΥ-142b	(51,0/28,5/4,0/16,5)
R-414B	ΓΧΦΥ-22/ΓΧΦΥ-124/ΥΒ-600a/ΓΧΦΥ-142b	(50,0/39,0/1,5/9,5)
R-415A	ΓΧΦΥ-22/ΓΦΥ-152a	(82,0/18,0)
R-415B	ΓΧΦΥ-22/ΓΦΥ-152a	(25,0/75,0)
R-416A	ΓΦΥ-134a/ΓΧΦΥ-124/ΥΒ-600	(59,0/39,5/1,5)
R-417A	ΓΦΥ-125/ΓΦΥ-134a/ΥΒ-600	(46,6/50,0/3,4)
R-418A	ΥΒ-290/ΓΧΦΥ-22/ΓΦΥ-152a	(1,5/96,0/2,5)
R-419A	ΓΦΥ-125/ΓΦΥ-134a/HE-E170	(77,0/19,0/4,0)
R-420A	ΓΦΥ-134a/ΓΧΦΥ-142b	(88,0/12,0)
R-421A	ΓΦΥ-125/ΓΦΥ-134a	(58,0/42,0)
R-421B	ΓΦΥ-125/ΓΦΥ-134a	(85,0/15,0)
R-422A	ΓΦΥ-125/ΓΦΥ-134a/ΥΒ-600a	(85,1/11,5/3,4)
R-422B	ΓΦΥ-125/ΓΦΥ-134a/ΥΒ-600a	(55,0/42,0/3,0)
R-422C	ΓΦΥ-125/ΓΦΥ-134a/ΥΒ-600a	(82,0/15,0/3,0)
R-500	ΧΦΥ-12/ΓΦΥ-152a	(73,8/26,2)
R-501	ΓΧΦΥ-22/ΧΦΥ-12	(75,0/25,0)

R-502	ГХФУ-22/ХФУ-115	(48,8/51,2)
R-503	ГФУ-23/ХФУ-13	(40,1/59,9)
R-504	ГФУ-32/ХФУ-115	(48,2/51,8)
R-505	ХФУ-12/ГХФУ-31	(78,0/22,0)
R-506	ХФУ-31/ХФУ-114	(55,1/44,9)
R-507A <*>	ГФУ-125/ГФУ-143a <*>	(50,0/50,0) <*>
R-508A	ГФУ-23/ПФУ-116	(39,0/61,0)
R-508B	ГФУ-23/ПФУ-116	(46,0/54,0)
R-509A	ГХФУ-22/ПФУ-218	(44,0/56,0)
<p>Источник: Межправительственная, 2006.</p> <p><*> Основные хладоновые смеси, которые широко используются в Российской Федерации. Использование других смесей носит ограниченный характер и может не учитываться в региональном кадастре.</p> <p>Не все компоненты смесей следует учитывать в кадастрах парниковых газов. Перечень учитываемых газов - см. в общей части Методических рекомендаций.</p>		

7.5.2 Вопросы методологии

7.5.2.1 Выбор метода

Доля выбросов от этого приложения в настоящее время составляет более 80% от суммарного выброса ГФУ и ПФУ от использования заменителей ОРВ. Использование ГФУ в этом приложении в России в настоящее время растет, что связано с постепенным отказом от использования ГХФУ. В случае нехватки ресурсов или времени для выполнения оценок выбросов по методике уровня 2 для всей категории источников, оптимальным выбором будет выполнение оценок по методике уровня 2 для приложения КВО.

Фактические оценки, которые учитывают задержку во времени между потреблением и выбросами, имеют особое значение для субприложений КВО из-за потенциально долгого сохранения хладагентов в продуктах и оборудовании, которые применяются в этих субприложениях.

Метод уровня 1

Если получение данных для оценок выбросов от этого приложения будет связано с большими трудностями, составители регионального кадастра выбросов парниковых газов могут воспользоваться методом уровня 1, описанным в [разделе 7.1.2.2](#) настоящей главы.

Метод уровня 2 обзор

- Методология уровня 2:

- учитывает постепенное сокращение использования ХФУ и ГХФУ в зависимости от графика

Монреальского протокола и возможных национальных или региональных законов, в результате чего будут установлены хладагенты для всех приложений;

- определяет типичный заряд хладагента и срок службы оборудования для отдельных субприложений;

- определяет коэффициенты выбросов для заряда хладагента в течение срока службы, при сервисном обслуживании (пополнении заряда) и в конце срока службы.

Для расчета выбросов для всего срока службы оборудования необходимо определить общий запас оборудования независимо от даты выпуска оборудования. При выполнении такого определения устанавливают банк хладагентов для каждого субприложения.

Чтобы добиться согласованности, предлагается выводить годовой объем продаж хладагентов исходя из заряда хладагента, заправляемого в новое оборудование, и из количества хладагента, используемого для обслуживания всего запаса оборудования.

Уровень 2 (подход, основанный на коэффициентах выбросов)

При расчетах уровня 2 выбросы хладагентов в году t от шести субприложений КВО рассчитывают по отдельности. Эти выбросы зависят от следующих параметров:

- $E_{\text{контейнеры},t}$ = выбросы от обращения с контейнерами хладагента;
- $E_{\text{заряд},t}$ = выбросы, связанные с заправкой нового оборудования хладагентом: подсоединение/отсоединение контейнера с хладагентом и заполнение нового оборудования;
- $E_{\text{срок службы},t}$ = годовые выбросы от банков хладагентов, связанных с шестью субприложениями, в процессе эксплуатации (утечки и поломка оборудования) и обслуживания;
- $E_{\text{конец срока службы},t}$ = выбросы от удаления в отходы (при списании).

Все эти количества, выраженные в килограммах, должны быть рассчитаны для каждого типа ГФУ, используемого в шести субприложениях.

Уравнение 7.7

Сумма выбросов от всех источников

$$E_{\text{всего},t} = E_{\text{контейнеры},t} + E_{\text{заряд},t} + E_{\text{срок службы},t} + E_{\text{конец срока службы},t}$$

Далее будут рассмотрены методы оценки средних интенсивностей выбросов для вышеупомянутых этапов эксплуатации оборудования; расчет следует повторить для каждого хладагента для всего оборудования независимо от года выпуска оборудования. Если информация о выбросах, связанных с контейнерами и зарядкой оборудования в процессе производства или при установке, или при обслуживании существующего банка оборудования, не известна, то для расчета выбросов составители кадастра могут оценить эти потери в виде процента от количества ГФУ, необходимого для заполнения нового оборудования и обслуживания старого.

Обращение с хладагентами в контейнерах

Выбросы, связанные с обращением с хладагентом в контейнерах, включают все выбросы, связанные с переносом хладагента из крупного контейнера (обычно 40 тонн) в малые емкости, масса которых варьируется от 0,5 кг (невозвратные банки) до 1 тонны, а также выбросы от остатков после использования контейнера, которые остаются в контейнерах после использования; эти остатки либо улетают в атмосферу, либо их извлекают.

Выбросы, связанные с обращением с контейнерами с хладагентами, оцениваются в 2 - 10% от рынка хладагентов (Межправительственная, 2006). В российском кадастре выбросов используется среднее значение - 6% (Российская, 2006 -...).

Уравнение 7.8

Выбросы от обращения контейнеров

$$E_{\text{контейнеры},t} = RM_t \cdot c/100,$$

где:

$E_{\text{контейнеры},t}$ = выбросы от обращения с контейнерами ГФУ в году t , кг;

RM_t = рынок ГФУ, предназначенного для нового оборудования и обслуживания всех приложений, связанных с охлаждением, в году t , кг;

c = коэффициент выбросов для обращения с контейнерами с ГФУ, %.

Выбросы от процесса заполнения хладагентами нового оборудования

Выбросы хладагента в процессе заполнения нового оборудования связаны с процессом присоединения контейнера с хладагентом к оборудованию и отсоединения от оборудования при первоначальном заполнении оборудования.

Уравнение 7.9

Выбросы от заполнения оборудования

$$E_{\text{заряд},t} = M_t \cdot k/100,$$

где:

$E_{\text{заряд},t}$ = выбросы от производства/сборки системы в году t , кг;

M_t = количество ГФУ, заряженного в новое оборудование в году t (для каждого субприложения), кг;

k = коэффициент выбросов для потерь при сборке для ГФУ, заряженного в новое оборудование (для каждого субприложения), %.

Примечание: выбросы, связанные с потерями ГФУ в процессе обслуживания, включены в [уравнение 7.10](#).

Количество заряда (M_t) должно включать все системы в регионе, которые заполнены

хладагентом на территории региона, включая те, которые были проданы и вывезены за пределы региона. Системы, которые ввезены в регион уже заправленные хладагентом, не учитываются.

Типичный диапазон коэффициента выбросов k варьируется от 0,1 до 3%. Выбросы в процессе заполнения очень разные - при заполнении на заводе выбросы ниже (см. таблицу 7.9), чем при заполнении на месте эксплуатации, где они могут достигать 2% (Межправительственная, 2006).

Выбросы в течение срока службы (эксплуатация и обслуживание)

Ежегодные утечки от банков хладагентов относятся к летучим выбросам, т.е. утечкам через арматуру, соединения, уплотнения вала и т.д., а также через разрывы или теплообменники, которые приводят к частичному или полному испарению хладагента в атмосферу. Помимо неисправностей компонентов, таких как сгорание компрессора, оборудование обслуживают в основном тогда, когда охлаждающая способность снижается из-за потери хладагента через летучие выбросы. В зависимости от приложения обслуживание могут проводить ежегодно, через три года и т.д., или совсем не проводить в течение всего срока службы, например, для домашних холодильников. Кроме того, знание ежегодных потребностей в хладагенте для пополнения оборудования каждого субприложения позволяет определить региональный рынок хладагентов путем добавления количества хладагента, залитого в новое оборудование (к ежегодным потребностям для пополнения оборудования). Для расчета выбросов используют следующую формулу:

Уравнение 7.10

Выбросы в течение срока службы

$$E_{\text{срок службы},t} = V_t \cdot x/100,$$

где:

$E_{\text{срок службы},t}$ = количество ГФУ, улетевшего в процессе эксплуатации системы в год t , кг;

V_t = количество ГФУ в банке существующих систем в год t (для каждого субприложения), кг;

x = годовая интенсивность выбросов (т.е. коэффициент выбросов) ГФУ для каждого банка субприложения в процессе эксплуатации, с учетом среднегодовой утечки и среднегодовых выбросов в процессе обслуживания, %.

При расчете банка хладагента (V_t) все системы, работающие в регионе (отечественного производства или импортные), должны быть рассмотрены для каждого субприложения.

Выбросы в конце срока службы

Количество хладагента, выделившегося в атмосферу от списанных систем, зависит от количества хладагента, оставшегося в оборудовании на момент списания и от доли извлеченного хладагента. С технической точки зрения основную часть оставшейся жидкости можно извлечь, однако извлечение в конце срока службы зависит от нормативов, финансовых стимулов и экологического сознания.

Следующее уравнение 7.11 предназначено для оценки выбросов при утилизации систем:

Уравнение 7.11

Выбросы в конце срока службы систем

$$E_{\text{конец срока службы, } t} = M_{t-d} \cdot \frac{P}{100} \cdot \left(1 - \frac{\gamma_{\text{ИЗВ}}}{100}\right),$$

где:

$E_{\text{конец срока службы, } t}$ = количество ГФУ, выделившегося в атмосферу при утилизации системы в году t , кг;

M_{t-d} = количество ГФУ, первоначально залитое в новые системы, установленные в году $(t-d)$, кг;

p = остаток заряда ГФУ в оборудовании, которое выводят из эксплуатации, выраженный в процентах от полного заряда, %;

$\gamma_{\text{ИЗВ}}$ = эффективность извлечения при утилизации, которая равна отношению извлеченного ГФУ к ГФУ, содержащегося в системе, %.

При оценке количества хладагента, первоначально залитого в системы (M_{t-d}), следует учитывать все системы, заправленные в регионе, и системы, которые были ввезены в регион уже заряженными.

7.5.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Метод уровня 2

При выборе коэффициента выбросов эффективная практика заключается в использовании национальных данных, которые основаны на сведениях от производителей оборудования, поставщиков услуг, компаний по утилизации и на независимых исследованиях. Если национальные данные не доступны, то составители кадастра должны использовать коэффициенты выбросов и значения других параметров расчета по умолчанию из [таблицы 7.7](#) (Оценки заряда, срока службы и коэффициентов выбросов для систем охлаждения и кондиционирования воздуха). Эти значения по умолчанию отражают текущие знания в этой отрасли промышленности и представлены в виде диапазонов, а не точечных оценок. Нижняя граница диапазонов срока службы и коэффициентов выбросов отражает ситуацию в развитых странах, а верхняя граница указывает на ситуацию в развивающихся странах. В таблице приводятся значения коэффициентов выбросов и других параметров расчета, которые используются в российском кадастре (Российская, 2006 -...).

7.5.2.3 Выбор данных о деятельности

Методы уровня 2

Для метода уровня 2 необходимо разработать матрицы для каждого субприложения, основанные на типе оборудования с одной стороны и типе хладагента - с другой. Для того чтобы

оценить число единиц оборудования для всех поколений, необходимы также исторические данные о нетто-потреблении. Ежегодное обновление матриц позволяет пересчитывать все типы выбросов по [уравнениям 7.9 - 7.11](#) каждый год. Если исторические данные о продажах оборудования в регионе отсутствуют, их можно оценить, предположив, что доля региона в российских продажах этого оборудования постоянна. Затем оценить эту долю, зная продажи этого оборудования в регионе в год проведения инвентаризации.

Таблица 7.8

**ОЦЕНКИ ЗАРЯДА, СРОКА СЛУЖБЫ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ
ДЛЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА И ОХЛАЖДЕНИЯ**

Субприложение	Заряд (кг)	Срок службы (годы) <2>	Коэффициенты выбросов (% от первонач. заряда/год) <3>		Выбросы в конце срока службы (%)	
			(k)	(x)	($\gamma_{\text{изв}}$)	(P)
Коэффициент уравнения	(M)	(d)	Первоначальные выбросы	Эксплуатационные выбросы	Эффективность извлечения <4>	Остаток от первоначального заряда
Бытовое охлаждение	$0,05 < M < 0,5$ 0,1 <1>	$12 < d < 20$ 15 <1>	$0,2 < k < 1$ 0,6 <1>	$0,1 < x < 0,5$ 0,3 <1>	$0 < \gamma_{\text{изв}} < 70$ 0 <1>	$0 < p < 80$ 80 <1>
Автономные коммерческие приложения	$0,2 < M < 6$ 0,28 <1>	$10 < d < 15$ 13 <1>	$0,5 < k < 3$ 1,7 <1>	$1 < x < 15$ 1,5 <1>	$0 < \gamma_{\text{изв}} < 70$ 0 <1>	$0 < p < 80$
Коммерческое охлаждение, среднее и крупное	$50 < M < 2000$	$7 < d < 15$	$0,5 < k < 3$	$10 < x < 35$	$0 < \gamma_{\text{изв}} < 70$ 0 <1>	$50 < p < 100$
Транспортное охлаждение	$3 < M < 8$	$6 < d < 9$	$0,2 < k < 1$	$15 < x < 50$	$0 < \gamma_{\text{изв}} < 70$	$0 < p < 50$
Промышленное охлаждение, включая пищевую промышленность и коммерческое с выносным холодом	$10 < M < 10,000$	$15 < d < 30$ 23 <1>	$0,5 < k < 3$ 1,7 <1>	$7 < x < 25$ 7 <1>	$0 < \gamma_{\text{изв}} < 90$ 0 <1>	$50 < p < 100$
Чиллеры	$10 < M <$	$15 < d <$	$0,2 < k < 1$	$2 < x < 15$	$0 < \gamma_{\text{изв}} < 95$	$80 < p <$

	2000	30 23 <1>	0,6 <1>	9 <1> ГФУ-407с - 15 <1>	0 <1>	100
Кондиционирование воздуха в жилых и коммерческих помещениях, включая тепловые насосы	$0,5 < M < 100$	$10 < d < 20$ 15 <1>	$0,2 < k < 1$ 0,6 <1>	$1 < x < 10$ 6 <1> ГФУ-407с - 9 <1>	$0 < \gamma_{\text{изв}} < 80$ 0 <1>	$0 < p < 80$
Мобильные кондиционеры воздуха	$0,5 < M < 1,5$ 0,9 <1>	$9 < d < 16$ 12 <1>	$0,2 < k < 0,5$ 0,35 <1>	$10 < x < 20$ 15 <1>	$0 < \gamma_{\text{изв}} < 50$ 0 <1>	$0 < p < 50$ 50 <1>
<p><1> Используется в российском национальном кадастре выбросов парниковых газов. <2>, <3> Нижнее значение - для развитых стран и верхнее значение - для развивающихся стран. <4> Нижняя граница (0%) означает, что в некоторых странах не практикуют извлечение. Источник: Межправительственная, 2006</p>						

Кроме того, доли хладагентов в субприложении следует проверять каждый год, т.к. их соотношение в новом оборудовании может сильно меняться по причине поэтапного изъятия из обращения ХФУ и ГХФУ и изменения технологических предпочтений. Во многих странах, например, производство бытовых холодильников переводится на углеводородный хладагент R600.

Если национальные данные невозможно проанализировать на уровне страны, то чтобы выполнить оценку по методу уровня 2, можно взять проверенные мировые или региональные данные о зарядах хладагентов и сроках службы, которые представлены в [таблице 7.8](#) для всех субприложений. Как правило, приходится вносить некоторые уточнения в зависимости от условий конкретного региона. Специалисты в соответствующих областях применения хладагентов могут помочь в этом вопросе.

Другие общие вопросы

При сборе национальных данных о деятельности для метода уровня 2 составители кадастра должны особенно внимательно проводить учет смесей хладагентов. [Таблица 7.6](#) иллюстрирует смеси, которые уже применяются, и смеси, которые по прогнозам будут использоваться в будущем, поскольку производители ищут пути дальнейшего улучшения рабочих характеристик, особенно в плане сбережения энергии. Если смеси содержат ГФУ и другие компоненты, то следует рассматривать только те компоненты, которые должны быть отражены в кадастре.

Составители кадастра также должны решить, каким образом отслеживать движение рынка оборудования и продукции, содержащих ГФУ и/или ПФУ. В блоке 7.1 описаны некоторые критерии, необходимые для правильной оценки суммарного заряда нового оборудования.

Блок 7.1

Расчет суммарного заряда хладагентов в новом оборудовании

Все количества должны соответствовать тому году, для которого делают оценку выбросов. Суммарный заряд нового оборудования оценивают по следующей формуле:

Суммарный заряд нового оборудования = химические вещества для заправки или дозаправки нового оборудования, которое заправляется или дозаправляют в регионе при установке + химические вещества для заправки оборудования, производимого в регионе, которое заправляют на заводе-изготовителе + химические вещества, содержащиеся во ввезенном в регион оборудовании, которое было заправлено на заводе-изготовителе в другом регионе или стране - химические вещества, содержащиеся в вывезенном из региона оборудовании, которое было заправлено на заводе-изготовителе в регионе.

Первоначальный суммарный заряд списываемого оборудования оценивают также как суммарный заряд нового оборудования, за исключением того, что все количества должны соответствовать году установки списываемого оборудования.

7.5.2.4 Применение методов уровня 2 - пример

Мобильного кондиционирования воздуха (МКВ)

В блоке 7.2 далее описан пошаговый процесс оценки выбросов от субприложения "мобильные кондиционеры воздуха" для кадастра гипотетического региона. Принято использовать

метод уровня 2. Один раз сделанный расчет уровня 2 облегчает дальнейшее использование этого подхода в последующие годы. Следует подчеркнуть, предположения были сделаны только для примера; составители кадастра должны собрать собственную информацию для страны, но не использовать этот пример в неизменном виде (Межправительственная, 2006). В качестве комментария к этому примеру представлены подходы, которые использовались при разработке российского национального кадастра (Российская, 2006 -...).

Блок 7.2

Пример расчета уровня 2 для мобильного кондиционирования воздуха

Введение

Национальные кадастры и другие исследования, известные в настоящее время, показывают, что выбросы ГФУ-134а от мобильных кондиционеров воздуха (МКВ) вносят большой вклад в выбросы от кондиционирования воздуха и охлаждения (КВО) и от заменителей ОРВ. Для многих стран/регионов выбросы МКВ составляют 50% и более от выбросов КВО. Это объясняется многими факторами, в том числе:

Замена ОРВ на ГФУ в МКВ началась раньше и закончилась быстрее, чем в других субприложениях, таких как комнатные (стационарные) кондиционеры или коммерческие холодильники (в супермаркетах), которые до сих пор используют ОРВ.

МКВ работают в экстремальных условиях, испытывая удары и вибрацию, поэтому они дают высокие выбросы.

Срок службы МКВ короче, чем у многих других субприложений КВО, поэтому выбросы в конце срока службы происходят раньше и запас оборудования, где используются ОРВ, заменяется быстрее на оборудование с ГФУ.

Поскольку в МКВ используется небольшое количество хладагента, то извлечение из них часто считается нецелесообразным и поэтому редко практикуется в ходе обслуживания и утилизации.

Кроме того, данные о продажах и регистрации автомобилей в стране/регионе, как правило, более точные и их легче получить. Поэтому в эффективной практике принято делать оценку выбросов от этого субприложения. Далее будет показано, как применять общее уравнение для КВО к субприложению МКВ.

Сбор данных и предположения

Точную оценку выбросов МКВ можно сделать, собрав некоторые данные на уровне субприложения и применив несколько базовых допущений с целью упрощения требований к данным и расчетам, а именно:

Тип хладагента. Необходимо подразделить все данные по типам хладагентов и рассчитывать выбросы от каждого хладагента отдельно. Для МКВ применение этого правила упрощается благодаря тому факту, что все МКВ, выпущенные начиная с середины - конца 1990 годов в качестве хладагента, используют ГФУ-134а.

Хладагент, продаваемый в контейнерах (RM_t). Для МКВ хладагент обычно приходит в трех типах контейнеров - крупнотоннажные контейнеры, которые получает автомобильная промышленность для заполнения новых МКВ, мелкие банки по 300 - 500 г хладагента, которые обычно используются автовладельцами для обслуживания собственными силами, и цилиндры по 10 - 15 кг хладагента, которыми пользуются мастерские по ремонту автомобилей. Если предположить, что от крупных контейнеров потерь нет (см. ниже), то для расчета $E_{\text{контейнеры}}$ потребуются знание общего количества хладагента, проданного в мелких банках ($RM_{\text{м.б.}}$) и в цилиндрах ($RM_{\text{цил.}}$). Также необходимо определить количество хладагента, проданного в другие субприложения

(например, ГФУ-134а применяется также в чиллерах и домашних холодильниках), чтобы в расчете использовать только то количество, которое было продано для МКВ. Эти данные можно получить от производителей/дистрибьюторов хладагентов и компаний по расфасовке мелких банок.

Остатки в контейнере (с). Для этого примера мы предположим, что остатки в контейнерах хладагента для обслуживания не извлекаются (например, цилиндры выбрасывают без повторного использования) и равны $s_{м.б.} = 20\%$ для мелких банок и $s_{цил} = 2\%$ для цилиндров. Поскольку крупнотоннажные контейнеры отправляются назад к производителю хладагента для повторного заполнения, то мы можем предположить, что остатки в контейнере не улетают в атмосферу, т.е. $s_{крупные контейнеры} = 0\%$.

Сбор данных от дистрибьюторов хладагентов может быть весьма затруднительным. В российском кадастре предполагается, что выбросы от обращения с контейнерами составляют 6% от количества ГФУ-134а, необходимого для заправки нового оборудования и обслуживания существующего парка оборудования.

Ежегодное производство МКВ (N). Если не известно количество МКВ, которое ежегодно вводится в эксплуатацию, то его можно рассчитать, умножив число автомобилей, вводимых в эксплуатацию ежегодно, на долю автомобилей, продаваемых с МКВ. Эти данные можно получить от производителей автомобилей, производителей/поставщиков МКВ или государственных учреждений, которые курируют безопасность перевозок, инфраструктуры и автодорог.

Доля новых импортных иномарок с МКВ в России постепенно выросла с 55% в 1993 г. до 95% в 2012. Доля новых иномарок российской сборки также увеличилась с 65% в 2000 г. до 85% в 2012.

Номинальный заряд каждого МКВ (m). Этот коэффициент, по-видимому, будет меняться в зависимости от типа автомобиля; например, у небольших пассажирских автомобилей заряд хладагента будет меньше, чем у автобусов или более крупных автомобилей, особенно у тех, где есть несколько испарителей. Точно так же номинальный заряд хладагента может меняться со временем, например, снижаться, поскольку производители выпускают все более компактные системы для тех же размеров автомобилей, или увеличиваться, поскольку на рынок поступает все больше крупных автомобилей и все больше систем с несколькими испарителями. Для этого примера мы предположим, что среднее значение $m = 0,7$ кг, типичное для пассажирских автомобилей небольшого и среднего размера, не меняется во времени.

В Российском кадастре используется значение $m = 0,9$ кг.

Количество хладагента, запрашиваемого в новое оборудование (M_t). Его легко рассчитать по формуле

$$M_t = N_t \cdot m_t = 0,7 \cdot N_t$$

Потери при сборке (k). Этот член используется при расчете выбросов от процесса заполнения хладагента, которые также называются выбросами от первого заполнения. Интенсивность потерь обычно низкая: k около 0,5% и меньше. Для простоты мы полагаем, что $k = 0$ в этом примере.

В Российском кадастре используется значение $k = 0,35$.

Срок службы (d). Предположительный срок службы МКВ. Эта переменная может быть основана на национальных данных и отличаться для разных типов МКВ (для пассажирских автомобилей, автобусов и т.д.) В этом примере мы полагаем, что срок службы всех МКВ составляет $d = 12$ лет.

Банк, содержащийся в существующем оборудовании (B_t). Этот банк равен количеству хладагента в МКВ, введенных в эксплуатацию, минус количество хладагента в списанных МКВ, плюс количество хладагента, использованного для обслуживания (пополнения заряда) МКВ, минус количество утечки. В действительности МКВ могут протекать много лет до факта обслуживания. Вместо попытки учесть это, в этом примере мы используем уравнение 7.10, которое предполагает, что все МКВ обслуживаются ежегодно, поэтому оценочный заряд каждого МКВ равен номинальному заряду. Годовую интенсивность выбросов следует усреднить в соответствии с этим предположением. Это даст совсем небольшие ошибки, если продажи МКВ не будут сильно меняться из года в год. Следовательно, банк в конкретном году равен сумме количеств хладагента, заправленного в новое оборудование за все годы, начиная отсчет с текущего года назад на период предполагаемого среднего срока службы оборудования. Т.е.:

$$B_t = \sum_{i=1}^d M_{t-i+1}$$

Например, если $d = 12$ лет, то банк в 2006 году будет $B_{2006} = M_{2006} + M_{2005} + M_{2004} + \dots + M_{1997} + M_{1996} + M_{1995}$.

Ежегодная интенсивность выбросов (X). Этот коэффициент учитывает утечки оборудования и все выбросы в процессе обслуживания. Оба эти вида выбросов могут различаться для различных типов МКВ, а также меняться в зависимости от возраста МКВ. Это количество может сильно меняться в зависимости от национальных условий и типа обслуживания. Например, мы полагаем, что 15% номинального заряда вытекает каждый год и в среднем 11% улетает в процессе обслуживания. Следовательно, $x = 26\%$.

В российском кадастре ежегодная интенсивность выбросов от банка ГФУ-134а в оборудовании для мобильного кондиционирования воздуха принимается равной 15%.

Остаточный заряд, сохранившийся в списанном оборудовании (p). Полагая, что МКВ получает обслуживание ежегодно вплоть до списания, и что годовая интенсивность выбросов известна, то остаточный заряд легко рассчитать, как $p = 1 - x$. В нашем примере $p = 1 - 26\% = 0,74$.

В российском кадастре $p = 50\%$.

Эффективность извлечения ($\gamma_{изв}$). Если существующее законодательство и стимулы не требуют извлечения хладагента из списанных МКВ, то можно ожидать, что остатки почти не извлекают. Поэтому для простоты мы полагаем, что $\gamma_{изв} = 0$ в этом примере.

Затем расчет выполняется с использованием уравнений 7.7 - 7.11.

Неизвестными остаются только:

$RM_{м.б.}$ - количество хладагента (в килограммах), проданного в мелких банках для обслуживания МКВ, которое можно узнать у компаний по расфасовке мелких банок;

$RM_{цил}$ - количество хладагента (в килограммах), проданного в цилиндрах для обслуживания МКВ, которое можно узнать у производителей/дистрибьюторов хладагента;

N_t - число МКВ, вводимых в эксплуатацию ежегодно; эти данные можно получить от поставщиков автомобилей или государственных учреждений, которые курируют безопасность перевозок, инфраструктуры и автодорог.

По методике, используемой в российском кадастре для расчета выбросов, для

расчета необходимы только данные о числе МКВ, которые вводятся в эксплуатацию ежегодно. Выбросы от обращения с контейнерами рассчитываются на основании оценок количества ГФУ-134а, необходимого для заправки нового оборудования и обслуживания текущего парка МКВ.

В региональном кадастре выбросы от заправки нового оборудования и от обращения с контейнерами с хладагентом, необходимым для заправки нового оборудования, должны учитываться только в регионах, где существует производство автомобилей. При этом расчеты должны производиться с учетом количества автомобилей, произведенных в регионе. В то время, как выбросы от существующего парка МКВ, от обслуживания этого парка и утилизации старых автомобилей должны рассчитываться на основе данных о количестве автомобилей, которые используются в регионе, независимо от того где они были произведены.

Этот расчет дает общие выбросы в килограммах хладагента. Получив общие выбросы для каждого типа хладагента и умножив каждый результат на ПГП соответствующего хладагента, получаем выбросы в килограммах. CO₂ эквивалента.

7.5.2.5 Данные, которые могут быть использованы при разработке регионального кадастра выбросов

В этом разделе приводятся данные, которые были получены в процессе разработки российского национального кадастра выбросов и могут помочь разработчикам региональных кадастров при отсутствии у них региональных данных о деятельности. Представленные ниже данные отражают российскую специфику использования хладагентов в различных субприложениях.

Бытовое охлаждение

Для производства бытовых холодильников и морозильников в России используются ГФУ-134а, углеводородный хладагент R600 и смеси на основе ГХФУ-22. В кадастре выбросов парниковых газов учитываются только выбросы от холодильников и морозильников на основе ГФУ-134а. Такие холодильники появляются в России в 1994 г. В настоящее время заводы по производству холодильников осуществляют переход на углеводородный хладагент R600. В таблице 7.9 представлены доли импортного и отечественного оборудования на ГФУ-134а в общем количестве соответственно импортного и отечественного оборудования. Представленные в таблице данные рассчитаны на основании информации, полученной от заводов-производителей, и в результате анализа национальных кадастров стран, экспортирующих бытовые холодильники в Россию.

Таблица 7.9

ОЦЕНКИ ДОЛИ НОВОГО БЫТОВОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ГФУ-134А

Годы	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Отечественное оборудование	0	0%	29%	54%	80%	70%	61%	65%	63%	59%
Импортное оборудование	8%	9%	43%	86%	82%	82%	89%	92%	89%	85%

Годы	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
R404a	19%	23%	26%	31%	38%	40%	42%	51%	-
ГФУ-134a	76%	74%	73%	68%	61%	58%	55%	45%	-
ГХФУ-22	5%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
R507	1%	1%	1%	1%	1%	2%	3%	4%	-

Промышленные и коммерческие системы с выносным холодом

Системы с выносным холодом используются на промышленных предприятиях, спортивных сооружениях, в крупных торговых организациях. Заправка системы хладагентом происходит во время установки, там, где она будет использоваться. Поэтому все выбросы, связанные с первоначальной заправкой оборудования и обращением с контейнерами, будут происходить в том регионе, где это оборудование предполагается использовать. Выбросы по месту производства отсутствуют.

В таблице 7.11 представлены данные по использованию хладагентов в системах с выносным холодом и среднее количество хладагента в системе.

Таблица 7.11

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХЛАДАГЕНТОВ В НОВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММЕРЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С ВЫНОСНЫМ ХОЛОДОМ

Доли оборудования на разных хладагентах										
Годы	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
R404a				0%	1%	2%	4%	7%	15%	24%
ГФУ-134a	2%	4%	6%	8%	10%	12%	16%	19%	24%	22%
R507										
ГХФУ-22 и др.	98%	96%	94%	92%	89%	86%	80%	74%	61%	54%
Годы	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
R404a	37%	48%	57%	60%	63%	66%	72%	81%	82%	-
ГФУ-134a	18%	14%	12%	10%	9%	6%	4%	3%	4%	-
R507	0%	1%	3%	6%	7%	9%	16%	16%	14%	-
ГХФУ-22 и др.	44%	37%	28%	24%	21%	19%	9%	0%	0%	-

Среднее количество хладагента в системе, кг										
Годы	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
R404a	29	29	29	29	32	32	33	33	34	35
ГФУ-134a	11	11	12	12	12	12	13	13	14	14
R507										
Годы	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
R404a	36	38	39	40	36	34	37	40	36	-
ГФУ-134a	15	15	15	16	14	13	13	13	13	-
R507	21	22	23	23	19	18	23	24	28	-

Стационарное кондиционирование воздуха

Климатическое оборудование в России практически не производится, и весь парк этого оборудования представляет собой технику, импортированную из других стран. Использование хладагентов в этом оборудовании представлено в таблице 7.12. Заправка оборудования может происходить как на предприятиях, так и при установке. Это зависит от типа оборудования.

Таблица 7.12

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХЛАДАГЕНТОВ В РАЗНЫХ ТИПАХ НОВОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Годы	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Мобильные моноблоки													
ГФУ-410a	-	-	-	-	-	-	2,0	6,0	21,2	45,3	58,0	62,9	76,0
ГФУ-407c	-	3,0	21,0	42,0	61,0	74,6	87,0	82,8	66,6	44,7	37,0	26,0	24,0
ГХФУ-22	100,0	97,0	79,0	58,0	39,0	25,4	11,0	11,2	12,2	10,0	5,0	11,1	0,0
Бытовые сплит-системы													
ГФУ-410a	5,8	10,2	8,0	7,9	11,0	11,6	10,5	8,4	6,5	5,9	7,0	87,3	97,0
ГФУ-407c	-	-	0,1	0,1	0,5	0,0	0,0	0,1	0,01	0,01	0,0	0,0	0,0
ГХФУ-22	94,2	89,8	92,0	92,0	88,5	88,4	89,5	91,5	93,5	94,1	93,0	12,7	3,0
Полупромышленные сплит-системы													

ГФУ-410а	-	-	0,6	2,0	5,6	7,5	7,6	7,9	21,7	26,2	13,3	71,2	93,0
ГФУ-407с	-	-	0,4	0,7	2,4	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ГХФУ-22	100,0	100,0	99,0	97,3	92,0	91,8	92,1	92,1	78,3	73,8	86,7	28,8	7,0
Мультисплит-системы													
ГФУ-410а	-	-	2,0	7,0	11,3	23,1	53,8	52,0	60,5	86,5	86,5	88,0	100,0
ГФУ-407с	-	-	-	-	2,4	-	-	-	-	-	-	-	0,0
ГХФУ-22	100,0	100,0	98,0	93,0	86,3	76,9	46,2	48,0	39,5	13,5	13,5	12,0	0,0
Мини-VRF													
ГФУ-410а	-	-	-	-	55,0	84,2	91,4	88,6	85,7	84,0	84,0	88,0	96,0
ГФУ-407с	-	-	-	-	37,5	4,8	0,4	-	-	-	-	-	-
ГХФУ-22	-	-	-	-	7,5	11,0	8,2	11,4	14,3	16,0	16,0	12,0	4,0
Компрессорно-конденсаторные агрегаты													
ГФУ-410а	-	-	-	-	-	-	2,0	11,0	3,0	12,0	27,0	39,0	45,0
ГФУ-407с	10,0	35,0	60,0	75,0	83,0	86,0	87,0	82,0	91,0	82,0	71,0	58,0	55,0
ГХФУ-22	90,0	65,0	40,0	25,0	17,0	14,0	11,0	7,0	6,0	6,0	2,0	3,0	0,0
Чиллеры													
ГФУ-410а	-	-	-	0,1	0,5	0,4	2,3	6,9	7,5	10,0	25,9	25,9	24,4
ГФУ-407с	10,0	21,0	35,0	52,0	66,7	59,6	57,3	38,1	27,2	25,5	21,7	18,9	25,2
ГФУ-134а	25,0	22,0	20,0	19,0	22,7	30,8	31,7	47,5	63,2	61,6	51,1	54,7	50,4
ГХФУ-22	65,0	57,0	45,0	28,9	10,1	9,1	8,7	7,5	2,2	2,9	1,3	0,5	0,0

7.5.2.6 Полнота

Полнота для метода уровня 2 зависит от тщательного учета существующих банков оборудования, что может означать необходимость отслеживания большого количества данных.

7.5.2.7 Оценка неопределенностей

Таблица 7.8 (Оценки заряда, срока службы и коэффициентов выбросов для систем охлаждения и кондиционирования воздуха) представляет диапазоны коэффициентов выбросов, которые отражают неопределенности этого сектора. В целом разгруппированные методы (уровень 2) характеризуются меньшей неопределенностью, чем методы уровня 1, вследствие неоднородности субприложений.

7.6 ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА (ППЗ)

7.6.1 Химические вещества, относящиеся к этой области применения

Имеется два основных типа оборудования для противопожарной защиты (тушения пожара), в которых используются ГФУ и/или ПФУ в качестве частичной замены галонов: переносное (струйное) оборудование и стационарное (затопляющее) оборудование. ГФУ, ПФУ и, в последнее время, фторкетон используются главным образом в качестве заменителей галонов (обычно галона 1301) в затопляющем оборудовании. ПФУ применяли на раннем этапе замены галона 1301, но теперь его использование ограничено пополнением заряда ранее установленного оборудования. ГФУ в переносном (струйном) оборудовании (обычно в качестве замены для галона 121) встречаются, но не получили широкого распространения на рынке, в первую очередь из-за высокой цены. Применение ПФУ в новых переносных огнетушителях в настоящее время ограничивается несколькими процентами в составе смеси с ГХФУ. Текущие выбросы от субприложения "противопожарная защита" (ППЗ) считаются очень небольшими, использование ППЗ для обеспечения аварийной защиты не дает больших выбросов, но объем такого использования растет. Это приводит к накоплению банка будущих потенциальных выбросов.

ГФУ и ПФУ, которые могут использоваться для ППЗ, представлены в [таблице 7.1](#).

7.6.2 Вопросы методологии

7.6.2.1 Выбор метода

Приложение ППЗ отличается от приложения КВО тем, что субприложений гораздо меньше и они более однородные. Это значит, что расчет выбросов может быть выполнен на уровне приложения.

Выбросы от этого приложения составляют менее 6% от суммарного выброса ГФУ и ПФУ от использования заменителей ОРВ в России. Поэтому разработчики регионального кадастра выбросов парниковых газов могут ограничиться применением метода уровня 1 ([раздел 7.1.2.2](#)) для оценки выбросов от этого приложения в регионе.

Если используется метод уровня 2, для приложения ППЗ, также как для пен и КВО, необходимо учитывать накопление банков. Это значит, что исторический временной ряд региональных данных о деятельности должен начинаться с момента введения в оборот всех новых ГФУ и ПФУ.

Поскольку ГФУ и ПФУ, используемые для ППЗ, улетают за период более долгий, чем один год, то необходимо учитывать выбросы от оборудования, которое было заряжено в предыдущие годы. Использование коэффициента выбросов, который основан на годовом производстве, для представления многолетнего процесса выбросов может привести к значительной ошибке, и не считается эффективной практикой.

Уравнение 7.12 показывает, каким образом следует модифицировать метод, чтобы учесть временную зависимость выбросов и определить наиболее пригодный тип данных о деятельности.

Уравнение 7.12

Временная зависимость выбросов от оборудования для ППЗ

$$\text{Выбросы}_t = \text{Банк}_t \cdot EF + RRL_t$$

и

$$\text{Банк}_t = \sum_{i=t_0}^t (\text{производство}_i + \text{ввоз в регион}_i - \text{вывоз из региона}_i - \text{разрушение}_i - \text{выбросы}_i) - RRL_t,$$

где:

Выбросы_t = выбросы ГФУ/ПФУ от заряженного оборудования ППЗ в году t, кг;

Банк_t = банк агента, заряженного в оборудование ППЗ в году t, кг;

EF = доля заряда оборудования, которая выделяется в атмосферу каждый год (исключая выбросы от списанного или иным способом изъятого из эксплуатации оборудования), в относительных единицах;

RRL_t = потери при извлечении: выбросы агента в процессе извлечения, рециклинга и размещения в отходы на момент изъятия из использования существующего оборудования ППЗ в году t, тонны;

производство_i = количество ГФУ/ПФУ, поставленного для оборудования ППЗ, произведенного в году i, кг;

ввоз в регион_i = количество ГФУ/ПФУ в оборудовании ППЗ, ввезенном в регион в году i, кг;

вывоз из региона_i = количество ГФУ/ПФУ в оборудовании ППЗ, вывезенном из региона в году i, кг;

разрушение_i = количество ГФУ/ПФУ в оборудовании ППЗ, собранное и разрушенное в году i, кг;

t = год, для которого делается оценка выбросов;

t₀ = первый год производства и/или использования;

i = годы, прошедшие с первого года производства и/или использования t₀ до текущего года t.

Эффективная практика предусматривает использование [уравнения 7.12](#) для каждого отдельного парникового газа, применяемого в оборудовании ППЗ.

Если отсутствуют исторические данные об установке нового оборудования в регионе, также как в методах, принятых для пен и КВО, можно разработать простой способ для оценки развития банков ГФУ/ПФУ в оборудовании. Можно предположить, что количество ГФУ/ПФУ в оборудовании растет на один и тот же процент в год, начиная с года первого использования этого вещества в регионе (стране).

7.6.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

В ходе замены галонных соединений был накоплен некоторый опыт относительно моделей использования и выбросов, и было бы логично ожидать, что этот опыт будет полезен для

парниковых газов, применяемых в тех же целях. Оборудование ППЗ предназначено для выпуска своего первоначального заряда в случае пожара. Последние исследования показывают, что годовые выбросы от затопляющих систем составляют 2% +/- 1% от запаса установленного оборудования (Межправительственная, 2006). Для переносных огнетушителей выбросы примерно в два раза выше, чем от стационарных систем. Применение этого коэффициента дает диапазон от 2% до 6% (т.е. 4% +/- 2%) от эксплуатируемого количества.

Характер этого приложения позволяет извлекать газ в конце срока службы оборудования (или в любое время, когда оборудование списывают). Извлеченный газ можно разрушить или использовать повторно. Поэтому принятое по умолчанию допущение о том, что в конце эксплуатации газ не извлекают, может дать завышенную оценку выбросов в конце эксплуатации. Составители кадастра должны установить контакты с соответствующими промышленными структурами, чтобы собирать информацию об извлечении ГФУ/ПФУ. Эффективная практика предусматривает документирование этой информации и всех принятых допущений.

Типичный срок службы затопляющих систем - 15 - 20 лет. В специализированных приложениях (например, авиационных, военных) системы могут использоваться по 25 - 35 лет и дольше (Межправительственная, 2006).

7.6.2.3 Полнота

Составители кадастра должны убедиться в том, что все парниковые газы, использованные в отрасли ППЗ, были включены в оценку выбросов. Необходимо также оценивать выбросы, начиная с первого года использования в ППЗ региона ГФУ/ПФУ.

7.6.2.4 Оценка неопределенностей

Исследования потребления галонов в разных странах (Межправительственная, 2006) показывают, что неопределенность данных о деятельности составляет 16% для развитых стран, 15% для развивающихся стран и 13% на глобальном уровне. Предполагается, что неопределенность оценок выбросов ГФУ/ПФУ будет примерно равна или выше неопределенности, которая наблюдалась для оценок потребления галонов.

ГЛАВА 8. ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРУГОЙ ПРОДУКЦИИ

8.1 ВВЕДЕНИЕ

В этой главе будут рассмотрены методы расчета выбросов гексафторида серы (SF_6) и перфторуглеродов (ПФУ) от производства и использования электрооборудования и других видов продукции. Будут также представлены методы расчета выбросов оксида азота (N_2O) для некоторых видов продукции. В большинстве этих областей применения SF_6 , ПФУ или N_2O были использованы в продукции благодаря своим физическим свойствам (одному или нескольким), таким как высокая изоляционная способность SF_6 , стабильность ПФУ и анестезирующее действие N_2O . Типы применения, описанные здесь, характеризуются широким диапазоном выбросов - от мгновенного и непредотвратимого высвобождения всего химического вещества (например, при использовании ПФУ в качестве атмосферного индикатора) до отсроченных, во многом предотвратимых, выбросов от герметичной продукции через 40 лет использования (например, производство и использование герметизированного электрооборудования). Методы оценки, представленные в этой главе, были разработаны таким образом, чтобы отражать различия в графиках выбросов.

В разделе 8.2 рассмотрены методы оценки выбросов SF₆ и ПФУ от электрооборудования. Раздел 8.3 посвящен методам оценки выбросов от производства и использования многих других видов промышленной, коммерческой и потребительской продукции, содержащих SF₆ и ПФУ, за исключением тех, которые были учтены в других разделах сектора ППП (например, выбросы ПФУ от электронного производства обсуждались в главе 6). См. перечень исключений во введении к разделу 8.3. Наконец, в разделе 8.4 обсуждаются методы оценки выбросов N₂O от анестетиков, пропеллентов и другой продукции.

8.2 ВЫБРОСЫ SF₆ И ПФУ ОТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

8.2.1 Введение

Гексафторид серы (элегаз, SF₆) используется для электроизоляции и отключения тока в составе оборудования для передачи и распределения электроэнергии. Выбросы происходят в каждой фазе срока службы оборудования, включая производство, установку, использование, обслуживание и удаление в отходы. Самая большая часть SF₆, применяемого в электрооборудовании, используется в коммутационной аппаратуре, подстанциях с газовой изоляцией (КПИ) и газовых автоматических выключателях (ГАВ), однако некоторое количество SF₆ применяется в высоковольтных линиях передач с газовой изоляцией (ЛЭГИ), наружных измерительных трансформаторах с газовой изоляцией и другом оборудовании. Перечисленные области применения можно подразделить на две категории по степени герметичности. К первой категории относятся герметизированные системы или оборудование, герметизированное на весь срок службы. По определению, герметизированное оборудование не требует дозаправки газа в течение срока службы и содержит менее 5 кг газа на функциональную единицу. В эту категорию обычно попадает трансляционное оборудование. Вторая категория - закрытые системы, которые определяются как оборудование, которое необходимо дозаправлять (пополнять) газом в течение срока службы. Этот тип оборудования обычно содержит от пяти до нескольких сотен килограммов газа на функциональную единицу. К этой категории обычно относится оборудование электропередачи. Обе категории оборудования имеют сроки службы более 30 - 40 лет. В Азии значительные количества SF₆ используют в силовых трансформаторах с газовой изоляцией (СТГИ).

Электрооборудование - это самый крупный потребитель и наиболее важная область применения SF₆ в мире. Оно вносит значительный вклад в мировые выбросы SF₆. Тем не менее, значение этого источника сильно меняется от региона к региону и от страны к стране. Выбросы от этой категории зависят не только от установленного (находящегося в банке) или потребленного количества SF₆, но также в значительной степени от герметичности продукции и обращения с ней. Среднерегиональные интенсивности выбросов в настоящее время меняются в диапазоне от небольшой доли процента до 10% и более.

В целом интенсивности выбросов намного снизились после 1995 года. Целенаправленные мероприятия, проводимые в промышленности, позволили снизить выбросы в Европе и Азии на 50 - 90%. Эти мероприятия включают (1) улучшение конструкции оборудования, которая стала более герметичной и требует меньше SF₆, и (2) улучшение обращения с оборудованием в течение всего срока службы.

В некоторых регионах (например, в Северной Америке и Японии) перфтороуглероды (ПФУ) используются как диэлектрики и теплоносители в силовых трансформаторах. ПФУ также применяются для переоснащения трансформаторов, охлаждаемых с помощью ХФУ-113. Одним из таких ПФУ является перфторгексан (C₆F₁₄). С точки зрения абсолютных выбросов и выбросов в

пересчете на углерод, выбросы ПФУ от электрооборудования считаются намного более низкими, чем выбросы SF₆ от электрооборудования; однако в некоторых регионах могут наблюдаться исключения из этого правила.

8.2.2 Вопросы методологии

8.2.2.1 Выбор метода

Выбросы SF₆ от электрооборудования можно оценивать разными способами, которые отличаются по сложности и по требованиям к данным.

Эффективная практика предусматривает использование метода уровня 1 (с коэффициентом выбросов по умолчанию), метода уровня 2 (с национальным или региональным коэффициентом выбросов) и метода уровня 3. В целом оценки выбросов, полученные с помощью метода уровня 3 на уровне предприятия, наиболее точны. Оценки по методу уровня 1 - наименее точные.

Также как в случае других источников выбросов, выбор уровня зависит от наличия данных и принадлежности к ключевой категории. Если выбросы SF₆ являются ключевой категорией для региона, необходимо собрать нужные данные и пользоваться методами уровня 2 или 3 для оценки выбросов.

На первом этапе, при оценке важности выбросов SF₆ от электрооборудования и других категорий, рассматриваемых в этой главе, рекомендуется обращаться к производителям и поставщикам химических веществ, а также к производителям электрооборудования и поставщикам энергии и/или в их промышленные компании. Эти организации могут предоставить базовую информацию о потреблении химических веществ, о запасе и использовании оборудования, которая может помочь составителям кадастра при оценке выбросов и идентификации источников, заслуживающих дальнейшего исследования.

В Российской Федерации элегазовое электрооборудование широко используют сетевые компании, производители электроэнергии, предприятия химической, металлургической и другой промышленности, работа которых связана с большим потреблением электрической энергии.

Метод уровня 1 - коэффициенты выбросов по умолчанию

Метод уровня 1 представляет собой наиболее простой подход к оценке выбросов SF₆ и ПФУ от электрооборудования. (Далее в этом разделе "SF₆" будет обозначать "SF₆ и/или ПФУ"). В этом методе выбросы оценивают путем умножения коэффициентов выбросов по умолчанию на потребление SF₆ производителями электрооборудования и/или на паспортную емкость SF₆ оборудования на каждом этапе срока службы. Член, выражающий выбросы от установки, можно опустить, если считается, что (1) выбросы при установке равны нулю (для закрытых систем) или (2) выбросы от установки включены в коэффициент выбросов от производства или использования. Коэффициенты выбросов по умолчанию представлены в [таблицах 8.1 - 8.3](#).

Эффективная практика предусматривает применение следующего уравнения:

Уравнение 8.1

Метод с использованием коэффициента выбросов по умолчанию

Суммарные выбросы = выбросы от производства +

+ выбросы от установки оборудования +
+ выбросы от эксплуатации оборудования +
+ выбросы от удаления оборудования в отходы

где:

ВЫБРОСЫ ОТ ПРОИЗВОДСТВА = коэффициент выбросов от производства · общее потребление SF₆ производителями оборудования;

ВЫБРОСЫ ОТ УСТАНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ = коэффициент выбросов от установки оборудования · суммарная паспортная емкость нового оборудования, заправленного на месте эксплуатации (не на заводе-изготовителе);

ВЫБРОСЫ ОТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ = коэффициент выбросов от эксплуатации оборудования · суммарная паспортная емкость установленного оборудования. Коэффициент выбросов от эксплуатации включает выбросы от утечек, осмотров и технического обслуживания, а также в результате поломок;

ВЫБРОСЫ ОТ УДАЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ОТХОДЫ = суммарная паспортная емкость списываемого оборудования · доля SF₆, оставшаяся в оборудовании на момент списания.

Метод уровня 2 - национальные коэффициенты выбросов

В методе уровня 2 используется то же самое базовое уравнение, что и в методе уровня 1, но при этом требуются надежные национальные или региональные коэффициенты выбросов для каждого этапа срока службы. Эти коэффициенты выбросов будут более точными, поскольку они отражают уникальные условия эксплуатации электрооборудования в конкретной стране или регионе. Кроме того, если известны подробные данные о списании оборудования, то выбросы в результате списания можно оценить с большей точностью. Уравнение для оценки выбросов от удаления оборудования в отходы в методе уровня 2 включает члены, которые учитывают извлечение SF₆ при списании и удалении в отходы:

Уравнение 8.2

Выбросы от удаления оборудования в отходы с использованием
национального коэффициента выбросов

Выбросы от удаления оборудования в отходы = суммарная паспортная емкость списываемого оборудования · доля SF₆, сохранившаяся в оборудовании на момент списания ·
· (1 - доля списываемого оборудования, из которого извлекают SF₆ · эффективность извлечения)

Обратите внимание, что в методе уровня 2 используют только национальные коэффициенты выбросов.

Метод уровня 3

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

8.2.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Поскольку интенсивности выбросов меняются не только от страны к стране, но и от региона к региону и от предприятия к предприятию, составителям кадастра рекомендуется разрабатывать и применять свои собственные коэффициенты выбросов. Эффективным способом разработки таких коэффициентов является поиск репрезентативных производителей оборудования и энергетических предприятий в регионе. В целом ЭФФЕКТИВНАЯ ПРАКТИКА предусматривает документирование доказательств и рассуждений в поддержку выбранных коэффициентов выбросов, а также пересмотр этих коэффициентов каждые 5 лет.

На интенсивность выбросов влияют такие факторы, как конструкция оборудования (которая меняется в зависимости от времени и места его производства), практика обращения с SF₆, доступность современного оборудования для обращения с SF₆, цены на SF₆ и законодательство (например, об обязательном извлечении газов). Изменение любого из этих факторов может влиять на интенсивность выбросов с течением времени.

Метод уровня 1

Предлагаемые коэффициенты выбросов по умолчанию были разработаны для некоторых регионов на основании последних исследований. Эти коэффициенты представлены в [таблицах 8.1 - 8.3](#) далее. В эффективной практике принято выбирать те коэффициенты выбросов по умолчанию, которые были разработаны для стран и регионов, имеющих аналогичное оборудование и практику обращения с SF₆. Поскольку Япония и Европа поставляют большую часть мирового электрооборудования, то конструкция оборудования, по-видимому, будет аналогична конструкции либо японских, либо европейских изделий. Коэффициенты выбросов по умолчанию - это те коэффициенты, которые были задокументированы для 1995 года, т.е. до того времени, когда в промышленности были предприняты меры по снижению выбросов.

Метод уровня 2

Коэффициенты выбросов для метода уровня 2 обычно разрабатывают на основании данных, полученных от репрезентативных производителей и энергетических предприятий, которые отслеживают выбросы по этапам срока службы, в основном с использованием уровня 3, по крайней мере, в течение года. (Коэффициенты выбросов для удаления в отходы должны также учитывать выбросы, которые происходят после удаления с места эксплуатации; об этом речь пойдет ниже.) Для расчета коэффициентов эти выбросы для отдельных фаз срока службы делят на соответствующее потребление SF₆ или емкость оборудования в этой фазе срока службы (т.е. на потребление SF₆ для выбросов от производства, на суммарную емкость всего существующего оборудования для выбросов от эксплуатации и на емкость списываемого оборудования для выбросов от окончательного использования и удаления в отходы). Например, для расчета коэффициента выбросов от производства, общие выбросы, полученные по результатам исследований отдельных производителей, суммируют и затем делят на суммарное количество SF₆, потребленного этими производителями. Этот коэффициент выбросов затем можно применить ко всему сектору производства, с использованием количества SF₆, потребленного производителями внутри региона. Аналогичный подход можно применить к расчету и применению коэффициентов выбросов от эксплуатации оборудования.

Таблица 8.1

ГЕРМЕТИЗИРОВАННОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ (РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ
УСТРОЙСТВА СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ), СОДЕРЖАЩЕЕ SF₆:
КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ

Фаза	Производство (доля потребления SF ₆ производителями)	Эксплуатация (включая утечки, крупные поломки/замыкание и потери при обслуживании) (доля от паспортной емкости всего установленного оборудования, потерянная за год)	Удаление в отходы (доля от паспортной емкости списанного оборудования)	
			Срок службы (годы)	Доля заряда вещества, оставшаяся при списании <1>
Европа	0,07	0,002	> 35	0,93
Япония	0,29	0,007	нет данных	0,95

<1> Т.е. доля от первоначального заряда оборудования или паспортной емкости, оставшаяся оборудовании в конце срока службы.

Источник: Межправительственная, 2006

Коэффициент выбросов для удаления в отходы должен учитывать три фактора: (1) частоту извлечения (доля оборудования, у которого извлекают заряд), (2) эффективность извлечения (доля заряда, извлекаемая в процессе извлечения). Количества (1) и (2) будут автоматически учтены в коэффициентах выбросов, основанных на использовании массово-балансового метода уровня 3 для репрезентативных предприятий.

Таблица 8.2

**ЗАКРЫТОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ (ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА), СОДЕРЖАЩЕЕ SF₆ КОЭФФИЦИЕНТЫ
ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ**

Фаза	Производство (доля потребления SF ₆ производителями)	Эксплуатация (включая утечки, крупные поломки/замыкание и потери при обслуживании) (доля от паспортной емкости всего установленного оборудования, потерянная за год)	Удаление в отходы (доля от паспортной емкости списанного оборудования)	
			Срок службы (годы)	Доля заряда вещества, оставшаяся при списании
Европа	0,085 	0,026	> 35	0,95
США	нет данных	0,14 <g>	> 35	Включены в коэффициент выбросов от эксплуатации

Япония	0,29 	0,007	нет данных	0,95
, <g> Включает выбросы от установки. Источник: Межправительственная, 2006				

Коэффициент выбросов (утечек) от эксплуатации элегазового электрооборудования в России составляет по техническим требованиям к аппаратуре 1%. Реальные выбросы, по данным энергокомпаний, в настоящее время несколько ниже и составляют около 0,5%. (Данные Минэнерго за последние 6 лет.) Электрооборудование, содержащее SF₆, эксплуатируется в России со второй половины восьмидесятых годов, поэтому выбросы от удаления оборудования в отходы в настоящее время не учитываются (Российская, 2006 -...).

Таблица 8.3

ТРАНСФОРМАТОРЫ С ГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ, СОДЕРЖАЩИЕ SF₆: КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ

Фаза	Производство (доля потребления SF ₆ производителями)	Эксплуатация (включая утечки, крупные поломки/замыкание и потери при обслуживании) (доля от паспортной емкости всего установленного оборудования, потерянная за год)	Удаление в отходы (доля от паспортной емкости списанного оборудования)	
			Срок службы (годы)	Доля заряда вещества, оставшаяся при списании <1>
Япония	0,29	0,007	нет данных	0,95
<1> Т.е. доля от первоначального заряда оборудования или паспортной емкости, оставшаяся оборудовании в конце срока службы. Источник: Межправительственная, 2006				

8.2.2.3 Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности необходимые для различных методов оценки можно получить у производителей оборудования, пользователей оборудования, предприятий по утилизации оборудования и в промышленных и энергетических компаниях региона. Выбор наилучшего источника данных зависит от метода оценки и региональных условий.

Метод уровня 1

Потребление SF₆ производителями оборудования. Потребление SF₆ производителями оборудования можно оценить, получив информацию от производителей оборудования, о закупках, возврате SF₆ и об изменении запасов SF₆ в контейнерах.

Паспортная емкость нового и списываемого оборудования. Паспортную емкость можно

оценить с помощью одного или нескольких следующих источников данных: (1) информация от производителей/продавцов оборудования о суммарной паспортной емкости оборудования, которое они произвели, или ввезли, или вывезли из региона, (2) информация от энергетических и промышленных компаний о суммарной паспортной емкости оборудования, которое они установили или списали за год. При оценке паспортной емкости нового оборудования составители кадастра должны приплюсовать паспортную емкость ввезенного из других регионов оборудования и вычесть паспортную емкость оборудования, вывезенного из региона.

Для списанного оборудования информация о продажах или емкости должна быть исторической, начиная от того года, когда списанное в текущем году оборудование было построено. Типичный срок службы электрооборудования составляет 30 - 40 лет. Если данные о суммарной паспортной емкости списанного оборудования не известны, то ее можно оценить по новой паспортной емкости, используя оценочный ежегодный рост емкости оборудования. При оценке темпа роста в эффективной практике рассматривают количество единиц оборудования, продаваемого ежегодно, и среднюю паспортную емкость оборудования. Следующее уравнение можно использовать для оценки паспортной емкости списанного оборудования, если эти данные напрямую недоступны:

Уравнение 8.3

Паспортная емкость списанного оборудования

$$\begin{aligned} & \text{Паспортная емкость списанного оборудования} = \\ & = \text{Паспортная емкость нового оборудования} / (1 + g)^L \end{aligned}$$

где:

L = срок службы оборудования;

g = скорость роста.

Согласно глобальному исследованию, проведенному в 2004 году, среднегодовой рост продаж SF₆ производителям оборудования между 1970 и 2000 годами составил приблизительно 9%. При отсутствии региональных или национальных данных можно использовать коэффициент по умолчанию 9%.

Суммарная паспортная емкость установленного оборудования. Суммарную паспортную емкость установленного оборудования можно оценить с помощью тех же источников данных, которые используются для оценки паспортной емкости нового и списанного оборудования. Если используются данные от производителей оборудования, то они должны включать данные о продажах для всего срока службы оборудования (30 - 40 лет).

Метод уровня 2

Количества можно оценить так же, как для уровня 1, см. выше. В таблице 8.4 приводится перечень данных о деятельности для всех уровней, которые должны быть использованы для оценки выбросов SF₆ от электрооборудования.

Таблица 8.4

ИНФОРМАЦИЯ, РЕКОМЕНДОВАННАЯ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В ОТЧЕТНОСТЬ

**ПО ВЫБРОСАМ SF₆ ОТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ,
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ**

Данные	Уровень 2	Уровень 1
Годовое потребление SF ₆ производителями оборудования в масштабах региона	X	X
Паспортная емкость нового оборудования	X	X
Паспортная емкость существующего оборудования	X	X
Паспортная емкость списываемого оборудования	X	X
Коэффициенты выбросов/извлечения	X	
Документация для национальных коэффициентов (если используются национальные коэффициенты)	X	

8.2.2.4 Полнота

Полнота для этой категории источников требует учета выбросов в процессе производства, эксплуатации и удаления оборудования в отходы. В секторе производства для этого необходимо оценить выбросы от:

- производства коммутационной аппаратуры с газовой изоляцией, газовых автоматических выключателей (ГАВ), высоковольтных линий электропередач с газовой изоляцией (ЛЭГИ), наружных измерительных трансформаторов с газовой изоляцией и другого оборудования;
- производителей силовых трансформаторов с газовой изоляцией (СТГИ).

В секторе энергоснабжения и утилизации для этого потребуются учет всех потерь SF₆, связанных с:

- установкой нового электрооборудования;
- утечками, пополнением заряда, техническим обслуживанием и авариями оборудования;
- удалением оборудования в отходы;

В рамках ЭФФЕКТИВНОЙ ПРАКТИКИ следует идентифицировать и учитывать промышленное и малое коммунальное оборудование, если оно вносит значительный вклад в суммарные выбросы от категории источников "электрооборудование".

8.2.3 Оценка неопределенностей

Оценки неопределенностей для коэффициентов выбросов по умолчанию для метода уровня 1 показаны в таблице 8.5.

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ И ДЛЯ ФАЗ СРОКА СЛУЖБЫ

Фаза	Производство	Эксплуатация (включая утечки, крупные поломки/замыкание и потери при обслуживании)	Удаление в отходы	
			Срок службы (годы)	Доля заряда вещества, оставшаяся при списании
Герметизированное	+/- 20%	+/- 20%	-20%/+40%	Нет данных
Закрытое <15>	+/- 30%	+/- 30%	-10%/+40%	Нет данных
Трансформаторы с газовой изоляцией <c>	+/- 30%	+/- 30%	-10%/+40%	Нет данных

8.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SF₆ И ПФУ В ДРУГОЙ ПРОДУКЦИИ

8.3.1 Введение

Эта категория не включает следующие источники, которые рассматриваются в других разделах Методических рекомендаций:

- производство SF₆ и ПФУ (раздел 3.10);
- производство и использование электрооборудования (раздел 8.2);
- первичное и вторичное производство магния и алюминия (глава 4);
- производство полупроводников и плоских индикаторных панелей (глава 6).
- Остальные идентифицированные виды применения SF₆ и ПФУ в этой категории источников включают (Межправительственная, 2006):
 - SF₆ и ПФУ, используемые в изделиях военного назначения, в частности SF₆, применяемый в бортовых самолетных радиолокационных системах, например АВАКС, и ПФУ, применяемые в качестве теплоносителей в электронных изделиях высокой мощности;
 - SF₆, используемый в университетских и исследовательских ускорителях частиц;
 - SF₆, используемый в ускорителях частиц медицинского и промышленного назначения;
 - адиабатические системы, в которых используется свойство низкой проницаемости SF₆ и некоторых ПФУ через резину, например, в легковых автопокрышках и подошве спортивной обуви;
 - SF₆ в составе звуконепропускаемых окон;
 - ПФУ в качестве теплоносителей в изделиях коммерческого и потребительского назначения;

- ПФУ, применяемые в косметике и медицине;
- прочие виды использования, например, газоздушный индикатор в лабораторных детекторах и детекторах утечек.

8.3.2 Вопросы методологии

8.3.2.1 Выбор метода

По правилам эффективной практики рекомендуется использовать данные о потреблении, полученные от пользователей SF₆ или ПФУ, разгруппированные по основным типам применения SF₆ и ПФУ. Для сбора этих данных потребуется найти все организации, использующие SF₆ и ПФУ, чтобы определить суммарное потребление SF₆ и ПФУ. После того, как эти данные будут собраны, необходимо определить количества SF₆ и ПФУ, потребленные в отдельных областях применения этой категории источников.

Продукция военного назначения

Использование SF₆ и ПФУ в продукции военного назначения не является источником выбросов на региональном уровне и не должно учитываться в региональных кадастрах выбросов парниковых газов.

Выбросы SF₆ от учебных и исследовательских ускорителей частиц

SF₆ используется в качестве изоляционного газа в университетских и исследовательских ускорителях частиц. Обычно высоковольтное оборудование находится внутри емкости, заполненной SF₆, под давлением выше атмосферного. Количество SF₆ внутри такой емкости может составлять от 5 кг до 10000 кг и выше, но в основном от 500 до 3000 кг. При техническом обслуживании оборудования, SF₆ перепускают в контейнер для хранения. Потери SF₆ возникают в основном в процессе извлечения и перемещения газа, когда открывают перепускные клапаны, а также в результате медленных утечек.

В двух недавних исследованиях было показано, что потери SF₆ составляют 5 - 7% от объема резервуара в год и в целом зависят от частоты открывания резервуара и эффективности оборудования для извлечения и переноса SF₆. Мировая емкость банка по грубым оценкам составляет 500 тонн, при этом ежегодные утечки равны 35 тоннам.

Метод уровня 1

В тех случаях, когда невозможно получить данные от отдельных пользователей ускорителей частиц, можно использовать один крайне грубый метод, который состоит в определении общего количества учебных и исследовательских ускорителей частиц в регионе и использовании нескольких коэффициентов для определения годовых выбросов по уравнению 8.4. Для этого метода уровня 1 необходимо собрать только данные об общем числе учебных и исследовательских ускорителей частиц в конкретном регионе.

Уравнение 8.4

Выбросы от учебных и исследовательских ускорителей частиц

Выбросы = (Число учебных и исследовательских ускорителей

частиц в регионе) - (Коэффициент использования SF₆) ·
· (Коэффициент заряда SF₆) · (Коэффициент выбросов SF₆
для учебного и исследовательского ускорителя частиц)

где:

ЧИСЛО УЧЕБНЫХ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ ЧАСТИЦ В РЕГИОНЕ = общее число учебных и исследовательских ускорителей частиц в регионе. Этот грубый метод не требует от регионов определения числа ускорителей, в которых применяется SF₆;

КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ SF₆ = 0,33. Приблизительно одна треть учебных и исследовательских ускорителей частиц использует SF₆ в качестве изолятора;

КОЭФФИЦИЕНТ ЗАРЯДА SF₆ = 2400 кг SF₆, средний заряд SF₆ в учебном и исследовательском ускорителе частиц;

КОЭФФИЦИЕНТ ВЫБРОСОВ SF₆ ДЛЯ УЧЕБНОГО И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УСКОРИТЕЛЯ ЧАСТИЦ = 0,07, среднегодовая интенсивность выбросов учебного или исследовательского ускорителя частиц, выраженная в виде доли от общего заряда SF₆.

Метод уровня 2

Если данные о количестве SF₆, содержащегося внутри учебного или исследовательского ускорителя известны, то коэффициент выбросов по умолчанию 7% можно умножить на суммарный заряд SF₆ всех учебных и исследовательских ускорителей в регионе. Уравнение 8.5 предназначено для расчета интенсивности выбросов SF₆ от учебных и исследовательских ускорителей.

Уравнение 8.5

Выбросы от учебных и исследовательских ускорителей частиц
(с использованием коэффициента выбросов,
на уровне ускорителя)

Суммарные выбросы = (Коэффициент выбросов SF₆ для учебных
и исследовательских ускорителей частиц) ·
· (∑ Заряды отдельных ускорителей),

где:

КОЭФФИЦИЕНТ ВЫБРОСОВ SF₆ ДЛЯ УЧЕБНОГО И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УСКОРИТЕЛЯ ЧАСТИЦ = 0,07, среднегодовая интенсивность выбросов учебного или исследовательского ускорителя частиц, выраженная в виде доли от общего заряда SF₆;

ЗАРЯДЫ ОТДЕЛЬНЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ = Количество SF₆, которое содержится внутри каждого учебного и исследовательского ускорителя.

Метод уровня 3

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

Выбросы SF₆ от ускорителей частиц промышленного и медицинского назначения

SF₆, также как в учебных и исследовательских ускорителях, используется как изолирующий газ в двух типах промышленных ускорителей (низковольтных и высоковольтных) и в медицинских ускорителях (для лечения рака). Однако коэффициенты выбросов и заряда для промышленных и медицинских ускорителей отличаются от коэффициентов выбросов и заряда учебных и исследовательских ускорителей. Мировая емкость банка промышленных ускорителей частиц по грубым оценкам составляет 500 тонн SF₆, при этом ежегодные утечки равны 35 тоннам. Мировая емкость банка медицинских ускорителей частиц (для радиотерапии) по грубым оценкам составляет менее 5 тонн SF₆, при этом ежегодные утечки равны 5 тоннам (Межправительственная, 2006).

Метод уровня 1

В тех случаях, когда невозможно получить данные от отдельных пользователей ускорителей частиц, можно использовать один крайне грубый метод, который состоит в определении общего количества ускорителей частиц в регионе и использовании нескольких коэффициентов выбросов для определения годовых выбросов по уравнению 8.6. Для этого метода уровня 1 необходимо собрать только данные о количестве SF₆-содержащих ускорителей частиц по отдельным типам ускорителей в регионе.

Уравнение 8.6

Выбросы от промышленных/медицинских ускорителей частиц

$$\begin{aligned} \text{Выбросы} = & (\text{число SF}_6\text{-содержащих ускорителей частиц} \\ & \text{конкретного типа в регионе)} - (\text{коэффициент заряда SF}_6, \text{ кг}) \cdot \\ & \cdot (\text{коэффициент выбросов SF}_6 \text{ для ускорителя частиц} \\ & \text{конкретного типа)} \end{aligned}$$

где:

ЧИСЛО SF₆-СОДЕРЖАЩИХ УСКОРИТЕЛЕЙ ЧАСТИЦ КОНКРЕТНОГО ТИПА В РЕГИОНЕ = общее количество ускорителей по типам (промышленные высоковольтные, промышленные низковольтные и радиотерапевтические), в которых используется SF₆, в регионе (Считать только те ускорители, которые используют SF₆. Это условие отличается от расчета по уровню 1 для учебных и исследовательских ускорителей);

КОЭФФИЦИЕНТ ЗАРЯДА SF₆ = средний заряд SF₆ в ускорителях конкретного типа (будет указан ниже);

КОЭФФИЦИЕНТ ВЫБРОСОВ ДЛЯ SF₆-СОДЕРЖАЩЕГО УСКОРИТЕЛЯ ЧАСТИЦ = среднегодовая интенсивность выбросов SF₆-содержащего ускорителя частиц конкретного типа, выраженная в виде доли от общего заряда ускорителя.

Таблица 8.6

СРЕДНИЙ ЗАРЯД SF₆ В УСКОРИТЕЛЯХ РАЗНЫХ ТИПОВ

Типы ускорителей частиц	Коэффициент заряда SF ₆ , кг
Промышленные ускорители частиц - высоковольтные (0,3 - 23 МВ)	1300
Промышленные ускорители частиц - низковольтные (< 0,3 МВ)	115
Медицинские (радиотерапевтические) ускорители частиц	0,5
Источник: Межправительственная, 2006	

Метод уровня 2 - метод, основанный на коэффициенте выбросов, на уровне пользователя

Если данные о количестве SF₆, содержащегося внутри каждого промышленного и медицинского ускорителя, известны, то следует использовать метод уровня 2 для учебных и исследовательских ускорителей, но умножать коэффициент выбросов для каждого типа ускорителя (эти коэффициенты будут перечислены ниже) на суммарный заряд SF₆ этого типа ускорителей.

Таблица 8.7

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ДЛЯ КАЖДОГО ТИПА УСКОРИТЕЛЕЙ,
(ВЫБРОСЫ SF₆ ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ И МЕДИЦИНСКИХ
УСКОРИТЕЛЕЙ ЧАСТИЦ)**

Типы ускорителей частиц	Коэффициент выбросов, кг/кг заряда
Промышленные ускорители частиц - высоковольтные (0,3 - 23 МВ)	0,07
Промышленные ускорители частиц - низковольтные (< 0,3 МВ)	0,013
Медицинские (радиотерапевтические) ускорители частиц	2,0 <1>
<p><1> Это среднеарифметическая величина для значений, которые меняются в диапазоне от 1 кг до 10 кг на кг заряда, в зависимости от модели, производителя и периодичности обслуживания.</p> <p style="text-align: right;">Источник: Межправительственная, 2006</p>	

Метод уровня 3

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

Выбросы от других секторов применения SF₆ и ПФУ

Эффективная практика предполагает налаживание контактов со всеми производителями/дистрибьюторами газа с целью выявления пользователей SF₆ и ПФУ и исследования объемов потребления газа в тех категориях источников, которые не были рассмотрены выше. Типы применения, которые будут обсуждены далее, принципиально отличаются друг от друга длительностью отсрочки между покупкой SF₆ или ПФУ и его выделением в атмосферу. В некоторых случаях (например, SF₆ для звуконепроницаемого остекления, ПФУ в качестве теплоносителя) химическое вещество довольно хорошо сохраняется в течение срока службы оборудования или продукции, и большая часть выбросов приходится на производство и удаление продукции в отходы. В этих случаях отсрочка между покупкой химического вещества и его окончательным выбросом в атмосферу зависит от срока службы продукции, т.е. от трех лет для шин и спортивной обуви и до 25 лет для звуконепроницаемого остекления. В других случаях (например, SF₆ и ПФУ в качестве индикатора или в медицинских приложениях) химическое вещество полностью улетает в течение года после покупки. Если предварительное исследование показывает, что сектора применения с отсроченными выбросами составляют значительную часть выбросов, то по правилам ЭФФЕКТИВНОЙ ПРАКТИКИ следует использовать расчеты, основанные на коэффициентах для конкретной категории источника, с учетом времени отсрочки выбросов.

Адиабатические системы

Адиабатические системы с использованием SF₆ и частично ПФУ основаны на свойстве низкой проницаемости этих газов через резину. Исторически в этом секторе применяли в основном SF₆, однако в последнее время стали применять также ПФУ с близкими молекулярными весами (например, C₃F₈). К системам с периодом отсрочки 3 года относятся автомобильные шины, подошва спортивной обуви и теннисные мячи. Для систем с выбросами, отсроченными на три года, можно использовать следующую формулу:

Уравнение 8.7

Выбросы от адиабатических систем

Выбросы в году t = продажи в году (t - 3)

Звуконепроницаемое остекление

Примерно одна треть всего закупаемого количества SF₆ улетает в процессе сборки (т.е. при заполнении окон с двойными стеклами). Для запаса газа, остающегося внутри окна (емкость окна), годовая интенсивность утечки принята равной 1% (включая поломку стекла). Таким образом, к концу 25-летнего срока службы остается около 75% первоначального запаса. SF₆ начали применять для изготовления окон в 1975 году, поэтому удаление таких окон в отходы началось совсем недавно. Выбросы от этой подкатегории источников следует рассчитывать по уравнениям 8.8 - 8.10:

Уравнение 8.8

Окна с двойным остеклением: сборка

Выбросы от сборки в году t = 0,33 · SF₆, закупленный
для заполнения окон в году t

Уравнение 8.9

Окна с двойным остеклением: эксплуатация

Выбросы от эксплуатации в году $t = 0,01 \cdot$
 \cdot Емкость существующих окон в году t

Уравнение 8.10

Окна с двойным остеклением: удаление в отходы

Выбросы от удаления в отходы в году $t =$ Количество,
оставшееся в окне к концу срока службы в году $t \cdot$
 \cdot (1 - коэффициент извлечения)

Если национальные данные не известны, то в [уравнении 8.10](#) следует применить коэффициент извлечения, по умолчанию равный нулю.

ПФУ в качестве теплоносителей в коммерческих и потребительских изделиях

ПФУ используются в качестве теплоносителей во многих коммерческих изделиях с высокой плотностью мощности и в потребительских электронных приборах. К коммерческому применению относится охлаждение суперкомпьютеров, телекоммуникаций и радарных систем аэропорта, а также блоков привода (выпрямителей) на высокоскоростных поездах. Эти приложения потребляют намного меньшие объемы жидких ПФУ, чем производство электроники, но считаются значительными в данном секторе применения. Потребительское использование включает блоки охлаждения для настольных компьютеров, которые работают при высоких напряжениях для ускорения скорости обработки данных. Считается, что отдельные ПФУ, применяемые в этих приложениях, аналогичны ПФУ-теплоносителям, которые используются при производстве электроники (см. [главу 6](#)). Во всех этих приложениях жидкие ПФУ находятся в закрытых модулях, поэтому большинство выбросов происходит в процессе производства, обслуживания и удаления в отходы продукции или оборудования. Таким образом, если составители кадастра могут собрать информацию об интенсивностях выбросов в процессе производства, обслуживания и удаления оборудования в отходы, а также о количестве оборудования, произведенного, находящегося в эксплуатации или списанного в каждом году, то они смогут воспользоваться методом уровня 2 или 3 для оценки выбросов от электрооборудования. Для оборудования с разными графиками выбросов (например, с мгновенными выбросами) можно использовать подходящие уравнения из [раздела 8.2](#).

ПФУ в косметике и медицине

ПФУ с относительно большими молекулярными весами (например, $C_{10}F_{18}$) применяются в косметике и медицине благодаря их способности переносить кислород к живым тканям. Косметическое применение включает кремы против морщин, которые, по оценкам, потребляют очень немного ПФУ. Текущие и потенциальные медицинские приложения включают хранение ткани поджелудочной железы, предназначенной для трансплантации (с использованием "двухслойного метода"), хирургию глаза (для лечения разрывов сетчатки), лечение и диагностику заболеваний легких, контрастное вещество в ультразвуковом исследовании и ЯМР-томографии, кровезаменители, лечение ран и заболеваний среднего уха. Все, кроме первых двух медицинских приложений, требуют небольших количеств и/или находятся на стадии разработки. Хранение ткани поджелудочной железы представляет небольшой, но растущий сектор применения.

Выбросы от медицинского использования характеризуются высокой неопределенностью, однако считается, что они невелики.

Принято считать, что во всех этих приложениях ПФУ улетает в атмосферу в течение одного года после его закупки. Таким образом, выбросы от этой категории источников можно оценить с помощью [уравнения 8.11](#) для мгновенных выбросов.

Выбросы от прочих приложений SF₆ и ПФУ

Другие приложения SF₆ и ПФУ, помимо вышеперечисленных, включают индикаторы (для поиска утечек, отслеживания потоков воздуха внутри и вне помещения и извлечения нефти) и использование SF₆ в производстве оптических кабелей (для придания флуоресцентных свойств стекловолокну). Как правило, газы или жидкости улетают в течение года после покупки. Эффективная практика предусматривает расчет выбросов SF₆ и ПФУ от этих приложений с мгновенными выбросами по следующей формуле:

Уравнение 8.11

Мгновенные выбросы

$$\text{Выбросы в году } t = (0,5 \cdot \text{количество, проданное в году } t) + \\ + (0,5 \cdot \text{количество, проданное в году } t - 1)$$

Это уравнение напоминает уравнение для заменителей ОРВ с мгновенными выбросами (для аэрозолей, растворителей), которые рассмотрены в [главе 7](#). Это уравнение охватывает период более года, поскольку считается, что и продажи, и выбросы происходят непрерывно в течение года; т.е. химическое вещество, проданное в середине года $t - 1$, улетит полностью к середине года t .

8.3.2.2 Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности для этих подкатегорий источников должны быть согласованы с данными, которые используются для расчета выбросов SF₆ от других категорий источников (например, от электрооборудования), чтобы обеспечить полноту учета и отсутствие пропусков.

8.3.3 Оценка неопределенностей

Если исследование внутренних продаж, проведенное на основании данных от национальных производителей и дистрибьюторов по отдельным приложениям, было полным, то точность данных о годовом видимом потреблении будет высокой. Неопределенность оценок выбросов будет также невелика, если все приложения относятся к мгновенным выбросам. В случае приложений с отсроченными выбросами неопределенности будут следующие:

- время отсрочки по умолчанию для адиабатических систем: 3 +/- 1 года;
- значения по умолчанию для звукопроницаемых окон: 50 +/- 10% для выбросов при заполнении и 1 +/- 0,5% для выбросов в результате утечек/поломок.

Если нет данных о потреблении газов, то неопределенности, связанные с числом и эксплуатацией ускорителей, будут велики. Для ускорителей суммарный заряд SF₆ и интенсивность утечек определяют количество выбросов и связанную с выбросами неопределенность.

8.4 ВЫБРОСЫ N₂O ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ

8.4.1 Введение

Выбросы в виде испарений закиси азота (N₂O) могут возникать от использования различных видов продукции, в том числе (Межправительственная, 2006):

- медицинского назначения (использование анестезирующих, обезболивающих средств в медицине и ветеринарии);
- пропеллентов в аэрозолях, в основном в пищевой промышленности (взбитые сливки в баллонах под давлением и т.п.);
- окислителей и травильных агентов для производства полупроводников;
- окислителей, применяемых вместе с ацетиленом, в атомной абсорбционной спектрометрии;
- при производстве азидов натрия, который применяется для надувания подушек безопасности;
- окислителя топлива, применяемого в автогонках;
- окислителя для паяльных ламп, применяемых в ювелирном деле и других областях.

В целом медицинское направление и применение в качестве пропеллента в аэрозолях составляют, по-видимому, самые большие источники выбросов. Эффективная практика предусматривает разработку оценок и отчетности по выбросам N₂O от этих источников.

Медицинские приложения

Использование N₂O в анестезии

N₂O для анестезии поставляется в стальных цилиндрах, содержащих не менее 98% N₂O. N₂O используется для анестезии в двух качествах:

а) как анестетик и анальгетик и б) как газ-носитель для летучих анестетиков - фторированных углеводородов, таких как изофлуран, севофлуран и дезфлуран. Анестетическое действие N₂O является дополнительным к анестетическому действию фторированных углеводородов.

Не ко всем анестетикам необходимо добавлять N₂O. Кроме того, использование N₂O противопоказано в некоторых (нечастых) медицинских случаях. Газом-носителем для анестезии может быть либо смесь N₂O с кислородом, либо смесь воздуха и кислорода (в этом случае N₂O не нужен).

Вдыхаемые анестетические вещества все больше и больше назначаются через дыхательные системы, которые рециркулируют выдыхаемые пациентом газы через канистру с поглотителем углекислого газа, перед тем как направить газы назад к пациенту. С использованием этого метода расход газа-носителя можно значительно снизить после нескольких первых минут анестезии, в течение которых потребление пациента высокое. Эта технология известна как низкопоточная анестезия (Low Flow Anaesthesia). Преимуществами низкопоточной анестезии являются снижение выбросов и снижение цены. Некоторые виды анестезии обходятся вообще без N₂O и

фторированных углеводов - в них обезболивающее средство постоянно вводится через вену на протяжении всей хирургической операции. Эта технология известна как тотальная внутривенная анестезия (Total Intravenous Anaesthesia).

Использование N₂O в качестве анальгетика

В некоторых ситуациях вдыхание N₂O облегчает боль. Например, в Великобритании N₂O поставляется в стальных цилиндрах в виде смеси 50% N₂O и 50% кислорода. Готовые смеси N₂O с кислородом используются для облечения боли при деторождении, для проведения кратковременных болезненных процедур, например, в качестве временной повязки на ожоги. Готовые смеси N₂O с кислородом не используются в регионах с очень холодным климатом, поскольку эта смесь может расслоиться (если цилиндры хранятся при температуре ниже 6 °C), в результате чего возникает опасность подачи пациентам чистого N₂O без кислорода.

Использование N₂O в ветеринарии

N₂O используется для анестезии животных. Методы введения такие же, как для человека.

Использование в качестве пропеллентов в аэрозолях, в основном в пищевой промышленности

N₂O используется в качестве пропеллентов в аэрозолях, в основном в пищевой промышленности. Обычно он применяется в производстве взбитых сливок, где картриджи, наполненные N₂O, используются для раздувания крема в пену.

8.4.2 Вопросы методологии

8.4.2.1 Выбор метода

Следуя эффективной практике, принято оценивать выбросы N₂O на основании данных о поставках N₂O, которые получают от производителей и дистрибьюторов продукции с N₂O, в соответствии с уравнением 8.12, представленным ниже. Между производством, доставкой и использованием имеется временной перерыв, однако этот перерыв невелик в случае медицинского применения, поскольку больницы, как правило, быстро получают материалы, чтобы не содержать большие склады. Поэтому было бы разумно предположить, что N₂O-содержащая продукция расходуется в течение года. Что касается использования N₂O в качестве пропеллента в аэрозольной продукции, то надежных данных в подтверждение того, что между производством, поставкой и применением имеется большой временной перерыв, нет. Поэтому принято считать, что и в этих случаях поставляемая N₂O-содержащая продукция расходуется в течение года. Уравнение 8.12 охватывает период более года, поскольку предполагается, что и поставка, и выбросы происходят непрерывно в течение года; т.е. N₂O, проданный в середине года $t - 1$, полностью улетит к середине года t .

Для этой категории источников невозможно выделить различные уровни из-за отсутствия надежных методов оценки.

Уравнение 8.12

Выбросы N₂O от использования в медицине
и пищевой промышленности

$$E_{N_2O(T)} = 0,5 \cdot A_i(T) + 0,5 \cdot A_i(T-1),$$

где:

$E_{N_2O(T)}$ = выбросы N_2O в году t , тонны;

$A_i(T)$ = суммарное количество поставок N_2O в году T для применения типа I , тонны;

$A_i(T-1)$ = суммарное количество поставок N_2O в году $T - 1$ для применения типа I , тонны.

8.4.2.2 Выбор коэффициентов выбросов

Медицинские приложения

Считается, что вдыхаемый пациентом N_2O , химически не изменяется в организме и целиком возвращается в атмосферу. Поэтому вполне логично принять коэффициент выбросов, равный 1,0.

Использование в качестве пропеллентов в аэрозолях, в основном в пищевой промышленности

N_2O , используемый в качестве пропеллента в герметизированных продукционных упаковках и в аэрозольной пищевой продукции, не реагирует в течение использования и целиком улетает в атмосферу, что означает, что для этого источника коэффициент выбросов равен 1,0.

Выбор данных о деятельности медицинские приложения

Данные о суммарном количестве N_2O , поставленном для каждого типа применения, следует брать у производителей и дистрибьюторов N_2O -содержащей продукции. Кроме того, информацию об использовании N_2O в медицине можно узнать от отдельных больниц, которые, как правило, ведут учет числа и емкости баллонов с N_2O , закупаемых ежегодно.

Пропорция анестетиков, в которых используется N_2O , меняется от страны к стране и внутри одной страны для различных типов анестетиков. В последние годы наблюдается общее снижение доли анестетиков с N_2O , однако информация об этом довольно ограничена.

При отсутствии данных об использовании N_2O для анестезии можно воспользоваться приблизительным методом оценки выбросов, используемым в Российском национальном кадастре выбросов парниковых газов. Выбросы N_2O рассчитываются по формуле 8.13 с использованием эмпирического коэффициента выбросов, рассчитанного на основании данных Минздрава РФ о потребности медицинских учреждений в N_2O в 1997 - 1999 гг. и количества операций, выполненных в стационарах. Количество операций, выполненных в стационарах, учитывается органами Росстата (Российская, 2006 -...).

Уравнение 8.13

Выбросы N_2O от использования для анестезии

$$E_{N_2O} = EF \cdot N_{\text{операций в стационарах}},$$

где:

E_{N_2O} = выбросы N_2O в году t , тонны;

EF = эмпирический коэффициент выбросов, равный 0,1964 тонн N₂O/тысячу операций в стационарах;

N_{операций в стационарах} = количество хирургических операций, выполненных в стационарах, тысяча операций.

Использование в качестве пропеллентов в аэрозолях, в основном в пищевой промышленности

Данные о суммарном количестве N₂O, поставленного для каждого типа применения, следует брать у производителей и дистрибьюторов N₂O-содержащей продукции.

8.4.2.3 Полнота

В эффективной практике рекомендуется регулярно проверять, все ли дистрибьюторы N₂O для использования в медицинских учреждениях учтены. Рекомендуется также, по мере возможности, учитывать ввоз и вывоз из региона пищевой продукции, содержащей N₂O.

8.4.3 Оценка неопределенностей

Неопределенности коэффициентов выбросов

В литературе широко распространено мнение о том, что N₂O, вдыхаемый пациентом в процессе анестезии, участвует в обмене веществ. N₂O, постоянно поступающий в организм через легкие, растворяется в крови. Порция вдоха, которая не растворилась в крови, выделяется в атмосферу при следующем выдохе. Усвоение N₂O пациентом вначале высокое, затем быстро падает приблизительно по экспоненциальной зависимости от времени. Логично было бы предположить, что весь назначенный пациенту N₂O со временем возвращается в атмосферу и коэффициент выбросов равен 1,0. Это допущение принимается из практических соображений, поскольку надежных данных по этому вопросу нет. Ошибка в коэффициенте выбросов, возникающая в связи с этим допущением, будет очень мала по сравнению с другими неопределенностями.

N₂O, применяемый в качестве пропеллента в аэрозолях, по-видимому, не реагирует в процессе использования. Поэтому было бы разумно принять коэффициент выбросов, равный 1,0; при этом возможная ошибка в коэффициенте выбросов будет очень мала по сравнению с другими неопределенностями.

Неопределенности данных о деятельности

Неопределенности данных о количестве N₂O, поставленного для каждого типа применения, полученные от производителей и дистрибьюторов N₂O-содержащей продукции, могут меняться в широких пределах. Если оценки неопределенностей можно получить у производителей и дистрибьюторов, то их следует использовать. В противном случае можно использовать экспертные оценки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ABARUS Market Research Российский рынок пенополистирольной и пенополиуретановой теплоизоляции, Москва, 2010.

2. Айрапетов Г.А., Безродный О.К., Жолобов А.Л. и др. "Строительные материалы: учебно-справочное пособие". Феникс, Ростов-на-Дону, 2005.

3. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии: Учебник для вузов. М.: Химия, 1999. 472 с.: ил. ISBN 5-7245-1133-9.

4. Бирюлев Г.Н., Гонюх В.М., Корнилов А.В. "Минеральное сырье. Сырье стекольное". Справочник. М., ЗАО "Геоинформмарк", 1999.

5. Волков В.И., Созуракова С.Д. Исследование и анализ современного состояния потребления в РФ диоксида титана с разработкой прогноза потребления до 2005 г. М.: ОАО "НИИТЭХИМ", 2003. С. 13.

6. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия, ИКЦ "Академкнига", Москва, 2005.

7. Гольдштейн Р. Химическая переработка нефти. Второе исправленное дополненное издание. Пер. с англ. кхн Н.С. Дабагова. под ред. В.И. Исагулянца. М.: Изд-во иностранной литературы, 1961.

8. ГОСТ 23671-79 Известняк для стекольной промышленности (кусковой).

9. ГОСТ 23672-79 Доломит для стекольной промышленности (кусковой и молотый).

10. Дружинина Ю.А., Глазко И.Л., Леванова С.В. Переработка капролактамысодержащих стоков в адипиновую кислоту//Экология и промышленность России. 2008, Ноябрь, С. 7 - 9.

11. Зайцев И.Д., Ткач Г.А., Стоев Н.Д. Производство соды. М.: Химия, 1986, 312 с.

12. Золотарев П., Павлов И. Обзор российского рынка аммиака. The chemical Journal, Февраль 2003. С. 58 - 60.

13. Коломиец М., Михайлова Л. Рынок кальцинированной соды: состояние и прогнозы. The chemical Journal, Октябрь - ноябрь 2005, С. 28 - 32.

14. Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2006. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 г. Подготовлены Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. С. Игглестона, Л. Буэндиа, К. Мива, Т. Нгара и К. Танабе. Т. 1 - 5. ИГЕС, Япония (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html>).

15. Мельников Е.Я., Салтанова В.П., Наумова А.М., Блинова Ж.С. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений: Учебник для техникумов. М.: Химия, 1983, 432 с. ил.

16. Михайлов В. Короли глиоксаля//Эксперт-Сибирь. N 21 (333), 2012. доступно online: <http://expert.ru/siberia/2012/21/koroli-glioksalya/?n=87778>.

17. ОАО "Волжский абразивный завод". Годовой отчет за 2007 год. 2008, 19 с.

18. Обзор рынка азотной кислоты в СНГ. ИнфоМайн, Москва, 2006.

19. Обзор рынка аммиака в СНГ. ИнфоМайн. Москва, 2013.
20. Обзор рынка кальцинированной соды в СНГ. ИнфоМайн. Москва, 2008.
21. ОСТ 1485-82 Доломит обожженный металлургический.
22. Российская Федерация, 2006 -... Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. М., 2006 -... (http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php).
23. Рынок азотной кислоты в России: обзор и прогноз до 2016. МА ROIF Expert. Выпуск сентябрь 2014, 34 с.
24. Рынок карбида кальция в России: обзор и прогноз. МА ROIF Expert. Выпуск сентябрь 2014, 26 с.
25. Рынок этилена в России: обзор и прогноз до 2016. МА ROIF Expert. Выпуск апрель 2014, 24 с.
26. Сементовский Ю.В. Бобрикова Е.В. Минеральное сырье. Доломит. Справочник. Москва, ЗАО "Геоинформмарк", 1998.
27. Сементовский Ю.В., Минеральное сырье. Известняк. Справочник. Москва, ЗАО "Геоинформмарк", 1999.
28. ТУ 14-8-232-77 Доломит дробленый для производства конвертерных огнеупоров.
29. Фримантл М. Химия в действии. В 2-х ч. Ч. 1: Пер. с англ. М.: Мир, 1998 - 528 с.
30. Шишкин А.В. Карбонатные породы. В сб. "Неметаллические полезные ископаемые СССР". Москва, Недра, 1984, с. 195 - 207.

Приложение

РАБОЧИЕ ФОРМУЛЯРЫ

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Минеральная промышленность - производство цемента		
Код категории	2А1		
Лист	1 из 2		
Тип цементной	А	В	С

продукции <1>	Масса данного типа цементной продукции	Доля клинкера в цементе	Масса клинкера в данном типе цементной продукции
	(тонн)	(доля)	(тонн)
			$C = A * B$
Всего:			
<1> Вставьте дополнительные строки, если производится два или несколько типов цемента.			

Сектор		Промышленные процессы и использование продукции			
Категория		Минеральная промышленность - производство цемента			
Код категории		2A1			
Лист		2 из 2			
D	E	F	G	H	I
Ввоз по потреблению клинкера	Вывоз клинкера	Масса производимого клинкера	Коэффициент выброса для клинкера в конкретном цементе	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
(тонн)	(тонн)	(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн клинкера)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
		$F = C - D + E$		$H = F * G$	$I = H / 10^3$

Сектор		Промышленные процессы и использование продукции		
Категория		Минеральная промышленность - производство извести		
Код категории		2A2		
Лист		1 из 1		
Тип извести <1>, <2>	A	B	C	D
	Масса извести	Коэффициент выбросов при	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂

		производстве извести		
	(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн извести)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Всего:				

<1> Вставьте дополнительные строки, если производится два или несколько типов извести.

<2> Когда информация по конкретному региону о производстве извести по типам недоступна, применить коэффициент выбросов по умолчанию к данным по производству извести.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Минеральная промышленность - производство стекла			
Код категории	2A3			
Лист	1 из 1			
A	B	C	D	E
Всего производство стекла	Коэффициент выбросов при производстве стекла	Среднегодовая пропорция стеклобоя	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн стекла)	(доля)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$D = A * B * (1 - C)$	$E = D / 10^3$

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Минеральная промышленность - Другие процессы с использованием карбонатов <1>			
Код категории	2A4			
Лист	1 из 1			
Тип использования	A	B	C	D

	Масса потребляемого карбоната	Коэффициент выбросов для используемого карбоната <3>, <4>	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн)	(тонн CO ₂ / тонн карбоната)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Керамика				
Другие виды использования кальцинированной соды				
Неметаллургическое производство магнезии				
Прочее <2>				

<1> Известняк и другие карбонатные материалы, также потребляемые в различных других отраслях, не рассматриваются в [главе 2](#) раздела "Энергетика". Примеры включают карбонаты, используемые в качестве флюсов и зашлакованности агентов при плавке металлов и рафинировании (например, при производстве чугуна и стали и цветных металлов, таких как медь), и в химической промышленности (например, при производстве удобрений). Методы, описанные здесь, для оценки выбросов от использования карбонатов применимы к этим, а также другим отраслям промышленности. Эффективная практика заключается в том, чтобы разделять выбросы от использования известняка, доломита и других карбонатов по категориям промышленных источников, где они происходят (например, производство железа и стали).

<2> Эта строка должна содержать оценки выбросов, которые не вписываются ни в один из основных источников, представленных в [таблице 2.9](#) в главе 2. Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.

<3> Для метода уровня 1, то в соответствии с эффективной практикой составители кадастра должны предположить, что 85 процентов карбонатов являются известняками и 15 процентов карбонатов являются доломитами. Для метода уровня 1, для использования кальцинированной соды (Другие потребители кальцинированной соды), это соотношение по умолчанию (0,85:0,15), не должно применяться, так как следует использовать значение по умолчанию для карбоната натрия. (По умолчанию коэффициенты выбросов для различных карбонатов приведены в [таблице 2.1](#) в главе 2.)

<4> Предполагается, что составители кадастра должны гарантировать, что данные о карбонатах отражают чистые карбонаты, а не карбонатные породы. Если имеются данные только по карбонатным породам, чистота по умолчанию принимается равной 95%. Для глин содержание карбоната по умолчанию принимается равным 10%, если не имеется другой информации.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - производство аммиака			
Код категории	2В1			
Лист	1 из 2			
А	В	С	Д	Е
Количество аммиака	Необходимые потребности в топливе для производства аммиака	Содержание углерода в топливе	Коэффициент окисления углерода топлива	Генерируется CO ₂
(тонн)	(GJ/тонн амиака)	(кг C/GJ)	(доля)	(кг CO ₂)
				$E = (A * B * C * D) * 44/12$

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность - производство аммиака		
Код категории	2В1		
Лист	2 из 2		
Ф	Г	Н	И
Количество полученной мочевины	Взято CO ₂ для получения мочевины	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
(кг)	(кг CO ₂)	(кг CO ₂)	(Гг CO ₂)
	$G = F * 44 / 60$	$H = E - G$	$I = H / 10^6$

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность - Производство азотной кислоты		
Код категории	2В2		
Лист	1 из 1		
А	В	С	Д

Количество произведенной азотной кислоты	Коэффициент выбросов	Выбросы N ₂ O	Выбросы N ₂ O
(тонн)	(кг N ₂ O/тонн азотной кислоты)	(кг)	(Гг)
		$C = A * B$	$D = C / 10^6$

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность - Производство адипиновой кислоты		
Код категории	2В3		
Лист	1 из 1		
A	B	C	D
Количество произведенной адипиновой кислоты	Коэффициент выбросов	Выбросы N ₂ O	Выбросы N ₂ O
(тонн)	(кг N ₂ O/тонн адипиновой кислоты)	(кг)	(Гг)
		$C = A * B$	$D = C / 10^6$

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство капролактама, глиоксаля и глиоксиловой кислоты			
Код категории	2В4			
Лист	1 из 1			
Химикат	A	B	C	D
	Количество произведенных химикатов	Коэффициент выбросов	Выбросы N ₂ O	Выбросы N ₂ O
	(тонн)	(кг N ₂ O/тонн	(кг)	(Гг)

		химикатов)		
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
Капролактамы				
Глиоксаль				
Глиоксиловая кислота				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство карбида			
Код категории	2B5			
Лист	1 из 6 CO ₂ Выбросы (расчет на основе используемого сырья)			
Тип производимого карбида	A	B	C	D
	Потребление сырья (нефтяной кокс)	Коэффициент выбросов <1>	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн используемого сырья)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Карбид кремния (SiC)				
Карбид кальция (CaC ₂)				
<p><1> Коэффициент выбросов должен быть скорректирован для учета углерода, содержащегося в продукте. Смотрите раздел 3.6.2.1.</p> <p>Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (1 из 6), или следующий лист (2 из 6), но не оба.</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство карбида			
Код категории	2B5			
Лист	2 из 6 CO ₂ Выбросы (расчет на основе используемого сырья)			

Тип производимого карбида	A	B	C	D
	Производство карбида	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн используемого сырья)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Карбид кремния (SiC)				
Карбид кальция (CaC ₂)				
Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (2 из 6), или предыдущий лист (1 из 6), но не оба.				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство карбида			
Код категории	2B5			
Лист	3 из 6 CO ₂ Выбросы от использования CaC ₂ в производстве ацетилена			
A	B	C	D	
Карбид кальция используемый в производстве ацетилена	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂	
(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн используемого карбида)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)	
		$C = A * B$	$D = C / 10^3$	

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство карбида			
Код категории	2B5			
Лист	4 из 6 CO ₂ Выброс (Всего)			
A	B	C	D	

Выбросы CO ₂ от производства карбида кремния (SiC)	Выбросы CO ₂ от производства карбида кальция (CaC ₂)	Выбросы CO ₂ от использования CaC ₂ в производстве ацетилена	Всего выбросы CO ₂
(Гг CO ₂)	(Гг CO ₂)	(Гг CO ₂)	(Гг CO ₂)
Из D в Лист 1 из 6 или D в Лист 2 из 6	Из D в Лист 1 из 6 или D в Лист 2 из 6	Из D в лист 3 из 6	D = A + B + C

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность - Производство карбида		
Код категории	2B5		
Лист	5 из 6 CH ₄ Выбросы от производства карбида кремния (SiC) (расчет, основанный на используемом сырье)		
A	B	C	D
Расход сырья (нефтяной кокс)	Коэффициент выбросов	Выбросы CH ₄	Выбросы CH ₄
(тонн)	(кг CH ₄ /тонн используемого сырья)	(кг)	(Гг)
		$C = A * B$	$D = C / 10^6$
Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (5 из 6), или следующий лист (6 из 6), но не оба.			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность - Производство карбида		
Код категории	2B5		
Лист	6 из 6 CH ₄ Выбросы от производства карбида кремния (SiC) (расчет на основе производства карбида)		
A	B	C	D
Произведено карбида	Коэффициент выбросов	Выбросы CH ₄	Выбросы CH ₄
(тонн)	(кг CH ₄ /тонн произведенного карбида)	(кг)	(Гг)

		$C = A * B$	$D = C / 10^6$
Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (6 из 6) или предыдущий лист (5 из 6), но не оба.			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство диоксида титана			
Код категории	2В6			
Лист	1 из 1			
Тип продукции	A	B	C	D
	Объем производства	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн продукта)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Титановый шлак				
Синтетический рутил				
Рутиловый TiO ₂				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство кальцинированной соды			
Код категории	2В7			
Лист	1 из 2 Натуральная кальцинированная сода (Расчет, основанный на использовании троны)			
A	B	C	D	
Количество использованной троны	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂	
(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн используемой	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)	

	троны)		
		$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (1 из 2), или следующий лист (2 из 2), но не оба.			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность - Производство кальцинированной соды		
Код категории	2В7		
Лист	2 из 2 Природная кальцинированная сода (расчет на основе продукции)		
А	В	С	Д
Всего произведено натуральной кальцинированной соды	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн натуральной кальцинированной соды)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
		$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Примечание: Составители кадастра должны использовать либо этот лист (2 из 2), или предыдущий лист (1 из 2), но не оба.			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2В8			
Лист	1 из 12 CO ₂ Выбросы от производства метанола			
Тип процесса/Вид сырья <1>, <2>	А	В	С	Д
	Количество произведенного метанола	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)

		произведенного метанола)		
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Тип процесса = [] (Укажите)				
Сырье = [] (Укажите)				
Тип процесса = [] (Укажите)				
Сырье = [] (Укажите)				
Всего:				
<p><1> Для получения подробной информации о типах процессов и видов сырья, табл. 3.10 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию и сырья по умолчанию см. таблицу 3.9 в главе 3.</p> <p><2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи		
Код категории	2В8		
Лист	2 из 12 CH ₄ Выбросы от производства метанола		
A	B	C	D
Количество произведенного метанола	Коэффициент выбросов	Выброс CH ₄	Выброс CH ₄
(тонн)	(кг CH ₄ /тонн произведенного метанола)	(кг)	(Гг)
		$C = A * B$	$D = C / 10^6$

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи				
Код категории	2В8				
Лист	3 из 12 CO ₂ Выбросы от производства этилена				
Вид сырья <1>,	A	B	C	D	E

<2> (укажите)	Количество произведенного этилена	Коэффициент выбросов	Географический поправочный коэффициент <3>	Выброс CO ₂	Выброс CO ₂
	(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн произведенного этилена)	(%)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
				$D = A * B * C / 100$	$E = D / 10^3$
Всего:					
<p><1> Для подробной информации по видам сырья, табл. 3.13 в главе 3. Для сырья по умолчанию см. таблицу 3.9 в главе 3.</p> <p><2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p> <p><3> Географический поправочный коэффициент для России равен 130%.</p>					

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2B8			
Лист	4 из 12 Выбросы CH ₄ от производства этилена			
Вид сырья <1>, <2> (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенного этилена	Коэффициент выбросов	Выбросы CH ₄	Выбросы CH ₄
	(тонн)	(кг CH ₄ /тонн произведенного этилена)	(кг)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
Всего:				

<1> Для подробной информации по видам сырья, [табл. 3.14](#) в главе 3. Для сырья по умолчанию см. [таблицу 3.9](#) в главе 3.

<2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2B8			
Лист	5 из 12 Выбросы CO ₂ от производства этилен-дихлорида и винилхлорида мономера			
Тип процесса <1>, <2> (укажите)	А	В	С	Д
	Количество произведенных этилен-дихлорида (EDC) и винилхлорида мономера (VCM)	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн произведенного EDC) и (тонн CO ₂ /тонн произведенного VCM)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Всего:				

<1> Для подробной информации по типам процессов, [табл. 3.15](#) в главе 3 тома 3. Для типа процесса по умолчанию см. [таблицу 3.9](#) в главе 3 тома 3.

<2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.

<3> Составители кадастра должны использовать либо EDC производство, или продукции VCM (не оба) как данные о деятельности.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2B8			
Лист	6 из 12 Выбросы CH ₄ производства этилен-дихлорида и			

винилхлорида мономера				
Тип процесса <1>, <2> (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенных этилен-дихлорида (EDC) и винилхлорида мономера (VCM) <3>	Коэффициент выбросов	Выброс CH ₄	Выброс CH ₄
Тип процесса <1>, <2> (укажите)	(тонн)	(кг CH ₄ /тонн произведенного EDC) и (кг CH ₄ /тонн произведенного VCM)	(кг)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
Всего:				
<p><1> Для подробной информации по типам процессов см. таблицы 3.9 и 3.17 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию см. таблицу 3.9 в главе 3 тома 3.</p> <p><2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p> <p><3> Составители кадастра должны использовать либо EDC производство, или производство VCM (не оба) как данные о деятельности.</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2В8			
Лист	7 из 12 Выбросы CO ₂ от производства окиси этилена			
Тип процесса <1>, <2> (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенно й окиси этилена	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн)	(кг CH ₄ /тонн	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)

		произведенной окси этилена)		
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Всего:				
<p><1> Для подробной информации по типам процессов, табл. 3.18 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию см. таблицу 3.9 в главе 3 тома 3. <2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2В8			
Лист	8 из 12 Выбросы CH ₄ от производства окиси этилена			
Тип процесса <1>, <2> (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенной окиси этилена	Коэффициент выбросов	Выбросы CH ₄	Выбросы CH ₄
	(тонн)	(кг CH ₄ /тонн произведенной окиси этилена)	(кг)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
Всего:				
<p><1> Для подробной информации по типам процессов, табл. 3.19 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию см. таблицу 3.9 в главе 3. <2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			

Код категории	2B8			
Лист	9 из 12 Выбросы CO ₂ от производства акрилонитрила			
Тип процесса <1>, <2> (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенного акрилонитрила	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн произведенного акрилонитрила)	(тонн CO ₂ /тонн акрилонитрила)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Всего:				
<p><1> Для подробной информации по типам процессов, табл. 3.20 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию, см. таблицу 3.9 в главе 3.</p> <p><2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2B8			
Лист	10 из 12 Выбросы CH ₄ от производства акрилонитрила			
Тип процесса <1>, <2> (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенного акрилонитрила	Коэффициент выбросов	Выбросы CH ₄	Выбросы CH ₄
	(тонн произведено акрилонитрила)	(кг CH ₄ /тонн произведено акрилонитрила)	(кг)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
Всего:				

<1> Для подробной информации по типам процессов, [табл. 3.21](#) в главе 3. Для типа процесса по умолчанию, см. [таблицу 3.9](#) в главе 3.

<2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2B8			
Лист	11 из 12 CO ₂ Выбросы CH ₄ от производства углеродной сажи			
Тип процесса <1>, <2> (укажите)	А	В	С	Д
	Количество произведенной углеродной сажи	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн)	(тонн CO ₂ /тонн произведенной углеродной сажи)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Всего:				

<1> Для подробной информации по типам процессов, [табл. 3.22](#) в главе 3. Для типа процесса по умолчанию, см. [таблицу 3.9](#) в главе 3.

<2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство нефтехимических продукции и углеродной сажи			
Код категории	2B8			
Лист	12 из 12 Выбросы CH ₄ от производства углеродной сажи			
Тип процесса <1>, <2> (укажите)	А	В	С	Д
	Количество произведенной углеродной сажи (тонн)	Коэффициент выбросов (кг CH ₄ /тонн произведенной угл.)	Выбросы CH ₄ (кг)	Выбросы CH ₄ (Гг)

		сажи)		
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
Всего:				
<p><1> Для подробной информации по типам процессов, табл. 3.23 в главе 3. Для типа процесса по умолчанию, см. таблицу 3.9 в главе 3.</p> <p><2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство фторсодержащих соединений			
Код категории	2В9			
Лист	1 из 3 Выбросов ГФУ-23 от производства ГХФУ-22			
A	B	C	D	
Количество произведенного ГФХУ-22 (кг)	Коэффициент выбросов (кг ГФУ-23/кг произведенного ГХФУ-22)	Выбросы ГФУ-23 (кг)	Выбросы ГФУ-23 (Гг)	
		$C = A * B$	$D = C / 10^6$	

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство фторсодержащих соединений			
Код категории	2В9			
Лист	2 из 3 Выбросы побочных продукции от производства других фторированных соединений			
Фторированные соединения, создаваемые в качестве побочного продукта или при	A	B	C	D
	Количество полученного основного фторированного соединения	Коэффициент выбросов побочного продукта <2>	Выбросы	Выбросы

получении главного фторированного соединения <1>	(кг)	(кг выбросов побочного продукта/кг полученного фторированного соединения)	(кг)	(кг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
<p><1> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо. <2> Для источников, которые не являются ключевыми категориями, летучие выбросы и выбросы побочных продукции считаются одинаковыми и эти выбросы рассчитываются с использованием следующего листа (3 из 3).</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Химическая промышленность - Производство фторсодержащих соединений			
Код категории	2В9			
Лист	3 из 3 Летучие выбросы от производства других фторированных соединений			
Производство фторированных соединений <1> (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенны х фторированны х соединений	Коэффициент выброса летучих веществ <2>	Выбросы	Выбросы
	(кг)	(кг выброшенных летучих в-в /кг фторированных соединений)	(кг)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
<p><1> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p>				

<2> Для источников, которые не являются ключевыми категориями, летучие выбросы и выбросы побочных продукции считаются одинаковыми. Для уровня 1 при отсутствии мер по снижению выбросов, для ГФУ и ПФУ принимается коэффициент выбросов по умолчанию 0,5% от производства, не считая потери при транспортировке и передаче материалов.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность - Производство чугуна и стали			
Код категории	2С1			
Лист	1 из 2 Выбросы CO ₂			
Вид сталеплавильного метода и другое	А	В	С	Д
	Количество произведенных стали и чугуна	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(т необработанной стали, чугуна, железа прямого восстановления, агломерата и окатышей)	(тонн CO ₂ /тонн продукции)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Кислородно-конвертерный				
Электродуговая печь				
Мартеновская печь				
Производство чугуна				
Производство железа прямого восстановления (DRPПроизводство)				
Производство агломерата				
Производство окатышей				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность - Производство чугуна и стали			
Код категории	2С1			
Лист	2 из 2 Выбросы CH ₄			
Тип производства	A	B	C	D
	Количество продукции	Коэффициент выбросов	Выбросы CH ₄	Выбросы CH ₄
	(тонн агломерата, железа прямого восстановления и чугуна)	(кг CH ₄ /тонн продукции)	(кг)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
Производство агломерата				
Производство железа прямого восстановления				
Производство чугуна				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность - Производство ферросплавов			
Код категории	2С2			
Лист	1 из 2 CO ₂			
Тип ферросплавов <1>, <2> (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенных ферросплавов	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн произведенных ферросплавов)	(тонн CO ₂ /тонн произведенных ферросплавов)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$

Всего:				
<1> Для подробной информации по видам ферросплавов см. таблицу 4.5 в главе 4. <2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность - Производство ферросплавов			
Код категории	2С2			
Лист	2 из 2 Выбросы CH ₄			
Тип ферросплавов <1>, <2> (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведенных ферросплавов	Коэффициент выбросов	Выбросы CH ₄	Выбросы CH ₄
	(тонн произведенных ферросплавов)	(кг CH ₄ /тонн произведенных ферросплавов)	(кг)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
Всего:				
<1> Для подробной информации по видам ферросплавов см. таблицу 4.7 в главе 4. <2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность - Производство алюминия			
Код категории	2С3			
Лист	1 из 3 Выбросы CO ₂			
Тип технологии	A	B	C	D

	Количество произведенного алюминия	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн произведенного алюминия)	(тонн CO ₂ /тонн произведенного алюминия)	(тонн)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
с предварительны м обжигом				
с использованием технологии Содерберга				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность - Производство алюминия			
Код категории	2С3			
Лист	2 из 3 Выбросы CF ₄			
Тип технологии	A	B	C	D
	Количество произведенного алюминия	Коэффициент выбросов	Выбросы CF ₄	Выбросы CF ₄
	(тонн произведенного алюминия)	(кг CF ₄ /тонн произведенного алюминия)	(кг)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
CWPB				
SWPB				
VSS				
HSS				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность - Производство алюминия			
Код категории	2С3			
Лист	3 из 3 Выбросы C ₂ F ₆			
Тип технологии	А	В	С	Д
	Количество произведенного алюминия	Коэффициент выбросов	Выбросы C ₂ F ₆	Выбросы C ₂ F ₆
	(тонн произведенной продукции)	(кг C ₂ F ₆ /тонн произведенной продукции)	(кг)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
CWPB				
SWPB				
VSS				
HSS				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность - Производство магния			
Код категории	2С4			
Лист	1 из 2 Выбросы CO ₂ от первичного производства			
Источник сырья	А	В	С	Д
	Количество первично произведенного магния	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн первично произведенного магния)	(тонн CO ₂ /тонн первично произведенного магния)	(тонн)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Доломит				

Магнезит				
Всего:				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Металлургическая промышленность - Производство магния		
Код категории	2С4		
Лист	2 из 2 Выбросы SF ₆ в процессе литья магния		
А	В	С	Д
Количество литой магнезии	Коэффициент выбросов	Выбросы SF ₆	Выбросы SF ₆
(тонн)	(кг SF ₆ /тонн литой магнезии)	(кг)	(Гг)
		$C = A * B$	$D = C / 10^6$
<p>Примечание: Для выбросов HFC 134-а, FK 5-1-12 и их продукции разложения (например, ПФУ) подхода по уровню 1 не представлено, учитывая ограниченное их использование при производстве магния. Однако если данная категория является ключевой, то эффективная практика заключается в сборе данных прямых измерений выбросов этих парниковых газов.</p>			

Сектор	Металлургическая промышленность			
Категория	Металлургическая промышленность - Производство свинца			
Код категории	2С5			
Лист	1 из 1			
Вид источников и печей <1>, <2> (укажите)	А	В	С	Д
	Всего произведено свинца	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн свинца произведено)	(тонн CO ₂ /тонн свинца произведено)	(тонн)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$

Всего:				
<p><1> Для получения подробной информации о видах источников и печей см. табл. 4.21 в главе 4.</p> <p><2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Металлургическая промышленность - Производство цинка			
Код категории	2С6			
Лист	1 из 1			
Тип процесса <1>, <2> (укажите)	A	B	C	D
	Количество произведено цинка	Коэффициент выбросов	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
	(тонн цинка произведено)	(тонн CO ₂ /тонн цинка произведено)	(тонн)	(Гг)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Всего:				
<p><1> Для подробной информации по видам процессов см. табл. 4.24 в главе 4.</p> <p><2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Использование неэнергетических продукции из топлива и растворителей			
Код категории	2D1			
Лист	1 из 1			
A	B	C	D	E
Количество потребляемых смазочных материалов	Содержание углерода в смазочных материалах	Доля окисленных во время использования	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂

		(Коэффициент ODU)		
(TJ)	(тонн-С/TJ)	(доля)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$D = A * B * C * 44/12$	$E = D / 10^3$

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Неэнергетические продукты от использования топлива и растворителей - использование смазочных материалов			
Код категории	2D2			
Лист	1 из 1			
A	B	C	D	E
Количество потребляемых твердых парафинов	Содержание углерода в твердых парафинах	Доля окисленных во время использования (коэффициент ODU)	Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂
(TJ)	(тонн-С/TJ)	(доля)	(тонн CO ₂)	(Гг CO ₂)
			$D = A * B * C * 44/12$	$E = D / 10^3$

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Электронная промышленность - Интегральные схемы и полупроводники				
Код категории	2E1				
Лист	1 из 1				
Фторированные соединения (FCs)	A	B	C	D	E
	Доля ежегодных производственных мощностей	Годовая проектная мощность производства <1>	Коэффициент выбросов FC по умолчанию	CO ₂ Экв. Коэффициент преобразов	Выбросы FC <4>

	завода <1>		ю Уровня 1 <2>	ания <3>	
	(доля)	(Гм обрабатываем ого кремния)	(кг FC/м ² обрабатыв аемого кремния)	(тонн CO ₂ /тонн FC)	(Гг CO ₂ экв.)
					$E = A * B * C * D * 10^3$
	CF ₄		0,9		
	C ₂ F ₆		1		
	CHF ₃		0,04		
	C ₃ F ₈		0,05		
	NF ₃		0,04		
	SF ₆		0,2		
	Всего:				

<1> То же самое значение должно быть введено в каждой строке.

<2> При использовании уровня 1 составители кадастров не должны изменять список фторированных соединений, приведенных здесь. Оценки, выполненные в соответствии с уровнем 1, не должны быть скомбинированы с оценками уровня 2 или 3. Значения коэффициентов выбросов не должны быть изменены.

<3> Обычно применяются потенциалы глобального потепления (100-летний период) в соответствии с оценочным докладом МГЭИК. Эти коэффициенты должны быть такими же, как те, которые используются в других секторах и категориях для согласованности кадастра.

<4> Метод уровня 1, в отличие от уровня 3 или 2, разработан для совокупной оценки выбросов фторированных соединений, хотя методология представлена для оценки выбросов по каждому газу.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Электронная промышленность - Плоскопанельные TFT дисплеи				
Код категории	2E2				
Лист	1 из 1				
Фторированные соединения (FCs)	A	B	C	D	E
	Доля ежегодных	Годовая проектная	Коэффициент	CO ₂ Экв.	Выбросы FC <4>

	производственных мощностей завода <1>	мощность производства <1>	выбросов FC по умолчанию Уровня 1 <2>	Коэффициент преобразования <3>	
	(доля)	(Гм ² обработанного стекла)	(г FC/м ² обработанного стекла)	(тонн CO ₂ /тонн FC)	(Гг CO ₂ экв.)
					$E = A * B * C * D$
CF ₄			0,5		
NF ₃			0,9		
SF ₆			4		
Всего:					

<1> То же самое значение должно быть введено в каждой строке.

<2> При использовании уровня 1 составители кадастров не должны изменять список фторированных соединений, приведенных здесь. Оценки, выполненные в соответствии с уровнем 1, не должны быть скомбинированы с оценками уровня 2 или 3. Значения коэффициентов выбросов не должны быть изменены.

<3> Обычно применяются потенциалы глобального потепления (100-летний период) в соответствии с оценочным докладом МГЭИК. Эти коэффициенты должны быть такими же, как те, которые используются в других секторах и категориях для согласованности кадастра.

<4> Метод уровня 1, в отличие от уровня 3 или 2, разработан для совокупной оценки выбросов фторированных соединений, хотя методология представлена для оценки выбросов по каждому газу.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Электронная промышленность - Фотоэлементы		
Код категории	2E3		
Лист	1 из 2		
	A	B	C
Фторированные компоненты (FCs)	Доля ежегодных производственных мощностей завода <1>	Годовая проектная мощность производства <1>	Доля производства PV, который использует фторированные соединения

	(Доля)	(Мм ² обработанного субстрата)	(доля)
C ₂ F ₆			
Всего:			
<1> То же самое значение должно быть введено в каждой строке.			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Электронная промышленность - Фотоэлементы		
Код категории	2E3		
Лист	2 из 2		
Фторированные компоненты (FCs)	D	E	F
	Уровень коэффициент выбросов FC по умолчанию <1>	CO ₂ экв. Коэффициент преобразования <2>	Выбросы FC <3>
	(г FC/м обработанного субстрата)	(тонн CO ₂ /тонн FC)	(Гг CO ₂ экв.)
			$F = A * B * C * D * E / 10^3$
CF ₄	5		
C ₂ F ₆	0,2		
Всего:			
<p><1> При использовании уровня 1 составители кадастров не должны изменять список фторированных соединений, приведенных здесь. Оценки, выполненные в соответствии с уровнем 1, не должны быть скомбинированы с оценками уровня 2 или 3. Значения коэффициентов выбросов не должны быть изменены.</p> <p><2> Обычно применяются потенциалы глобального потепления (100-летний период) в соответствии с оценочным докладом МГЭИК. Эти коэффициенты должны быть такими же, как те, которые используются в других секторах и категориях для согласованности кадастра.</p> <p><3> Метод уровня 1, в отличие от уровня 3 или 2, разработан для совокупной оценки выбросов фторированных соединений, хотя методология представлена для оценки выбросов по каждому газу.</p>			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Электронная промышленность - Теплопроводная жидкость				
Код категории	2E4				
Лист	1 из 1				
Фторированные компоненты (FCs)	A	B	C	D	E
	Доля ежегодных производственных мощностей завода	Годовая проектная мощность производства	Уровень 1 коэффициент выбросов FC по умолчанию <1>	CO ₂ Экв. Коэффициент преобразования <2>	Выбросы FC <3>
	(доля)	(Гм ² потребляемого кремния)	(кг C ₆ F ₁₄ /м ² потребляемого кремния)	(тонн CO ₂ /тонн C ₆ F ₁₄)	(Гг CO ₂ экв.)
					$E = A * B * C * D * 10^3$
C ₆ F ₁₄			0,3		
<p><1> Коэффициент выбросов по умолчанию предполагает, что теплоносители имеют одинаковые потенциалы глобального потепления и C₆F₁₄ представляет удовлетворительное приближенное значение. Составители кадастров не должны изменять это значение при использовании уровня 1.</p> <p><2> Обычно применяются потенциалы глобального потепления (100-летний период) в соответствии с оценочным докладом МГЭИК. Эти коэффициенты должны быть такими же, как те, которые используются в других секторах и категориях для согласованности кадастра.</p> <p><3> Метод уровня 1, в отличие от уровня 3 или 2, разработан для совокупной оценки выбросов фторированных соединений, хотя методология представлена для оценки выбросов по каждому газу.</p>					

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ - Охлаждение и кондиционирование воздуха			
Код категории	2F1			
Лист	1 из 1			
ГФУ/ПФУ	A	B	C	D

(укажите)	Банк в год кадастра <1>	Средний коэффициент выбросов от установленной базы	Агент в списанном оборудовании в год кадастра	Выбросы в год кадастра
	(тонн)	(%)	(тонн)	(тонн)
				$D = A * B / 100 + C$
ГФУ-23				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ - Пенообразователи			
Код категории	2F2			
Лист	1 из 1			
ГФУ/ПФУ (укажите)	A	B	C	D
	Действительный заряд за каждый предыдущий год <1>	Коэффициент выбросов годовых потерь	Потери первого года в год кадастра <1>	Выбросы в год кадастра
	(тонн)	(%)	(тонн)	(тонн)
				$D = A * B / 100 + C$
ГФУ-245fa				
<p><1> Подробнее по коэффициенту потерь первого года см. табл. 7.4 и 7.5 в главе 7. Для пен с открытыми порами потери первого года обычно принимаются равными 100%.</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ - Противопожарная защита			
Код категории	2F3			

Лист	1 из 1				
ГФУ/ПФУ (укажите)	А	В	С	Д	Е
	Банк в год кадастра	Средний коэффициент выбросов от установленной базы	Агент в списанном оборудовании в год кадастра	Доля восстановленного агента в списанном оборудовании	Выбросы в год кадастра
	(тонн)	(%)	(тонн)	(%)	(тонн)
					$E = A * B / 100 + C * (1 - D / 100)$
ГФУ-23					

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ - Аэрозоли				
Код категории	2F4				
Лист	1 из 1				
А	В	С	Д	Е	
Количество ГФУ/ПФУ, содержащееся в аэрозольной продукции, проданной в год кадастра	Количество ГФУ/ПФУ, содержащееся в аэрозольной продукции, проданной за предыдущие годы	Коэффициент выбросов (Потери от использования за текущий год)	Выбросы ГФУ/ПФУ от аэрозольной продукции	Выбросы ГФУ/ПФУ от аэрозольной продукции	
Химикат <1>, <2> (укажите)	(тонн)	(тонн)	(доля)	(тонн)	(Гг)
				$D = A * C + B * (1 - C)$	$E = D / 10^3$

<p><1> Химические вещества, которые используются для этого, см. таблицу 7.1 в главе 7.</p> <p><2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p>					

Сектор		Промышленные процессы и использование продукции			
Категория		Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ - Растворители			
Код категории		2F5			
Лист		1 из 1			
А		В	С	Д	Е
Количество растворителей (ГФУ/ПФУ), проданных в год кадастра		Количество растворителей (ГФУ/ПФУ), которые проданы в предыдущий год	Коэффициент выбросов (Потери от использования за текущий год)	Выбросы ГФУ/ПФУ от растворителей	Выбросы ГФУ/ПФУ от растворителей
Химикат <1>, <2>	(тонн)	(тонн)	(доля)	(тонн)	(Гг)
(укажите)				$D = A * C + B * (1 - C)$	$E = D / 10^3$

<p><1> Химические вещества, которые используются для этого, см. таблицу 7.1 в главе 7.</p> <p><2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p>					
--	--	--	--	--	--

Сектор		Промышленные процессы и использование продукции			
Категория		Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ - Другие применения			
Код категории		2F6			
Лист		1 из 1			
А		В	С	Д	Е

Количество ГФУ/ПФУ, проданное в год кадастра		Количество ГФУ/ПФУ, проданных в предыдущий год	Коэффициент выбросов (Потери от использования за текущий год)	Выбросы ГФУ/ПФУ от других применений	Выбросы ГФУ/ПФУ от других применений
Химикат <1>, <2>	(тонн)	(тонн)	(доля)	(тонн)	(Гг)
(укажите)				$D = A * C + B * (1 - C)$	$E = D / 10^3$
<1> Химические вещества, которые используются для этого, см. таблицу 7.1 в главе 7. <2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.					

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Производство и использование других продукции - Электрооборудование		
Код категории	2G1		
Лист	1 из 5 Производственные выбросы SF ₆ <1>		
Тип оборудования	A	B	C
	Общее потребление SF ₆ производителями оборудования	Коэффициент выбросов при производстве <2>	Производственные выбросы
	(тонн SF ₆)	(доля)	(тонн SF ₆)
			$C = A * B$
Герметизированное электрооборудование			
Закрытое электрооборудование			
Трансформаторы			

с газовой изоляцией			
Всего:			
<p><1> Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета. <2> Коэффициенты выбросов по умолчанию зависят от региона, для которого оцениваются выбросы. См. таблицы с 8.1 по 8.3 в главе 8.</p>			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Производство и использование других продукции - Электрооборудование		
Код категории	2G1		
Лист	2 из 5 Выбросы SF ₆ от установки электрооборудования <1>		
Тип оборудования	D	E	F
	Суммарная паспортная мощность нового оборудования, заполняемая на месте установки	Коэффициент выбросов при монтаже <2>	Выбросы от установки оборудования
	(тонн SF ₆)	(доля)	(тонн SF ₆)
			$F = D * E$
Герметизированное электрооборудование			
Закрытое электрооборудование			
Трансформаторы с газовой изоляцией			
Всего:			
<p><1> Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета. <2> Коэффициенты выбросов по умолчанию зависят от региона, для которого оцениваются выбросы. См. таблицы с 8.1 по 8.3 в главе 8.</p>			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции
Категория	Производство и использование других продукции -

	Электрооборудование		
Код категории	2G1		
Лист	3 из 5 Выбросы SF ₆ от использования электрооборудования <1>		
Тип оборудования	G	H	I
	Суммарная паспортная мощность нового оборудования, заполняемая на месте установки	Коэффициент выбросов при использовании <2>, <3>	Выбросы при использовании оборудования
	(тонн SF ₆)	(доля)	(тонн SF ₆)
			$I = G * H$
Герметизированное электрооборудование			
Закрытое электрооборудование			
Трансформаторы с газовой изоляцией			
Всего:			
<p><1> Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета.</p> <p><2> Коэффициенты выбросов по умолчанию зависят от региона, для которого оцениваются выбросы. См. таблицы с 8.1 по 8.3 в главе 8. Коэффициент выбросов включает выбросы, связанные с утечкой, обслуживанием, техническим обслуживанием и отказами оборудования.</p>			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Производство и использование других продукции - Электрооборудование		
Код категории	2G1		
Лист	4 из 5 Выбросы SF ₆ от утилизации электрооборудования		
Тип оборудования	J	K	L
	Суммарная паспортная мощность нового оборудования, заполняемая	Доля SF ₆ , сохраняющегося при утилизации <2>	Выбросы от утилизации оборудования

	на месте		
	(тонн SF ₆)	(доля)	(тонн SF ₆)
			$L = J * K$
Герметизированное электрооборудование			
Закрытое электрооборудование			
Трансформаторы с газовой изоляцией			
Всего:			
<p><1> Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета. <2> Коэффициенты выбросов по умолчанию зависят от региона, для которого оцениваются выбросы. См. таблицы с 8.1 по 8.3 в главе 8.</p>			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции	
Категория	Производство и использование других продукции - Электрооборудование	
Код категории	2G1	
Лист	5 из 5 Суммарные выбросы SF ₆ <1>	
Тип оборудования	M	N
	Выбросы всего	Выбросы всего
	(тонн SF ₆)	(Гг SF ₆)
	$M = C + F + I + L$	$N = M / 10^3$
Герметизированное электрооборудование		
Закрытое электрооборудование		
Трансформаторы		

с газовой изоляцией		
Всего:		
<1> Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета.		

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Производство и использование других продукции - SF ₆ и ПФУ от других видов использования продукции				
Код категории	2G2				
Лист	1 из 6 Выбросы SF ₆ из университетских и научно-исследовательских ускорителей частиц				
A	B	C	D	E	F
Количество университетских и научно-исследовательских ускорителей частиц в регионе	Коэффициент использования SF ₆	SF ₆ Коэффициент заряда	Коэффициент выбросов SF ₆	Выбросы SF ₆	Выбросы SF ₆
(количество)	(доля)	(кг SF ₆ /ускоритель частиц)	(доля)	(кг)	(кг)
				$E = A * B * C * D$	$F = E / 10^6$

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Производство и использование других продукции - SF ₆ и ПФУ от других видов использования продукции				
Код категории	2G2				
Лист	2 из 6 Выбросы SF ₆ от промышленных и медицинских ускорителей частиц				
Описание процесса	A	B	C	D	E
	Количество ускорителей частиц,	Коэффициент заряда SF ₆	Коэффициент выбросов	Выбросы SF ₆	Выбросы SF ₆

	которые используют SF ₆		SF ₆		
	(количество)	(кг SF ₆ /ускоритель частиц)	(доля)	(кг)	(Гг)
				$D = A * B * C$	$E = D / 10^6$
Промышленные ускорители (высокого напряжения: 0,3 - 23 MV)					
Промышленные ускорители (низкого напряжения: < 0,3 В)					
Медицинские					
Всего:					

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Производство и использование других продукции - SF ₆ и ПФУ от других видов использования продукции		
Код категории	2G2		
Лист	3 из 6 Выбросы SF ₆ <1> от адиабатических систем		
Тип использования <2>, <3> (укажите)	A	B	C
	Продажи для заполнения в году t - 3	Выбросы SF ₆ в год t	Выбросы SF ₆ в год t
	(тонн)	(тонн)	(Гг)
		$B = A$	$C = B / 10^3$
Всего:			

<1> Выбросы ПФУ можно оценить по той же методике расчета.

<2> Например, автомобильные шины, спортивные обувные подошвы и теннисные мячи.

<3> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции				
Категория	Производство и использование других продукции - SF ₆ и ПФУ от других видов использования продукции				
Код категории	2G2				
Лист	4 из 6 SF ₆ Выбросы от звукоизоляционного остекления				
А	В	С	Д	Е	Ф
Покупки SF ₆ для заполнения окон в год кадастра	Коэффициент выбросов при заполнении	Выбросы при заполнении	Емкость существующих окон в год кадастра	Коэффициент выбросов утечек	Выбросы при утечке
(тонн SF ₆)	(доля)	(тонн SF ₆)	(тонн SF ₆)	(доля)	(тонн SF ₆)
		$C = A * B$			$F = D * E$

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Производство и использование других продукции - SF ₆ и ПФУ от других видов использования продукции			
Код категории	2G2			
Лист	5 из 6 SF ₆ Выбросы от звукоизоляционного остекления			
Г	Н	И	Ж	К
Количество, оставшееся в окне к концу срока службы (удаление в отходы в год кадастра)	Коэффициент извлечения <1>	Выбросы от удаления в отходы	Всего выбросы	Всего выбросы
(тонн SF ₆)	(доля)	(тонн SF ₆)	(тонн SF ₆)	(Гг SF ₆)
		$I = G * (1 - H)$	$J = C + F + I$	$K = J / 10^3$

<1> Предполагается равной нулю, если не имеется Ф-фактор восстановления по конкретному региону.

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции			
Категория	Производство и использование других продукции - SF ₆ и ПФУ от других видов использования продукции			
Код категории	2G2			
Лист	6 из 6 Выбросы SF ₆ и ПФУ от других видов применения			
Тип применения <1>, <2> (укажите)	А	В	С	Д
	Количество, проданное в году t	Количество, проданное в году t - 1	Выбросы в год t	Выбросы в год t
	(тонн)	(тонн)	(тонн)	(Гг)
			$C = 0,5 * (A + B)$	$D = C / 10^3$
Всего:				
<p><1> Например, индикаторы и использование в производстве оптических кабелей. <2> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.</p>				

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции		
Категория	Производство и использование других продукции - N ₂ O от использования продукции		
Код категории	2G3		
Лист	1 из 2		
Тип применения	А	В	С
	Количество поставок N ₂ O в году t для данного вида применения	Количество поставок N ₂ O в году t - 1 для данного вида применения	Коэффициент выбросов
	(тонн)	(тонн)	(доля)

Медицинское применение			
Пропеллент в аэрозольной продукции			
Прочее (укажите) <1>			
Всего:			
<1> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.			

Сектор	Промышленные процессы и использование продукции	
Категория	Производство и использование других продукции - N ₂ O от использования продукции	
Код категории	2G3	
Лист	2 из 2	
Тип применения	D	E
	Выбросы N ₂ O	Выбросы N ₂ O
	(тонн)	(Гг)
	$D = (0,5 * A + 0,5 * B) * C$	$E = D / 10^3$
Медицинское применение		
Пропеллент в аэрозольной продукции		
Прочее (укажите) <1>		
Всего:		
<1> Вставьте дополнительные строки, если это необходимо.		

Часть IV. Сельское хозяйство

ВВЕДЕНИЕ

В данной части методических рекомендаций содержатся рекомендации по проведению инвентаризации парниковых газов в секторе сельского хозяйства. Рассматриваются выбросы парниковых газов в животноводстве и растениеводстве. Выбросы, связанные с животноводством, включают выбросы метана (CH₄) от процессов внутренней ферментации сельскохозяйственных

животных, а также выбросы CH_4 и закиси азота (N_2O) от систем сбора, хранения и использования навоза. К выбросам, происходящим в растениеводстве, относятся:

- выбросы N_2O от обрабатываемых почв;
- выбросы CH_4 от рисовых полей;
- выбросы парниковых газов при контролируемом сжигании остатков культурных растений, оставленных на полях;
- выбросы CO_2 при известковании почв.

Приведены методы различных уровней, применяемые для выполнения оценок выбросов парниковых газов. В целом, использование более высоких методических уровней повышает точность инвентаризации (снижает неопределенность оценок выбросов), однако при этом возрастают требования к данным и сложность выполняемых расчетов, а также увеличиваются затраты ресурсов на разработку инвентаризации.

Уровень 1. Методы этого уровня являются самыми простыми в использовании; соответствующие уравнения и значения параметров по умолчанию (в том числе коэффициенты выбросов) представлены в данных методических рекомендациях. Необходимы данные о деятельности на региональном уровне.

Уровень 2. В рамках этого уровня может использоваться тот же самый методологический подход, что и для уровня 1, но применяются коэффициенты выбросов, основанные на данных для конкретного региона, для наиболее важных категорий выбросов. В рамках уровня 2 по возможности используются более детализированные данные о деятельности с более высоким временным и пространственным разрешением.

Уровень 3. В рамках этого уровня используются методы более высокого порядка, как правило, основанные на математическом моделировании или на данных прямых экспериментальных измерений, адаптированные и верифицированные для условий конкретного региона. Для их реализации необходимы данные о деятельности высокого пространственного разрешения. Более подробно требования к разработке методов Уровня 3 и принципы их применения обсуждаются в общей части настоящих Методических рекомендаций.

При необходимости разработчики инвентаризации могут использовать сочетание методов различных уровней.

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

Вопросы оценки и контроля качества, полноты оценок выбросов, согласованности временных рядов, а также вопросы отчетности и документации рассмотрены в общей части

настоящих Методических рекомендаций. Там же приведены методы выполнения оценок неопределенности выбросов.

ГЛАВА 1. ВЫБРОСЫ ОТ СКОТА И В РЕЗУЛЬТАТЕ СБОРА И ХРАНЕНИЯ НАВОЗА И ПОМЕТА

1.1 ВВЕДЕНИЕ

В данной главе представлены указания по методам оценки выбросов метана в результате внутренней ферментации у домашнего скота, а также метана и закиси азота в результате сбора и хранения навоза и помета. Выбросы CO_2 от скота не оцениваются, так как годовые результирующие выбросы CO_2 предполагаются равными нулю - CO_2 , связываемый растениями при фотосинтезе, возвращается в атмосферу при дыхании. Часть углерода возвращается в атмосферу в виде CH_4 , и поэтому CH_4 требует отдельного рассмотрения.

Животноводство приводит к выбросам метана (CH_4) в результате внутренней ферментации, а также к выбросам CH_4 и закиси азота (N_2O) от систем сбора и хранения навоза и помета. Во многих регионах крупный рогатый скот является важным источником CH_4 вследствие его огромного поголовья и высокой интенсивности выделения CH_4 в связи с особенностями пищеварительной системы жвачных животных. Выбросы метана в результате сбора и хранения навоза и помета менее значительны, чем выбросы при внутренней ферментации; при этом самые существенные выбросы связаны со стойловым содержанием животных, при котором навоз обрабатывается в системах жидкого хранения. Выбросы закиси азота в результате сбора и хранения навоза и помета существенно варьируют среди различных типов систем и могут также привести к косвенным выбросам, связанным с другими формами потерь азота из системы. Расчет потерь азота из систем сбора и хранения навоза и помета является также важным этапом в определении количества азота, которое будет в конечном итоге содержаться в навозе, вносимом в обрабатываемые почвы; соответствующие выбросы рассчитываются в [главе 2](#) (Выбросы N_2O из обрабатываемых почв).

Методы для оценки выбросов CH_4 и N_2O от скота требуют определение подкатегорий скота, годового поголовья, а для методов более высоких уровней - определение потребления кормов и характеристик. Процедуры, используемые для определения подкатегорий скота, получения данных поголовья и данных по потреблению кормов, описаны в [разделе 1.2](#) (Характеристика поголовья скота и потребления кормов). Приведены предлагаемые коэффициенты перевариваемости для различных категорий скота для помощи в оценке потребления энергии кормов при расчете выбросов от внутренней ферментации и навоза. Скоординированная характеристика поголовья скота в соответствии с разделом 1.2 должна использоваться для обеспечения согласованности по следующим категориям:

[Раздел 1.3](#) - Выбросы CH_4 в результате внутренней ферментации.

[Раздел 1.4](#) - Выбросы CH_4 в результате сбора и хранения навоза и помета.

[Раздел 1.5](#) - Выбросы N_2O в результате сбора и хранения навоза и помета (прямые и косвенные).

[Глава 2](#) - Выбросы N_2O из обрабатываемых почв (прямые и косвенные).

1.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПОГОЛОВЬЯ СКОТА И ПОТРЕБЛЕНИЯ КОРМОВ

1.2.1 Этапы определения категорий и подкатегорий скота

Эффективная практика заключается в выявлении надлежащего метода для оценки выбросов для каждой категории выбросов с последующим обоснованием наиболее подробной характеристики, необходимой для каждого вида скота. При этом используются следующие этапы:

- Выявить виды скота, относящиеся к каждой категории выбросов: в первую очередь следует перечислить виды скота, которые вносят вклад в более, чем одну категорию выбросов. Обычно такими видами являются: коровы, другое поголовье крупного рогатого скота, овцы, козы, свиньи, лошади, верблюды, мулы/ослы и домашняя птица;

- Провести анализ методов оценки выбросов для каждой соответствующей категории выбросов: для категорий внутренней ферментации, а также сбора и хранения навоза и помета определить метод оценки выбросов для каждого вида скота. Например, следует в каждом случае отдельно рассматривать выбросы от крупного рогатого скота и овец в результате внутренней ферментации для оценки того, является ли уровень выбросов основанием для выбора метода уровня 2. Аналогичным образом следует рассматривать выбросы метана в результате сбора и хранения навоза и помета крупного рогатого скота, свиней и домашней птицы для определения целесообразности выбора метода уровня 2. Для проведения подобной оценки могут быть использованы существующие оценки. Если до настоящего времени никакие инвентаризации не проводились, то для проведения указанной оценки в качестве первоначальных данных должны быть использованы оценки выбросов с помощью методов уровня 1. См. общую часть настоящих Методических рекомендаций, рекомендации по методологическому выбору и определению ключевых категорий;

- Определить наиболее подробную характеристику, требуемую для каждого вида скота: исходя из оценок вклада выбросов от каждого источника и вида скота (птицы), определить наиболее подробную характеристику, необходимую для выполнения оценок выбросов. Как правило, "базовая" характеристика может быть использована при применении методов уровня 1. Если для внутренней ферментации или навоза используется метод уровня 2, то для оценки выбросов по всем соответствующим источникам следует применять "расширенную" характеристику.

1.2.2 Выбор метода

Уровень 1: базовая характеристика для поголовья скота

Базовая характеристика для уровня 1 представляется достаточной для большинства видов животных в большинстве регионов. Для данного подхода эффективная практика заключается в сборе следующих данных поголовья скота, необходимых для оценки выбросов:

Виды и категории скота и птицы: Должен быть подготовлен полный перечень всех поголовий скота и птицы со значениями коэффициентов выбросов по умолчанию (например, коровы, другое поголовье крупного рогатого скота (КРС), овцы, козы, верблюды, олени, лошади, кролики, мулы и ослы, свиньи и домашняя птица), если эти категории соответствуют региону. При наличии данных должны использоваться более подробные категории. Например, можно более точно оценить выбросы, если провести дальнейшее подразделение поголовья домашней птицы (например, несушки, цыплята, индейки, утки и прочая домашняя птица), так как характеристики выбросов по этим поголовьям значительно варьируют.

Среднегодовое поголовье: Разработчики инвентаризации должны использовать, по

возможности, данные о поголовье из официальной региональной статистики Росстата <1> или отраслевых источников. Учитывая, что статистические данные Росстата представляют поголовье по состоянию на определенную дату года (например, 31 декабря), а в течение года могут наблюдаться колебания поголовья скота, эти данные могут быть не репрезентативны в качестве среднегодовой популяции. Таким образом, потребуется соответствующая корректировка годовой численности поголовья. Важно полностью задокументировать метод, применяемый для любых корректировок в исходные данные поголовья.

<1> Официальные публикации Росстата и базы данных размещены на сайте: <http://www.gks.ru>.

Как правило, в субъектах РФ виды скота, для которых требуется корректировка популяций, включают коров, другое поголовье КРС, свиней, овец и коз. Для остальных категорий сельскохозяйственных животных размножение не носит четко выраженного сезонного характера (например, птица, кролики) или не происходит забивки молодняка до 1 года (например, лошади, ослы, мулы, верблюды и др.), поэтому поголовье по состоянию на определенную дату года может быть принято соответствующим среднегодовому значению.

Корректировка может быть произведена на основе статистических данных Росстата по динамике поголовья скота в хозяйствах всех категорий в течение определенного года, где приведена информация по ежемесячным колебаниям поголовья отдельных видов скота.

В случае отсутствия доступных данных для оценки среднегодового поголовья, могут быть использованы средние поправочные коэффициенты для поголовья скота: для коров этот коэффициент в среднем в Российской Федерации составляет - 1,019; для крупного рогатого скота - 1,051; для свиней - 1,067 и для овец и коз поправочный коэффициент равен 1,091 (Российская, 2006 -...). Расчет выполняется по уравнению 1.1:

Уравнение 1.1

Среднегодовое поголовье

$$AAP = P \cdot CC,$$

где:

AAP - среднегодовое поголовье;

P - поголовье по состоянию на определенную дату;

CC - поправочный коэффициент.

Коровы и производство молока: Поголовье коров оценивается отдельно от остального поголовья КРС (см. [таблицу 1.1](#)). В некоторых регионах поголовье молочных коров включает в себя две категории: i) высокопродуктивные (также называются улучшенными) породы в коммерческих хозяйствах; и ii) низкопродуктивные коровы, управляемые с помощью традиционных методов. Эти две категории могут быть скомбинированы или оценены отдельно. При использовании метода уровня 1 низкопродуктивные коровы многоцелевого назначения (например, тягловая сила) должны рассматриваться в качестве другого поголовья КРС.

Требуются также данные по среднему производству молока молочными коровами. Данные производства молока используются при верификации выбора коэффициента выбросов для внутренней ферментации с применением метода уровня 1. Предпочтительны источники данных по конкретным регионам, однако, могут быть также использованы данные Росстата. Эти данные выражаются в кг свежего цельного молока за год в расчете на одну голову. Если определены две и более категории молочных коров, то для каждой категории требуются данные среднего производства молока в расчете на голову.

Типы и соотношение используемых систем сбора и хранения навоза и помета: Для каждой категории сельскохозяйственных животных и птицы следует определить типы систем сбора и хранения навоза и помета, которые применяются в тех или иных хозяйствах в регионе, а также получить данные по их среднему соотношению в регионе. Как правило, в Российской Федерации применяются системы сухого хранения или жидкого хранения (см. [разделы 1.4 и 1.5](#) настоящего руководства). Необходимо также определить долю годового времени, которое животные проводят на пастбищах. Следует учитывать, что в некоторых регионах традиционно используется пастбищное содержание в течение всего года.

Уровень 2: расширенная характеристика для поголовья скота

Характеристика скота на уровне 2 требует следующую подробную информацию:

- определения для подкатегорий скота;
- данные поголовья скота по отдельным подкатегориям с учетом оценки среднегодового поголовья в соответствии с уровнем 1;
- оценки ежегодного потребления кормов типичными животными в каждой подкатегории;
- типы и соотношение используемых систем сбора и хранения навоза и помета для каждой подкатегории.

Подкатегории поголовья скота определяются для создания относительно однородных подгрупп животных. Путем подразделения поголовья на эти подкатегории могут быть отражены вариации в возрастной структуре и показателях животных в конкретных регионах в рамках общего поголовья скота.

Оценки потребления кормов должны быть использованы в расчетах выброса метана в результате внутренней ферментации, и эти же оценки следует использовать для получения согласованных оценок количества экскретируемого азота животными для улучшения точности и согласованности выбросов CH_4 и N_2O в результате сбора и хранения навоза и помета.

Определения для подкатегорий скота

Эффективная практика состоит в классификации поголовья скота по подкатегориям для каждого вида в соответствии с возрастом, типом продукции и полом. Также возможно дальнейшее разбиение на подкатегории:

- Поголовье крупного рогатого скота должно классифицироваться, по крайней мере, по двум главным подкатегориям: коровы и остальное поголовье КРС. При наличии доступной информации, подразделение может осуществлять на взрослый молочный скот, прочий взрослый скот и молодняк. В зависимости от степени детализации метода оценки выбросов и доступности исходных данных, подкатегории могут быть разделены далее на основании характеристик

животных или кормления. Например, выращиваемый/нагульный скот может быть далее разделен на скот, находящийся на рациионе, основанном на зерне, с круглогодичным стойловым содержанием, и на скот, выращиваемый и откармливаемый только на пастбище.

- Подразделения аналогичные тем, которые используются для крупного рогатого скота, могут быть использованы для дальнейшего разбиения поголовья овец с целью создания подкатегорий с относительно однородными характеристиками. Например, выращиваемые ягнята могут быть далее разделены на ягнят, откормленных на пастбищах, и ягнят, откормленных на откормочной площадке. Этот же подход применим и к стадам коз.

- Подкатегории свиней могут быть далее подразделены на основании производственных условий. Например, свиньи могут быть далее подразделены в зависимости от интенсивности производства: высоко интенсивное производство, и свиньи, которые выращиваются в традиционных условиях.

Подкатегории домашних птиц могут быть далее подразделены на основании производственных условий. Например, домашние птицы могут быть разделены по условиям содержания на птиц с безвыгульным содержанием и птиц со свободно-выгульным содержанием.

Для крупных регионов или регионов с явными региональными отличиями полезным может быть установление субрегионов с последующим определением категорий в рамках этих субрегионов. Региональные подразделения могут быть использованы для отражения различий, существующих в климате, системах кормления, рациионе, а также в системах сбора и хранении навоза и помета. Тем не менее, это последующее разделение полезно только при наличии соответствующих подробных данных по системам кормления, а также сбора и хранения навоза и помета, которые используются указанными категориями сельскохозяйственных животных.

Для каждой из определенных категорий репрезентативных животных требуется следующая информация:

- среднегодовое поголовье (численность скота или домашней птицы в соответствии с расчетами для уровня 1);
- среднесуточное потребление кормов (мегаджоули (МДж) в сутки и/или кг сухого вещества в сутки); и
- коэффициент преобразования метана (процент энергии кормов, преобразованной в метан);
- перевариваемость кормов (%).

В Российской Федерации собирается статистическая информация по среднегодовому потреблению кормов разными видами скота и птицы, включая оценки пастбищных кормов.

Для оценки выбросов уровня 2 требуются данные потребления кормов репрезентативными животными в каждой подкатегории. Потребление кормов обычно измеряется на основе валовой энергии (например, мегаджоули (МДж) в сутки) или сухого вещества (например, килограммов (кг) в сутки). В данном случае сухое вещество - это количество потребляемых кормов (кг) после корректировки с учетом содержания воды в полном рациионе. Например, потребление 10 кг кормов, содержащих 70% сухого вещества, соответствует потреблению 7 кг сухого вещества. Для расчетов по внутренней ферментации с помощью метода уровня 2 для крупного рогатого скота и овец (см. [раздел 1.3](#)) ниже приводятся указания, содержащие подробные требования к данным, и уравнения, позволяющие оценить потребление кормов.

Перевариваемость кормов (DE%): Доля содержащейся в корме валовой энергии, которая не выделяется с фекалиями, известна как показатель перевариваемости корма. Обычно выражается в виде процентной доли (%) валовой энергии (или общего количества перевариваемых питательных веществ). Доля кормов, которая не переваривается, представляет % часть потребления сухих веществ, выделяемую в виде фекалий. Рекомендуемые типовые значения перевариваемости для различных классов домашнего скота и видов кормов представлены в [таблице 1.1](#). Для жвачных животных обычные пределы перевариваемости корма составляют 45 - 55% для побочных продуктов сельскохозяйственного производства и естественных пастбищ; 55 - 75% для хороших пастбищ, хорошо сохранных фуражей и рационов на основе фуража с добавкой зерна; и 75 - 85% для рациона на основе зерна при откорме на откормочных площадках. Варьирование в перевариваемости кормов приводит к большому разбросу в оценках количества корма, отвечающих потребностям животных, и, следовательно, соответствующих выбросов метана и количества выделяемого навоза.

Данные о перевариваемости должны быть основаны на измеренных значениях для основных кормов или фуража, потребляемых скотом, с учетом сезонных изменений. В общем случае перевариваемость фуража снижается с взрослением и обычно имеет самое низкое значение в течение сухого сезона. В связи со значительным разбросом значений коэффициент перевариваемости должен быть по возможности получен из местных источников данных.

Таблица 1.1

**РЕПРЕЗЕНТАТИВНАЯ ПЕРЕВАРИВАЕМОСТЬ РАЗНЫХ ВИДОВ КОРМОВ
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ СКОТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Основные категории	Виды корма	Перевариваемость кормов (%):
Свиньи	- сочные корма	- 49,5 +/- 19,1
	- грубые корма	- 40,3 +/- 7,1
	- концентраты	- 75,2 +/- 7,8
	- комбикорма	- 79,4 +/- 3,2
	- животные корма	- 90,8 +/- 3,3
Крупный рогатый скот и прочие жвачные	- сочные корма	- 66,3 +/- 8,9
	- грубые корма	- 61,7 +/- 5,1
	- концентраты	- 80,3 +/- 5,0
	- комбикорма	- 84,4 +/- 2,4
	- пастбищные корма	- 66,1 +/- 5,3
Домашняя птица	- Бройлерные цыплята без выгула	- 85 - 93
	- Несушки - без выгула	- 70 - 80

	- Домашняя птица - свободный выгул	- 55 - 90 <1>
	- Индейки - без выгула	- 85 - 93
	- Гуси - без выгула	- 80 - 90

<1> Диапазон перевариваемости кормов домашней птицей при свободно-выгульном содержании чрезвычайно изменчив в связи с селективной природой этих рационов. Зачастую представляется, что количество навоза/помета, производимого этими категориями животных, ограничивается количеством доступного для потребления кормов, а не степенью их перевариваемости. В случаях, когда количество кормов неограниченно и источники высококачественных кормов легко доступны для потребления, расчеты с учетом перевариваемости дают значения, схожие с результатами измерений для условий безвыгульного содержания.

Расчеты валовой энергии

Данные о рационах животных используются для оценки потребления кормов, которое представляет собой количество энергии (МДж/сутки), необходимое животному для поддержания жизнедеятельности и выполнения основных функций (таких как рост, лактация и беременность). Для разработчиков инвентаризации, которые располагают хорошо документированными и признанными, а также конкретными для каждого региона методами оценки потребления энергии на основе статистических данных о потреблении кормов животными, эффективная практика заключается в использовании методов, специально предназначенных для данного региона. В нижеследующем разделе представлены методы для оценки валового потребления энергии для ключевых категорий жвачных животных: крупного рогатого скота и коров. Аналогичная методология может быть использована и для других жвачных животных, а также, например, свиней.

Расход разных видов кормов по категориям животных, TotalFod и Fod_i: В случае отсутствия данных и методов, предназначенных специально для данного региона, потребление следует рассчитывать с использованием подходов, описанных ниже, и статистических данных Росстата. Росстатом ежегодно собираются данные по расходу кормов в хозяйствах всех категорий Российской Федерации. В соответствующем отчете предоставляются сведения по расходу разных видов кормов по видам скота и птицы в хозяйствах всех категорий в целом по стране, а также среднее потребление кормов в расчете на 1 голову. Данные приведены в кормовых единицах. Рассматриваются следующие виды кормов: концентрированные корма <1>, комбикорма, грубые корма, сочные корма. Дополнительно статистическая информация представляется по потреблению пастбищных кормов, однако, без подразделения по категориям животных. Региональные данные отчетности представлены по расходу кормов на разные виды скота и птицы в сельскохозяйственных предприятиях, а также относительная структура расхода кормов скоту и птице по видам кормов в хозяйствах всех категорий и структура расхода всех видов кормов по видам скота и птицы в хозяйствах всех категорий. На основе этих данных могут быть оценены величины потребления кормов по их видам для отдельных категорий жвачных животных (в частности, для коров и остального поголовья КРС) по всем видам хозяйств. Учитывая, что данные Росстата по расходу разных видов кормов в расчете по отдельным категориям животных, как правило, доступны только для сельскохозяйственных организаций в регионе, для целей проведения инвентаризации необходимо запросить оценки по всем видам хозяйств или

самостоятельно выполнить соответствующую корректировку. При этом могут быть использованы относительные данные по структуре расхода кормов в сельскохозяйственных организациях и принято допущение о том, что такое же распределение соответствует расходу кормов в хозяйствах всех видов. Любой метод корректировки/досчета исходных данных должен быть детально задокументирован в докладе о кадастре.

<1> Как правило, статистические данные по концентрированным кормам включают также комбикорма. Поэтому во избежание двойного учета для корректной оценки потребления концентрированных кормов из их общей величины должен быть вычтен расход комбикормов.

Оценка потребления пастбищных кормов отдельными категориями животных может быть выполнена как разница между данными по общему потреблению всех видов кормов определенными животными за год и суммой потребления известных видов кормов (концентрированные корма, комбикорма, грубые корма, сочные корма). Для свиней аналогично может быть определено потребление животных кормов. Использованный метод расчета должен быть задокументирован в докладе о кадастре.

Расход разных видов кормов в расчете на одну голову, R_i : Следующим шагом является расчет потребления разных видов кормов на 1 голову репрезентативного животного в регионе (в кормовых единицах). Как правило, статистические данные включают только информацию по расходу всех видов кормов в сумме на 1 голову животного. Следует отметить, что данные Росстата включают информацию по расходу кормов в расчете на одну корову, на одну голову остального поголовья КРС (без коров) и в расчете на условную голову КРС. За условную голову КРС обычно принимается одна молочная корова, однако коэффициент для перевода 1 головы взрослых быков в условную голову также составляет единицу. Поэтому при разработке инвентаризации данные в расчете на одну условную голову не используются.

Оценка потребления кормов каждого вида в расчете на одну голову производится на основе допущения о том, что соотношение расхода разных видов кормов всеми животными данной категории в регионе соответствует соотношению в расчете на одну голову. Таким образом, расчет может выполняться по уравнению 1.2.

Уравнение 1.2

Расход кормов в расчете на 1 голову

$$R_i = R \cdot (Fod_i / TotalFod),$$

где:

R_i - расход кормов определенного вида (i) в расчете на 1 голову скота данной категории в год, кормовые единицы;

R - суммарный расход всех видов кормов в расчете на 1 голову скота данной категории в год, кормовые единицы;

Fod_i - расход кормов на все поголовье скота данной категории за год в регионе, кормовых единиц;

TotalFod - общее потребление кормов всех видов поголовьем скота данной категории за год в регионе, кормовых единиц;

переменная (i) - концентрированные корма, комбикорма, грубые корма, сочные корма, пастбищные (животные для свиней) корма.

Валовая энергия, GE: Как показано в уравнении 1.3, значение требуемой GE получают на основе перевода данных о количестве кормовых единиц в единицы сухого вещества и далее в единицы энергии (МДж). В отличие от методов, предложенных в (Межправительственная, 2006), данный метод оценки валовой энергии представляет оценку потребностей в GE для животных, а действительное потребление энергии в течение года. Это метод согласуется с национальной методикой (Российская, 2006 -.....).

Уравнение 1.3

Валовая энергия животных

$$GE = \sum_i (R_i \cdot FU_i \cdot 18,45) / 365,$$

где:

GE - валовая энергия, МДж/сутки;

FU_i - содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества корма определенного вида (i), доля;

18,45 - коэффициент преобразования сухого вещества кормов в МДж, МДж/кг сухого вещества.

Величины FU_i могут определены на основании данных исследований в регионе или по справочным данным (например, по кормовым нормам, утвержденным в регионе).

При отсутствии более точных региональных данных по содержанию кормовых единиц в 1 кг сухого вещества кормов, могут быть использованы следующие средние величины: для крупного рогатого скота и других жвачных животных: 1,13 +/- 0,27 для концентратов, 0,98 +/- 0,35 для комбикормов, 0,55 +/- 0,14 для грубых кормов, 0,81 +/- 0,18 для сочных кормов и 0,84 +/- 0,13 для пастбищных видов кормов; и для нежвачных и свиней: 1,16 +/- 0,25 для концентратов, 1,12 +/- 0,17 для комбикормов, 0,58 +/- 0,14 для грубых кормов, 0,86 +/- 0,19 для сочных кормов и 1,70 +/- 0,46 для животных видов кормов.

Для проверки качества полученных данных могут быть оценены величины потребления кормов в килограммах сухого вещества в сутки (кг/сутки). Для этого в уравнении 1.3 не следует применять коэффициент 18,45 МДж/кг сухого вещества. Итоговое суточное потребление сухого вещества должно быть порядка 2 - 3% от живой массы взрослого животного или молодняка. В случае высокопродуктивных молочных коров потребление кормов может превышать 4% живой массы.

1.3 ВЫБРОСЫ МЕТАНА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНУТРЕННЕЙ ФЕРМЕНТАЦИИ

Метан производится, прежде всего, жвачными животными в качестве побочного продукта

внутренней ферментации, т.е. пищеварительного процесса, в ходе которого микроорганизмы расщепляют углеводы на простые молекулы для их последующего впитывания в кровоток. Количество высвобождаемого метана зависит от типа пищеварительного тракта, возраста и массы животного, а также качества и количества потребляемого корма. Жвачные животные (например, крупный рогатый скот, овцы) являются основным источником метана; небольшое количество выбросов метана производится нежвачным скотом (например, свиньями, лошадьми). Строение кишечника жвачных животных способствует экстенсивной внутренней ферментации потребляемого корма.

Пищеварительная система

Тип пищеварительной системы оказывает значительное влияние на темпы выброса метана. У жвачного скота имеется растяжимая камера, рубец, в первой части пищеварительного тракта; который поддерживает интенсивную микробиологическую ферментацию потребляемого корма. Это обеспечивает ряд связанных с питанием преимуществ, включая способность к перевариванию целлюлозы в составе кормов. К основному жвачному скоту относятся крупный рогатый скот, козы, овцы, олени и верблюды. Нежвачный скот (лошади, мулы, ослы) и моногастрический скот (свиньи) характеризуются относительно низким уровнем выбросов метана, так как в их пищеварительных системах происходит гораздо меньше ферментации в производстве метана.

Потребление кормов

Метан вырабатывается в результате ферментации кормов в пищеварительной системе животных. В общем случае, чем больше потребление кормов, тем больше выброс метана. Хотя количество производимого метана может зависеть также от состава рациона. Потребление кормов прямо пропорционально размеру животного, темпам роста и продуктивности (например, надой молока, рост шерсти, беременность).

Для представления изменчивости в интенсивностях выбросов среди различных видов животных следует разделить поголовье животных на репрезентативные категории и подкатегории и оценить интенсивность выбросов в расчете на одно животное для каждой из них. Типы категории и подкатегории поголовья обсуждены в [разделе 1.2](#) (Характеристика поголовья скота и потребления кормов). Количество метана, выделяемого каждой подкатегорией поголовья, рассчитывается путем умножения интенсивности выбросов для одного животного на число животных в подгруппе.

Дикие жвачные не учитываются при выводе оценок выбросов в масштабе региона. Выбросы должны учитываться только от одомашненных животных (например, содержащиеся на фермах олени, лоси).

1.3.1 Выбор метода

Эффективная практика заключается в выборе метода для оценки выбросов метана в результате внутренней ферментации. Оценка выбросов метана в результате внутренней ферментации требует три основных этапа.

Этап 1: Разделить поголовье скота на категории и подкатегории и охарактеризовать каждую подкатегорию в соответствии с [разделом 1.2](#). Рекомендуется, чтобы эксперты по разработке инвентаризации использовали среднегодовые оценки популяций с учетом воздействия производственных циклов и сезонных изменений на численность поголовья.

Этап 2: Оценить коэффициенты выбросов для каждой категории и подкатегории в килограммах метана на одно животное за год.

Этап 3: Умножить коэффициенты выбросов для каждой категории и подкатегории на их поголовье для оценки выбросов от отдельных категорий и подкатегорий и просуммировать результаты по всем категориям для оценки суммарных выбросов.

Для существенных категорий и подкатегорий животных (т.е. если на ее долю приходится 25 - 30% или более выбросов в данной категории) должны применяться усложненные методы расчета (например, метод уровня 2).

Указанные три этапа могут проводиться с различными уровнями детализации и сложности. В настоящей главе представлены следующие два подхода:

Уровень 1

Упрощенный подход, использующий коэффициенты выбросов по умолчанию, которые берутся из литературы или рассчитываются с помощью более подробной методологии уровня 2. Метод уровня 1, по-видимому, подходит для большинства видов животных в регионах, в которых внутренняя ферментация не является ключевой категорией или для которых нет данных расширенной характеристики.

Уровень 2

Более сложный подход, требующий подробных данных по конкретному региону в отношении потребления валовой энергии и коэффициентов преобразования метана по конкретным категориям скота и птицы. Метод уровня 2 следует использовать в том случае, если внутренняя ферментация является ключевой категорией выбросов и в отношении тех категорий/подкатегорий животных, которые представляют существенную долю общерегиональных выбросов (т.е. 25 - 30% и более).

Регионам с крупным поголовьем домашних видов животных, по которым отсутствуют какие-либо коэффициенты выбросов по умолчанию, установленные в настоящему руководстве (например, ламы и альпаки), предлагается разработать региональные методы, которые являются аналогичными методу уровня 2 и основаны на результатах хорошо документированного исследования (если установлено, что выбросы от этого скота имеют существенное значение). Методологические подходы к разработке коэффициентов для таких животных представлены в (Межправительственная, 2006), ссылка приведена в разделе 1.2.4 выше.

В [таблице 1.2](#) представлена сводка предлагаемых подходов для выбросов от скота, включенных в данные методические рекомендации.

1.3.2 Выбор коэффициентов выбросов

Подход уровня 1 к выбросам метана в результате внутренней ферментации

Данный метод уровня 1 является упрощенным и для оценки выбросов с помощью этого метода необходимы лишь легко доступные данные о поголовье животных. Представлены коэффициенты выбросов по умолчанию для каждой из рекомендуемых категорий животных. Каждый из этапов обсуждается поочередно.

Этап 1: Поголовье животных

Данные о поголовье животных должны быть получены с использованием описанного в разделе 1.2 подхода.

Этап 2: Коэффициенты выбросов

Целью данного этапа является выбор коэффициентов выбросов, которые более всего подходят для характеристики скота в данном регионе. Коэффициенты выбросов по умолчанию для внутренней ферментации, полученные из предыдущих исследований, систематизируются по регионам для удобства пользования.

Таблица 1.2

ПРЕДЛАГАЕМЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСА МЕТАНА ПРИ ВНУТРЕННЕЙ ФЕРМЕНТАЦИИ

Категории животных и птицы	Предлагаемые методы
Коровы	Уровень 2 <a>
Остальное поголовье КРС	Уровень 2 <a>
Овцы	Уровень 1/Уровень 2
Козы	Уровень 1
Верблюды	Уровень 1
Лошади	Уровень 1
Мулы и ослы	Уровень 1
Свиньи	Уровень 1
Домашняя птица	Не разработаны
Прочий скот (ламы, альпаки и олени)	Уровень 1

<a> Метод уровня 2 рекомендуется для регионов с крупными поголовьями скота. Внедрение метода уровня 2 для дополнительных подкатегорий скота может оказаться желательным, если выбросы для данной категории представляют существенную долю региональных выбросов метана.

В таблице 1.3 показаны коэффициенты выбросов в результате внутренней ферментации для каждого вида животного, кроме крупного рогатого скота.

В таблице 1.4 представлены региональные коэффициенты выбросов в результате внутренней ферментации для коров и остального поголовья КРС, разработанные в (Российская, 2006 -...). Как видно из таблицы, коэффициенты выбросов для коров различаются более чем в четыре раза в расчете на голову, разброс коэффициентов для остального поголовья КРС между регионами составляет 2,5 раза. Это объясняется значительной разницей в условиях содержания и кормления

животных в северных и южных регионах, временем пастбищного содержания, а также соотношением крупных сельскохозяйственных организаций и частных хозяйств в регионе: крупные хозяйства, как правило, закупают больше комбикормов и концентратов, в то время как в небольших хозяйствах практикуется кормление пастбищными, сочными и грубыми кормами с низкой степенью перевариваемости и более высоким коэффициентом выброса CH_4 . Кроме того, структура стада также может различаться между регионами страны.

Таблица 1.3

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНУТРЕННЕЙ ФЕРМЕНТАЦИИ
ДЛЯ МЕТОДА 1 УРОВНЯ 1 (КГ CH_4 /ГОД В РАСЧЕТЕ НА ГОЛОВУ)

Категории животных и птицы	Среднее по территории РФ	Живая масса (среднее по сельскохозяйственным предприятиям РФ)
Овцы	8	38 кг <1>
Козы	5	38 кг <1>
Верблюды	46	217 кг
Лошади	18	327 кг <1>
Мулы и ослы	10	130 кг
Олени	20	120 кг
Альпаки	8	65 кг
Свиньи	1,3 <2>	55 кг <1>
Домашняя птица	Недостаточно данных для расчета	
Прочий скот (например, ламы)	Подлежит определению <3>	

Уровень неопределенности для всех оценок составляет +30 - 50%.

<1> По данным Росстата.

<2> По данным (Российская, 2006 -...).

<3> Один из подходов для разработки приближенных коэффициентов выбросов состоит в использовании коэффициента выбросов уровня 1 для животных с аналогичной системой пищеварения и пропорциональном пересчете коэффициента выбросов с использованием соотношения масс животных, возведенного в степень 0,75. Для этой цели включены значения живой массы. Коэффициенты выбросов должны выводиться на основе характеристик интересуемого скота и кормления и не должны ограничиваться исключительно региональными

характеристиками. Более подробно методика определения коэффициентов выбросов для видов скота, по которым не приведено коэффициентов по умолчанию, описывается в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

В то время как приведенные в [таблице 1.4](#) коэффициенты выбросов по умолчанию являются ориентировочным представлением интенсивностей выбросов в каждом из представленных регионов, коэффициенты выбросов варьируют в пределах этих регионов. Размер животного и производство молока являются важными факторами, определяющими интенсивность выбросов для молочных коров. Размер животного и структура поголовья являются важными факторами, определяющими интенсивность выбросов для остального поголовья КРС.

Для помощи в выборе коэффициентов выбросов для молочных коров следует воспользоваться собранными данными по среднегодовому производству молока молочными коровами. При необходимости следует выполнить коррекцию показанных в [таблице](#) коэффициентов выбросов для молочных коров, используя данные, собранные о среднегодовом производстве молока в расчете на голову и зависимость, представленную на [рисунке 1.1](#).

Необходимо отметить, что использование одних и тех же коэффициентов выбросов уровня 1 при разработке инвентаризации в течение ряда последовательных лет означает отсутствие учета показателей изменяющейся продуктивности скота, таких как увеличение выхода молока или тенденций в отношении живой массы. Если учет тренд выбросов метана, обусловленных тенденциями в продуктивности скота, является важным, то должны использоваться расчеты уровня 2.

Этап 3: Суммарные выбросы

Для оценки суммарных выбросов установленные коэффициенты выбросов умножаются на соответствующие значения поголовья животных ([уравнение 1.4](#)) и результаты суммируются ([уравнение 1.5](#)).

Уравнение 1.4

Выбросы в результате внутренней ферментации
от скота заданной категории

$$\text{Выбросы} = EF_{(T)} \cdot \frac{N_{(T)}}{10^6},$$

где:

Выбросы - выбросы метана в результате внутренней ферментации, Гг СН₄/год;

EF_(T) - коэффициент выбросов для установленного поголовья скота, кг СН₄/голова в год;

N_(T) - количество голов вида/категории скота T в регионе;

T - вид/категория скота.

Уравнение 1.5

Суммарные выбросы от скота в результате
внутренней ферментации

$$\text{Суммарный } \text{CH}_{4\text{Энтер.}} = \sum_i E_i,$$

где:

Суммарный $\text{CH}_{4\text{Энтер.}}$ - суммарные выбросы метана в результате внутренней ферментации, Гг $\text{CH}_4/\text{год}$;

E_i - выбросы для i категорий и подкатегорий скота.

Таблица 1.4

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ <1> В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНУТРЕННЕЙ
ФЕРМЕНТАЦИИ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА (УРОВЕНЬ 1)

<1> Существующие значения рассчитаны с помощью метода уровня 2 по данным (Российская, 2006 -...).

Регионы	Коэффициент выбросов (кг $\text{CH}_4/\text{голова} * \text{год}$) для коров	Коэффициент выбросов (кг $\text{CH}_4/\text{голова} * \text{год}$) для остального поголовья КРС
Белгородская область	142	59
Брянская область	108	57
Владимирская область	147	57
Воронежская область	116	51
Ивановская область	128	48
Калужская область	130	56
Костромская область	114	50
Курская область	108	55
Липецкая область	107	59
Московская область	174	67
Орловская область	111	56
Рязанская область	126	56
Смоленская область	107	58

Тамбовская область	121	94
Тверская область	120	56
Тульская область	115	58
Ярославская область	142	67
Республика Карелия	115	47
Республика Коми	122	72
Архангельская область	117	54
Вологодская область	122	51
Калининградская область	154	64
Ленинградская область	147	60
Мурманская область	129	45
Новгородская область	125	60
Псковская область	124	56
Республика Адыгея	65	51
Республика Дагестан	54	66
Ингушская Республика	135	79
Кабардино-Балкарская Республика	124	60
Республика Калмыкия	40	48
Карачаево-Черкесская Республика	95	43
Республика Северная Осетия	89	53
Чеченская Республика	53	52
Краснодарский край	151	64
Ставропольский край	145	60
Астраханская область	114	79
Волгоградская область	88	56
Ростовская область	122	52
Республика Башкортостан	81	43

Республика Марий Эл	124	71
Республика Мордовия	116	52
Республика Татарстан	142	66
Удмуртская Республика	118	49
Чувашская Республика	124	60
Пермский край	131	60
Кировская область	142	56
Нижегородская область	136	57
Оренбургская область	79	48
Пензенская область	111	65
Самарская область	134	73
Саратовская область	84	49
Ульяновская область	74	50
Курганская область	130	68
Свердловская область	137	59
Тюменская область	120	70
Челябинская область	96	54
Республика Алтай	77	52
Республика Бурятия	48	39
Республика Тыва	97	47
Республика Хакасия	90	51
Алтайский край	89	52
Красноярский край	116	67
Иркутская область	63	45
Кемеровская область	139	73
Новосибирская область	126	62
Омская область	141	66
Томская область	144	71

Забайкальский край (Читинская область)	96	59
Республика Саха (Якутия)	96	63
Камчатский край	145	85
Приморский край	96	59
Хабаровский край	103	52
Амурская область	67	42
Магаданская область	88	49
Сахалинская область	138	63
Еврейская автономная обл.	134	72
Чукотский автономный округ	51	40
Среднее:	109	57

При использовании коэффициентов по умолчанию из [таблицы 1.4](#) рекомендуется соотнести конкретные данные производства молока в регионе в данный год и предложенный коэффициент. Величина коэффициента выбросов при внутренней ферментации у коров находится почти в прямой зависимости от величины надоя молока (см. рис. 1.1). При выборе коэффициента выброса от внутренней ферментации по умолчанию из [таблицы 1.4](#) следует верифицировать значение коэффициента со средним производством молока в регионе в расчете на одну голову и, в случае необходимости, произвести коррекцию коэффициента, используя уравнение линейной регрессии, представленное на рисунке 1.1.

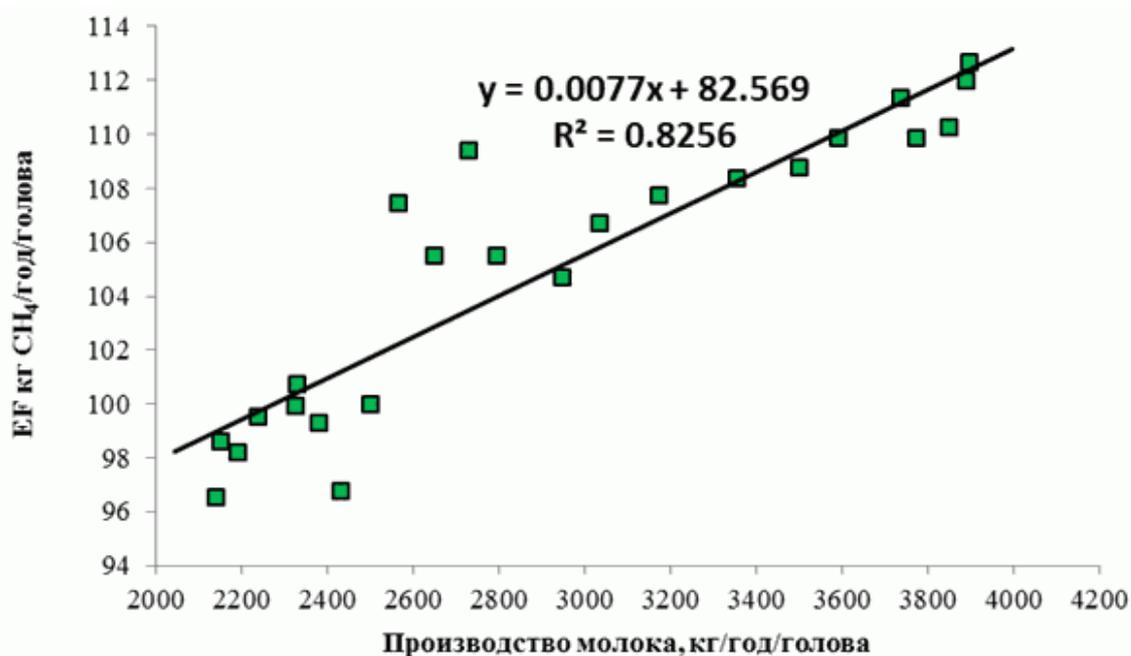


Рисунок 1.1 - Зависимость коэффициентов выброса метана при внутренней ферментации у коров от производства молока в расчете на одну голову

Подход уровня 2 к выбросам метана в результате внутренней ферментации

Метод уровня 2 применяется к менее обобщенным категориям поголовья скота и используется для расчета коэффициентов выбросов в отличие от значений по умолчанию. Ключевыми моментами для метода уровня 2 являются выведение коэффициентов выбросов и сбор подробных данных о деятельности.

Этап 1: Поголовье скота

Данные о поголовье животных и соответствующие данные о деятельности должны быть получены с использованием описанного в [разделе 1.2](#) подхода.

Этап 2: Коэффициенты выбросов

В тех случаях, когда используется метод уровня 2, коэффициенты выбросов оцениваются для каждой категории/подкатегории животных при помощи подробных данных, полученных на этапе 1.

Коэффициенты выбросов для каждой категории/подкатегории скота оцениваются на основе данных валовой потребляемой энергии и коэффициентов преобразования метана по этим категориям. Данные валовой потребляемой энергии должны быть получены с использованием описанного в [разделе 1.2](#) подхода. Для расчета коэффициентов выбросов по методу уровня 2 необходимы следующие два подэтапа:

Получение коэффициента преобразования метана (Y_m)

Степень, в которой энергия корма преобразуется в CH_4 , зависит от нескольких взаимодействующих факторов корма и вида животных. Если исследования по конкретным регионам не дают соответствующих коэффициентов преобразования CH_4 , для крупного рогатого скота могут быть использованы значения, показанные в таблице 1.5 (Коэффициенты преобразования CH_4 для крупного рогатого скота). Эти общие оценки являются приблизительным ориентиром, основанным на общих характеристиках корма и производственной практике, существующих во многих развитых и развивающихся регионах. При наличии хорошего корма (т.е. высокая усвояемость и высокая энергетическая ценность) следует использовать нижние граничные значения. При более бедных кормах (такие, как грубые корма) более подходящими являются верхние граничные значения. Для всех молодых особей, питающихся только молоком (т.е. ягнята и телята, питающиеся молоком), коэффициент преобразования CH_4 принимается равным нулю.

Таблица 1.5

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ CH_4 ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Категория скота	Y_m
Крупный рогатый скот, откармливаемый на кормовой площадке	3,0% +/- 1,0%

<a>	
Молочные коровы (крупный рогатый скот) и их молодняк	6,5% +/- 1,0%
Прочий крупный рогатый скот, который кормят в первую очередь низкокачественными растительными остатками и побочными продуктами	6,5% +/- 1,0%
Прочий крупный рогатый скот - выпас	6,5% +/- 1,0%

<a> Когда кормовые рационы содержат 90 или более процентов концентратов.

 Значения +/- представляют диапазон.

Региональные оценки производства внутреннего метана опираются на мелкомасштабные определения как Y_m , так и влияния характеристик корма и животных на Y_m . Традиционные методы измерения Y_m включают использование биокалориметров, куда помещают отдельных животных. Индикаторный метод с использованием SF_6 позволяет оценить выбросы метана от отдельных животных в разных условиях содержания, как в помещениях, так и на выпасе.

В таблице 1.6 представлено общее значение Y_m для всех взрослых овец независимо от качества кормов; раздельные значения приводятся только для взрослых и молодых овец (в возрасте < 1 года). Медианное значение подходит для большинства рационов, однако для низкокачественных кормов верхние граничные значения могут оказаться более подходящими, а для высокоусвояемых, высококалорийных кормов могут использоваться нижние граничные значения.

Таблица 1.6

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ CH_4 ДЛЯ ОВЕЦ (Y_m)

Категория	Y_m <a>
Ягнята (< 1 года)	4,5% +/- 1,0%
Взрослые овцы	6,5% +/- 1,0%

<a> Значения +/- представляют диапазон.

Следует заметить, что в некоторых случаях для отдельных видов скота может не оказаться коэффициента преобразования CH_4 . В таких случаях может использоваться коэффициент преобразования CH_4 для наиболее близкого вида скота среди тех, которые уже учтены в отчетности. Например, для оценки коэффициента выбросов для верблюдов могут использоваться коэффициенты преобразования CH_4 для прочего КРС. Для свиней и других нежвачных животных может быть использовано значение Y_m , равное 0,6% +/- 0,1%.

Вывод коэффициента выбросов

Коэффициент выбросов для каждой категории/подкатегории животных следует выводить в соответствии с уравнением 1.6:

Уравнение 1.6

Коэффициенты выбросов CH_4 для внутренней ферментации от скота заданной категории

$$EF = \left[\frac{GE \cdot \left(\frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55,65} \right],$$

где:

EF - коэффициент выбросов, кг CH_4 /голова x год;

GE - валовое потребление энергии, МДж/голова * сутки;

Y_m - коэффициент преобразования метана, процентная доля валовой энергии в корме, преобразованная в метан.

Коэффициент 55,65 (МДж/кг CH_4) представляет собой энергосодержание метана.

Это уравнение коэффициента выбросов предполагает, что коэффициенты выбросов выводятся для категории скота на весь год (365 суток). Хотя обычно используется коэффициент выбросов для полного года, при некоторых обстоятельствах категория животных может определяться на более короткий период (например, на определенный сезон года или на 150-суточный период откорма на кормовой площадке). В этом случае коэффициент выбросов будет оцениваться для конкретного периода (например, 90 дней каждого сезона), а 365 суток будут заменены количеством суток в данном периоде. Определение периода, к которому применяется коэффициент выбросов, описано в [разделе 1.2](#).

Этап 3: Суммарные выбросы

Для оценки суммарных выбросов установленные коэффициенты выбросов умножаются на соответствующие значения поголовья животных и результаты суммируются. Как описано выше для уровня 1, оценки выбросов должны сообщаться в отчетности в гигаграммах (Гг).

1.3.3 Выбор данных о деятельности

Данные о поголовье скота должны быть получены с использованием описанного в [разделе 1.2](#) подхода. В случае использования коэффициентов выбросов при внутренней ферментации по умолчанию для скота ([таблицы 1.3](#) и [1.4](#)) для оценки достаточна базовая (уровень 1) характеристика поголовья скота. Для оценки выбросов при внутренней ферментации от скота с использованием оценки валовой потребляемой энергии ([уравнения 1.2](#), [1.3](#) и [1.6](#)) необходима характеристика уровня 2. Как отмечалось в разделе 1.2, эффективная практика для характеристики

поголовья скота заключается в подготовке единой информации, содержащей данные о деятельности для всех категорий выбросов, которые зависят от данных о поголовье скота.

1.4 ВЫБРОСЫ МЕТАНА В РЕЗУЛЬТАТЕ СБОРА И ХРАНЕНИЯ НАВОЗА И ПОМЕТА

В этом разделе представлена методика оценки выброса CH_4 , который образуется во время сбора и хранения навоза и от навоза, оставленного животными на пастбищах. Термин "навоз" используется в данном случае в общем смысле и включает как навоз/помет, так и мочу (т.е. сухие и жидкие вещества), которые выделяются скотом. Разложение навоза в анаэробных условиях (т.е. в отсутствие кислорода) в процессе хранения или обработки приводит к образованию CH_4 . Как правило, такие условия создаются при хранении, когда значительное количество животных содержится на ограниченной площади (например, свиноводческие и откормочные площадки для мясных пород скота), и там, где навоз утилизируется в жидкостных системах. Выбросы CH_4 , связанные с обработкой и хранением навоза, сообщаются в разделе отчетности "Сбор и хранение навоза и помета".

Основными факторами, влияющими на выбросы CH_4 , являются общее количество произведенного навоза и доля навоза, которая подвергается анаэробному разложению. Первый из указанных факторов зависит от темпов производства отходов в расчете на одно животное и количества животных, а второй - от того, как осуществляется сбор и хранение навоза и помета. В случае, когда навоз хранится и обрабатывается как жидкость (например, в отстойниках, прудах, резервуарах или ямах), он разлагается анаэробно и может образовать значительное количество CH_4 . Температура и время удерживания в накопителе сильно влияют на количество производимого метана. В случаях, когда навоз обрабатывается в твердом виде (например, в штабелях или кучах), или, когда навоз оставляется на пастбищах и выпасах животными, разложение происходит в аэробных условиях и выброс CH_4 меньше.

1.4.1 Выбор метода

Существуют два уровня для оценки выбросов CH_4 из навоза. Эффективной практикой является использование метода уровня 2 при наличии соответствующих исходных данных и коэффициентов, а также, если данная категория/подкатегория скота и птицы вносят существенный вклад в общий выброс от данного источника (более 25 - 30%).

Уровень 1

Упрощенный метод, при котором для оценки выбросов требуются лишь данные о поголовье скота с разбиением по видам/категориям/подкатегориям животных, климатическим регионам или температурным условиям в сочетании с коэффициентами выбросов по умолчанию. В связи с тем, что некоторые выбросы от систем сбора и хранения навоза и помета сильно зависят от температуры, эффективная практика заключается в оценке среднегодовой температуры в местностях, где производится сбор и хранение навоза и помета.

Уровень 2

Более сложный метод оценки выбросов CH_4 в результате сбора и хранения навоза и помета, который должен использоваться в случаях, когда какой-либо конкретный вид/категория или подкатегория скота, или птицы представляет существенную часть выбросов в регионе <1>. Этот метод требует наличия подробной информации о характеристиках животных, а также о практиках сбора и хранения навоза и помета; указанная информация используется для вывода коэффициентов выбросов для конкретных условий регионов.

<1> Согласно эмпирическому правилу, вид скота будет иметь существенное значение, если на его долю приходится 25 - 30% или более выбросов в данной категории.

Независимо от выбранного метода необходимо в первую очередь разделить поголовье скота на категории и подкатегории, как это описано в [разделе 1.2](#), в соответствии с данными по количеству навоза, производимого в расчете на одно животное.

Для оценки выбросов CH_4 в результате сбора и хранения навоза и помета используются следующие четыре этапа:

Этап 1: Собрать данные о поголовье скота на основании характеристики поголовья скота (см. [раздел 1.2](#)).

Этап 2: Использовать значения по умолчанию или вывести коэффициенты выбросов по конкретному региону для каждой подкатегории скота в килограммах метана в расчете на одно животное за год.

Этап 3: Умножить коэффициенты выбросов для подкатегории скота на соответствующее поголовье данной подкатегории для оценки выбросов от подкатегорий и просуммировать результаты по всем подкатегориям для оценки суммарных выбросов от каждого вида скота.

Этап 4: Просуммировать выбросы от всех установленных видов скота для определения выбросов в региональном масштабе.

Уравнение 1.7 показывает каким образом рассчитывать выбросы CH_4 в результате сбора и хранения навоза и помета:

Уравнение 1.7

Выбросы CH_4 в результате сбора и хранения навоза и помета

$$CH_{4\text{Навоз}} = \sum_{(T)} \frac{(EF_{(T)} \cdot N_{(T)})}{10^6},$$

где:

$CH_{4\text{Навоз}}$ - выбросы CH_4 в результате сбора и хранения навоза и помета для всех установленных видов скота и птицы в Гг CH_4 /год;

$EF_{(T)}$ - коэффициент выбросов для каждой категории/подкатегории скота и птицы, кг CH_4 /голова x год;

$N_{(T)}$ - количество голов категории/подкатегории скота и птицы T в регионе;

T - вид/категория/подкатегория скота и птицы.

1.4.2 Выбор коэффициентов выбросов

Лучшим способом для определения коэффициентов выбросов является проведение экспериментальных измерений выбросов в фактических системах, представляющих используемые в регионе системы сбора и хранения. Эти результаты могут быть использованы для разработки моделей по оценке коэффициентов выбросов (уровень 3). Подобные измерения провести нелегко, и для этого требуются значительные ресурсы, квалификация и оборудование, которые могут отсутствовать. В этой связи, несмотря на рекомендацию применения подобного подхода для повышения точности, он не требуется для эффективной практики. В данном разделе представлены две альтернативные возможности для вывода коэффициентов выбросов; при этом выбор коэффициентов выбросов зависит от выбранного для оценки выбросов метода (т.е. уровень 1 или уровень 2).

Уровень 1

При использовании метода уровня 1 применяются коэффициенты выбросов метана по категориям или подкатегориям скота. В [таблицах 1.7, 1.8 и 1.9](#) представлены коэффициенты выбросов для различных среднегодовых температур и для каждой из рекомендуемых подкатегорий поголовья. Эти коэффициенты выбросов представляют диапазон содержания летучих твердых веществ в навозе и используемых в каждом регионе практик сбора и хранения навоза и помета, а также различия в выбросах в зависимости от температур.

В [таблице 1.7](#) показаны коэффициенты выбросов по умолчанию для крупного рогатого скота и свиней для каждого региона и температурной классификации. Коэффициенты выбросов приводятся для указанных среднегодовых температур и климатических зон, в условиях которых производится сбор и хранение навоза и помета. Температурные данные должны основываться на региональной метеорологической статистике, если она имеется. Регионы должны оценить процентную долю поголовья животных в различных температурных зонах и рассчитать средневзвешенное значение коэффициента выбросов. Если это не представляется возможным, то может использоваться среднегодовая температура для всего региона, однако при этом оценки для выбросов, которые сильно зависят от изменений температуры (например, системы с жидким навозом/навозной жижей), не будут точными. Для диапазона между среднегодовыми температурами $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ коэффициенты могут быть получены методом интерполяции крайних значений, представленных в [таблице 1.7](#).

В [таблицах 1.8 и 1.9](#) представлены коэффициенты выбросов по умолчанию при сборе, хранении и использовании навоза других видов животных. Исключая категорию "несушки (влажный)", указанные коэффициенты выбросов отражают тот факт, что практически весь навоз от этих животных обрабатывается в системах уборки, хранения и использования "сухого" навоза, включая пастбища и выпасы, загоны для кормления и суточное разбрасывание на полях.

Таблица 1.7

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ МЕТАНА В РЕЗУЛЬТАТЕ СБОРА И ХРАНЕНИЯ НАВОЗА И ПОМЕТА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА (КРС) И СВИНЕЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР ($\text{КГ CH}_4/\text{ГОЛОВА} * \text{ГОД}$)

Региональные характеристики	Виды животных	Коэффициенты выбросов CH ₄ для различных среднегодовых температур (°C) и климатических условий												
		Холодный							Умеренный					
		-5,5 <1>	...	< 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
РФ: Для большей части навоза используются системы обработки сухого навоза. Примерно третья часть навоза скота обрабатывается в жидкостных системах	Молочные коровы	4,8	...	11	12	13	14	15	20	21	22	23	25	27
	Остальное поголовье КРС	3,0	...	6	6	7	7	8	9	10	11	11	12	13
	Товарные свиньи	3	...	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5
	Племенные свиньи	3	...	4	5	5	5	5	6	7	7	7	8	8

Неопределенность для этих коэффициентов выбросов составляет +/- 30%.

<1> Данные в среднем по территории РФ. Для диапазона между среднегодовыми температурами -5,5 °С и 10 °С коэффициенты могут быть получены методом интерполяции крайних значений.

Таблица 1.8

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ МЕТАНА В РЕЗУЛЬТАТЕ СБОРА И ХРАНЕНИЯ
НАВОЗА ОВЕЦ, КОЗ, ВЕРБЛЮДОВ, ЛОШАДЕЙ, МУЛОВ И ОСЛОВ, А ТАКЖЕ
ПОМЕТА ДОМАШНИХ ПТИЦ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ
(КГ СН₄/ГОЛОВА * ГОД)

Виды животных	Коэффициенты выбросов СН ₄ для различных среднегодовых температур (°С) и климатических условий	
	Холодный (< 15 °С)	Умеренный (15 - 25 °С)
Овцы	0,19	0,28
Козы	0,13	0,20
Верблюды	1,58	2,37
Лошади	1,56	2,34
Мулы и ослы	0,76	1,10
Домашняя птица		
Несушки (сухой) <a>	0,03	0,03
Несушки (влажный) 	1,2	1,4
Бройлеры	0,02	0,02
Индейки	0,09	0,09
Утки	0,02	0,03

Неопределенность для этих коэффициентов выбросов составляет +/- 30%.

<a> Птицеводческие хозяйства, практикующие обработку сухого навоза.

 Птицеводческие хозяйства, практикующие обработку навоза как жидкости, например, хранящейся в анаэробном отстойнике.

Таблица 1.9

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ МЕТАНА В РЕЗУЛЬТАТЕ СБОРА И ХРАНЕНИЯ
НАВОЗА И ПОМЕТА ОЛЕНЕЙ, СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ, КРОЛИКОВ
И ПУШНЫХ ЗВЕРЕЙ**

Виды животных	Коэффициент выбросов CH ₄ (кг CH ₄ /голова * год)
Олени	0,22
Северные олени	0,36
Кролики	0,08
Пушные звери (например, лисы, норки)	0,68

Неопределенность для этих коэффициентов выбросов составляет +/- 30%.

Уровень 2

Метод уровня 2 применим в том случае, когда сбор и хранение навоза и помета являются ключевой категорией, или, когда данные, использованные для разработки значений по умолчанию, не согласуются надлежащим образом с существующими в регионе поголовьем скота и условиями сбора и хранения навоза и помета. Так как характеристики крупного рогатого скота и свиней и системы сбора и хранения навоза и помета могут значительно варьировать по различным регионам, то регионы с большими поголовьями этих животных должны рассмотреть возможность использования метода уровня 2 для оценки выбросов метана от навоза КРС и свиней. Метод уровня 2 опирается на два основных типа поступлений, которые влияют на расчет коэффициентов выбросов метана из навоза:

Характеристики навоза. Включают количество летучих твердых веществ (VS), содержащихся в навозе, и максимальное количество метана, которое может быть выработано из данного навоза (V_o). Производство VS навоза может быть оценено на основе значений потребления и перевариваемости кормов, которые являются переменными, используемыми также для вывода на уровне 2 коэффициентов выбросов в результате внутренней ферментации. В качестве альтернативы темпы производства VS могут основываться на лабораторных измерениях, проводимых на навозе скота. V_o варьирует для разных видов/категорий животных и режимов кормления и представляет собой теоретически возможный выброс метана на основе данных по количеству VS в навозе. Подстилка (солома, опилки, щепа и т.д.) не включается в моделирование VS в рамках метода уровня 2. Вклад этих материалов не приводит к существенному увеличению общего выброса метана, так как их использование обычно связано с системами хранения сухих отходов.

Характеристики систем сбора и хранения навоза и помета. Включают тип систем, используемых для сбора и хранения навоза и помета, и коэффициент преобразования метана (MCF) по каждой конкретной системе, который отражает достигнутую долю V_o. Для оценки части навоза, которая обрабатывается в каждой из систем сбора, используются региональные оценки систем сбора и хранения навоза и помета. В [таблице 1.10](#) приводится описание систем сбора и хранения навоза и помета. MCF систем варьирует в зависимости от системы, в которой производится сбор и хранение навоза и помета, а также климата и теоретически может изменяться

от 0 до 100%. Как температура, так и время удерживания в накопителе играют важную роль в расчете МСФ. Обработка навоза в течение продолжительного времени как жидкости при теплых условиях способствует образованию метана. Такие условия сбора и хранения навоза и помета могут характеризоваться высокими значениями МСФ на уровне от 65 до 80%. Навоз, обрабатываемый в виде сухого вещества в условиях холодного климата, производит лишь небольшое количество метана и поэтому имеет МСФ порядка 1%.

В таблице 1.10 приведено соотношение систем сбора и хранения навоза и помета в целом по Российской Федерации согласно данным (Российская, 2006 -...). Эти соотношения могут быть использованы в качестве данных по умолчанию, если более точные региональные значения недоступны.

Таблица 1.10

**СООТНОШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТИПОВ СИСТЕМ СБОРА, ХРАНЕНИЯ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАВОЗА И ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА ДЛЯ РАЗНЫХ
КАТЕГОРИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ В РОССИИ, %**

Категория сельскохозяйственных животных и птицы	Тип системы сбора и хранения навоза (помета)		
	Жидкое хранение (с естественной поверхностной коркой) <1>	Сухое хранение	Пастбища и выпасы <2>
Коровы	0,0	79,9	20,1
КРС (без коров)	14,1	58,6	27,3
Птица	0,0	93,5	6,5
Овцы	0,0	81,6	18,4
Козы	0,0	81,6	18,4
Свиньи	67,7	32,3	0,0
Лошади	0,0	81,6	18,4
Верблюды	0,0	81,6	18,4
Мулы	0,0	81,6	18,4
Ослы	0,0	81,6	18,4
Северные олени	0,0	81,6	18,4
Кролики	0,0	100	0,0
Пушные звери (лисицы, песцы, норки)	0,0	100	0,0
Нутрии	100	0,0	0,0

<1> Доля систем жидкого хранения может быть определена на основе соотношения поголовья молодняка, находящегося на откорме, и общей популяции каждой категории/подкатегории животных.

<2> Доля годового времени, проводимого животными на пастбищах, может быть принята равной доле пастбищных кормов в годовом рационе данной категории/подкатегории животных.

Вывод коэффициентов выбросов уровня 2 включает в себя определение средневзвешенного значения MCF с использованием оценок навоза, обрабатываемого в каждой из систем утилизации отходов в пределах каждого климатического региона. Среднее значение MCF затем умножается на темпы выделения VS и на B_o для категорий скота и птицы. Оценка производится с помощью следующего уравнения:

Уравнение 1.8

Коэффициент выбросов CH_4 в результате сбора и хранения навоза и помета

$$EF_{(T)} = (VS_{(T)} \cdot 365) \cdot \left[B_{o(T)} \cdot 0,67 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \sum_{S,k} \frac{MCF_{S,k}}{100} \cdot MS_{(T,S,k)} \right],$$

где:

$EF_{(T)}$ - коэффициент годовых выбросов CH_4 для заданной категории/подкатегории T скота и птицы, кг CH_4 /животное * год;

$VS_{(T)}$ - суточное выделение летучего твердого вещества для заданной категории/подкатегории T скота и птицы, кг сух. в-ва/животное * год;

365 - основа для расчета годового производства VS, сутки/год;

$B_{o(T)}$ - максимальная метанопродуцирующая способность для навоза скота (помета птицы) категории/подкатегории T, $\text{m}^3 CH_4/\text{кг}$ выделенных VS;

0,67 - коэффициент преобразования $\text{m}^3 CH_4$ в килограммы CH_4 ;

$MCF_{(S,k)}$ - коэффициенты преобразования метана для каждой системы S сбора и хранения навоза и помета по климатическому региону k, %;

$MS_{(T,S,k)}$ - доля навоза (помета птицы) от категории/подкатегории T скота, которая обрабатывается с использованием определенной системы S сбора и хранения навоза и помета в климатическом регионе k, не имеет размерности.

В целях улучшения основы для выполнения оценок могут использоваться программы измерений. В частности, измерения выбросов от систем сбора и хранения навоза и помета при полевых условиях являются полезными для подтверждения MCF.

Поскольку выбросы могут в значительной мере отличаться друг от друга в зависимости от региона и вида/категории скота, оценки выбросов должны отражать разнообразие поголовья животных и диапазон их рационов и практику в области сбора и хранения навоза и помета в регионе. Для этого может потребоваться подготовка отдельных оценок по отдельным районам. Коэффициенты выбросов следует периодически обновлять для учета изменений в характеристиках навоза и в практике сбора и хранения навоза и помета. Эти пересмотры должны быть основаны на надежных данных, прошедших научную проверку.

Темпы выделения VS

Летучие твердые вещества (VS) представляют собой органические вещества в составе навоза скота и состоят как из биоразлагаемых, так и небiorазлагаемых фракций. Для уравнения 1.9 требуются суммарные VS (как биоразлагаемые, так и небiorазлагаемые фракции), выделяемые каждым видом животных, так как значения V_0 основываются на суммарных VS, поступающих в системы. Наилучшим способом получения среднесуточных темпов выделения VS является использование данных из региональных опубликованных источников или справочных данных. В случае отсутствия этих данных среднесуточные темпы выделения VS по конкретным регионам можно оценить по объемам потребления кормов. Потребление кормов для крупного рогатого скота может быть оценено с использованием метода "расширенной" характеристики, описанного в [разделе 1.2](#). Это также обеспечит согласованность данных, лежащих в основе оценок выбросов. Для оценки потребления кормов свиньями могут потребоваться данные по свиноводству в конкретном регионе.

Содержание VS в навозе равно неперевариваемой доле потребленного корма, выделяющейся в виде фекального материала, который в комбинации с мочевидами образует навоз. В процессе оценки внутренних выбросов метана регионы должны оценить валовую потребляемую энергию (GE) ([раздел 1.2](#), [уравнение 1.3](#)) и ее фракционную перевариваемость (DE).

Уравнение 1.9

Темпы выделения летучих твердых веществ

$$VS = \left[GE \cdot \left(1 - \frac{DE\%}{100} \right) + (UE \cdot GE) \right] \cdot \left[\left(\frac{1 - ASH}{18,45} \right) \right],$$

где:

VS - выделение летучих твердых веществ в сутки на основе массы сухого органического вещества, кг VS/сутки;

GE - валовая потребляемая энергия, МДж/сутки;

DE% - перевариваемость корма, в процентах (например, 60%);

(UE · GE) - энергия, теряемая с мочой (энергия мочи), выраженная в виде доли GE. Для большинства жвачных в общем случае можно принять, что теряемая с мочой энергия равна 0,04GE (с уменьшением до 0,02 для жвачных, в рационе которых содержится 85% и более зерна или для свиней). Использовать значения по конкретному региону там, где это возможно;

ASH - содержание золы в навозе, рассчитанное в виде доли потребляемого сухого вещества

корма (например, 0,08 для крупного рогатого скота). Использовать значения по конкретному региону там, где это возможно;

18,45 - коэффициент преобразования GE в расчет на кг сухого вещества (МДж/кг). Эта величина является относительно постоянной для широкого диапазона фуража и кормов на основе зерновых, обычно потребляемых скотом.

Репрезентативные значения DE% для различных категорий скота представлены в [таблице 1.1](#), в [разделе 1.2](#) настоящего руководства. Содержание золы для различных видов скота может варьировать в широком диапазоне и должно отражать региональные условия.

Значения V_0

Максимальная метанопродуцирующая способность навоза (V_0) варьирует по видам животных и рационам.

Предпочтительный метод получения значений измерения V_0 заключается в использовании данных из опубликованных источников по конкретным регионам, полученных путем измерения стандартизированным методом. Важно стандартизировать измерение V_0 , включая метод выборки, и подтвердить, основаны ли значения на суммарных выделяемых VS или биоразлагаемых VS, так как расчеты уровня 2 основываются на суммарных выделяемых VS. В случае отсутствия значений V_0 , полученных путем измерений в конкретных регионах, можно использовать значения по умолчанию, приведенные в таблице 1.11.

Таблица 1.11

ЗНАЧЕНИЯ V_0 ДЛЯ НАВОЗА РАЗНЫХ КАТЕГОРИЙ СКОТА И ПТИЦЫ ($M^3 CH_4/KG VS$)

Категории животных и птицы	Значения V_0
Коровы	0,24
Остальное поголовье КРС	0,17
Свиньи	0,45
Овцы	0,19
Козы	0,18
Верблюды	0,26
Лошади	0,30
Мулы и ослы	0,33
Домашняя птица	
Несушки (сухой) <a>	0,39
Несушки (влажный) 	0,39

Бройлеры	0,36
Индейки	0,36
Утки	0,36
Северные олени	0,19
Кролики	0,32
Пушные звери	0,25
Страусы	0,25

МСФ

В [таблице 1.12](#) представлены значения коэффициентов преобразования метана (МСФ) по умолчанию для различных систем сбора и хранения навоза и помета, а также среднегодовых температур. Значения МСФ определяются для конкретной системы сбора и хранения навоза и помета и представляют степень реализации V_0 . На количество метана, произведенного конкретной системой сбора и хранения навоза и помета, влияет степень имеющихся анаэробных условий, температура системы и время удерживания органического материала в системе. Представленные в [таблице 1.12](#) значения по умолчанию МСФ для отстойников учитывают влияние продолжительного времени удерживания, и поэтому являются более высокими, чем для обычных в большинстве случаев условий.

Так как жидкостные системы очень чувствительны к воздействию температуры, то по возможности значения МСФ по умолчанию для этих систем приводятся в [таблице 1.12](#) для различных конкретных среднегодовых температур. Для зон с чрезвычайно низкими среднегодовыми температурами, ниже 10 °С, должны использоваться граничные (т.е. для 10 °С) значения или проводиться исследования значений для конкретных регионов.

Эти значения по умолчанию не могут охватить потенциально широкий разброс значений в рамках определенных категорий указанных систем. В этой связи следует по возможности разрабатывать МСФ для конкретных регионов, которые отражают конкретные системы сбора и хранения навоза и помета, применяемые в конкретных регионах. Это имеет особенно важно для регионов со значительным поголовьем скота или с большим разбросом среднегодовых температур. В подобных случаях, по возможности, следует проводить на местах измерения для каждого климатического района с тем, чтобы заменить значения МСФ по умолчанию. Измерения должны включать следующие факторы:

- время хранения/применения;
- характеристики кормления и животных по месту измерений (см. [раздел 1.2](#) о типе подходящих данных);
- продолжительность хранения;
- характеристики навоза (например, концентрации VS в притоках и стоках для жидкостных систем);
- определение количества навоза, оставленного в хранилище;

- время и температурные условия для хранения в помещении и на открытом воздухе;
- колебание суточной температуры;
- сезонное изменение температуры.

Таблица 1.12

**ЗНАЧЕНИЯ MCF ДЛЯ СИСТЕМ СБОРА И ХРАНЕНИЯ НАВОЗА
И ПОМЕТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

Система <a>		Значения MCF для различных среднегодовых температур (°C) и климатических условий											Примечания
		Холодный					Умеренный						
		< 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Пастбище/выпас/загон		1,0%					1,5%						
Суточный разброс		0,1%					0,5%						
Сухое хранение		2,0%					4,0%						Выбросы находятся в среднем на уровне примерно 2% зимой и 4% летом.
Загон для кормления		1,0%					1,5%						
Жидкий навоз/жижа	С естественной поверхностной коркой	10%	11 %	13 %	14 %	15 %	17 %	18 %	20 %	22 %	24 %	26 %	Оцениваемое снижение при образовании поверхностной корки (40%) представляет собой среднегодовое значение, основанное на ограниченном наборе данных, и может варьировать в широких пределах в зависимости от температуры, количества осадков и состава. Если резервуары для навозной жижи используются в качестве систем

														хранения/сбраживания, то МСФ следует рассчитывать в соответствии с формулой 1 ниже.
	Без естественной поверхностной корки	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%		Если резервуары для навозной жижи используются в качестве систем хранения/сбраживания, то МСФ следует рассчитывать в соответствии с формулой 1 ниже.
Открытый анаэробный отстойник		66%	68%	70%	71%	73%	74%	75%	76%	77%	77%	78%		МСФ для открытых отстойников варьирует в зависимости от нескольких факторов, в том числе от температуры, времени удерживания и потерь летучих твердых веществ из системы (через удаление стоков и/или твердого вещества).
Хранение в ямах под стойлами животных	< 1 месяца	3%					3%						Для определения климатических условий необходимо учитывать температуру внешней среды, а не температуру в стойле. При использовании ям в качестве систем	

													хранения/сбраживания навоза МСФ следует рассчитывать в соответствии с формулой 1 ниже.
	> 1 месяца	17%	19 %	20 %	22 %	25 %	27 %	29 %	32 %	35 %	39 %	42 %	Для определения климатических условий необходимо учитывать температуру внешней среды, а не температуру в стойле. При использовании ям в качестве систем хранения/сбраживания навоза МСФ следует рассчитывать в соответствии с формулой 1 ниже.
Установка для анаэробного сбраживания		0 - 100%					0 - 100%						Следует подразделить на разные категории в зависимости используемого объема биогаза, его сжигания в факеле и хранения после сбраживания. Расчет при помощи формулы 1 ниже.
Глубокая подстилка для крупного рогатого скота и свиней	< 1 месяца	3%					3%						Выбросы ожидаются схожими и, возможно, большими, чем при хранении в ямах, в зависимости от органического содержания и влажности.

	> 1 месяца	17%	19 %	20 %	22 %	25 %	27 %	29 %	32 %	35 %	39 %	42 %	
Компостирование - в емкостях 		0,5%							0,5%				Значения MCF составляют менее половины соответствующих значений для хранения сухого навоза. Нет температурной зависимости.
Компостирование - в статических кучах 		0,5%							0,5%				Значения MCF составляют менее половины соответствующих значений для хранения сухого навоза. Нет температурной зависимости.
Компостирование - в компостных рядах с интенсивной аэрацией 		0,5%							1,0%				Значения MCF несколько меньше соответствующих значений для хранения сухого навоза. Меньшая зависимость от температуры.
Компостирование - в компостных рядах с неинтенсивной (пассивной) аэрацией 		0,5%							1,0%				Значения MCF несколько меньше соответствующих значений для хранения сухого навоза. Меньшая зависимость от температуры.
Помет домашней птицы с подстилкой		1,5%							1,5%				Значения MCF аналогичны

			соответствующим значениям для хранения сухого помета, но, обычно, при постоянных теплых условиях.
Помет домашней птицы без подстилки	1,5%	1,5%	Значения MCF аналогичны соответствующим значениям для откормочной площадки.
Аэробная обработка	0%	0%	Значения MCF близки к нулю. Аэробная обработка может привести к накоплению осадка, который может обрабатываться в других системах. Осадок необходимо удалять, и он характеризуется большими значениями VS. Важно определить последующий процесс работы с осадком и оценить выбросы, возникающие в результате этого, если они являются существенными.

Формула 1 (временные рамки для поступлений навоза должны соответствовать периоду работы установки сбраживания):

$$MCF = \left[\left\{ CH_{4\text{произв.}} - CH_{4\text{исп.}} - CH_{4\text{сжиг.}} + \left(MCF_{\text{хранение}} / 100 * V_o * \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. * VS_{\text{хранение}} * 0,67 \right) \right\} / \left(V_o * VS_{\text{хранение}} * 0,67 \right) \right] * 100,$$

где:

$CH_{4\text{произв.}}$ = производство метана в установке сбраживания (кг CH_4). Примечание: В случае использования газонепроницаемой крышки для хранилища сброженного навоза следует учитывать образование газа при его хранении.

$CH_{4\text{исп.}}$ = количество метана, используемого для энергетических целей (кг CH_4).

$CH_{4\text{сжиг.}}$ = количество метана, сжигаемого в факеле (кг CH_4).

$MCF_{\text{хранение}}$ = MCF для CH_4 , выбрасываемого во время хранения сброженного навоза (%).

$VS_{\text{хранение}}$ = количество выделяемого VS, которое поступает в хранилище до сбраживания (кг VS).

В случае использования газонепроницаемого хранилища: $MCF_{\text{хранение}} = 0$; в противном случае $MCF_{\text{хранение}} =$ значение MCF для жидкого хранения.

<a> В [таблице 1.13](#) приводятся определения для систем сбора и хранения навоза и помета.

 Компостирование представляет собой биологическое окисление твердых отходов, включающих навоз, обычно с подстилкой, или другой источник органического углерода, как правило, при термофильных температурных условиях, создаваемых за счет вырабатываемого микробами тепла.

1.4.3 Выбор данных о деятельности

Существуют два основных типа данных о деятельности для оценки выбросов CH_4 в результате сбора и хранения навоза и помета: 1) данные о поголовье животных и 2) данные о применении систем сбора и хранения навоза и помета.

Данные о поголовье животных должны быть получены с использованием описанного в [разделе 1.2](#) подхода. Как отмечалось в разделе 1.2, эффективная практика заключается в подготовке единой характеристики скота и птицы, которая будет содержать данные о деятельности для всех категорий/подкатегорий выбросов на основе данных о поголовье скота. Важно отметить, однако, что уровень детализации данных о поголовье скота, необходимый для оценки выбросов в результате сбора и хранения навоза и помета, может отличаться от уровней, используемых для других категорий, таких как внутренняя ферментация. Например, для некоторых видов/категорий поголовья скота, таких как крупный рогатый скот, расширенная характеристика, необходимая для оценки внутренней ферментации по методу уровня 2, может быть обобщена до более широких категорий, которые являются достаточными для этой категории.

Для других видов скота, таких как свиньи, может оказаться предпочтительным иметь большую степень разукрупнения весовых категорий для расчетов, связанных со сбором, хранением и использованием навоза, чем для расчетов, связанных с внутренней ферментацией. Тем не менее, по всему кадастру (инвентаризации) должна поддерживаться согласованность в суммарных категориях скота.

Проводящим инвентаризацию учреждениям в регионах с различными климатическими зонами предлагается получить данные о поголовье для каждой основной климатической зоны. Кроме того, для местностей, где навоз скота обрабатывается в системах жидкого хранения (например, в ямах, резервуарах или отстойниках), необходимо получить данные по среднегодовым температурам. Это позволит осуществить более конкретный выбор коэффициентов по умолчанию или значений MCF для систем, отличающихся большей чувствительностью к изменениям температур. В идеальном варианте разбивка поголовья по зонам может быть получена на основе зональной статистики по животноводству, а температурные данные могут быть получены из региональной метеорологической статистики. В случае отсутствия данных по зонам следует провести консультации с экспертами относительно зональных распределений производства (например, молока, мяса и шерсти) или распределении земель; на основании этого может быть получена информация, необходимая для оценки распределения животных по климатическим зонам.

Для внедрения метода уровня 2 необходимо также собрать данные о доле навоза, обрабатываемой в каждой из систем сбора и хранения навоза и помета, для каждого репрезентативного вида животных. В [таблице 1.13](#) кратко описаны основные типы систем сбора и хранения навоза и помета. Для определения того, считается ли данная система предназначенной для хранения сухого или жидкого навоза/навозной жижи, следует пользоваться количественными данными. В качестве граничного значения, разделяющего сухие и жидкие отходы, может быть принято 20% содержания сухого вещества. Следует заметить, что в некоторых случаях навоз может обрабатываться в нескольких типах систем сбора и хранения навоза и помета. Например, навоз, смываемый в анаэробный отстойник из коровника с беспривязным содержанием скота, может сначала пройти через сепаратор, в котором происходит отделение некоторой части твердых частиц, обрабатываемых далее отдельно. Поэтому, важно аккуратно учитывать фракцию навоза, которая обрабатывается в каждом типе системы.

Учитывая, что регулярно публикуемая региональная статистика по данным о распределении систем сбора и хранения навоза и помета в Российской Федерации отсутствует, предпочтительным альтернативным вариантом является проведение независимого обследования того, каким образом используются системы сбора и хранения навоза и помета. При отсутствии ресурсов для проведения обследования следует провести консультации с экспертами для получения заключения о распределении систем. В общей части настоящих Методических рекомендаций дается описание того, каким образом можно получить экспертную оценку при сборе исходных данных. Аналогичные составленные экспертами протоколы могут быть использованы для получения данных о распределении вышеуказанных систем.

Таблица 1.13

ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИСТЕМ СБОРА И ХРАНЕНИЯ НАВОЗА И ПОМЕТА

Система	Определение
Пастбище/выпас/загон	Навоз/помет от животных и птицы, которые пасутся на

	пастбище и выпасе, остается неубранным там, где его оставили животные, и не обрабатывается.
Суточное разбрасывание <a>	Навоз регулярно убирается из помещений, где содержится скот, и вносится в возделываемые земли или пастбища в течение 24 часов после выделения.
Сухое хранение	Хранение навоза, обычно в течение нескольких месяцев, в кучах или штабелях вне помещений. Навоз можно штабелировать благодаря присутствию достаточного количества подстилочного материала или потерь влаги через испарение.
Загон для кормления	Мощенная или немощенная открытая площадка для безвыгульного содержания без какого-либо существенного растительного покрова, с которой накапливающийся навоз может периодически убираться.
Жидкий навоз/жижа	Навоз хранится в том виде, в каком он был выделен животными, или с некоторой минимальной добавкой воды в резервуарах или земляных прудах за пределами мест содержания, обычно в течение срока менее одного года.
Открытый анаэробный отстойник	Один из типов системы жидкого хранения, разработанный и используемый для сочетания стабилизации и хранения отходов. Надосадочная жидкость в отстойниках обычно используется для перемещения навоза из помещений, где содержится скот, в отстойники. Анаэробные отстойники предназначены для хранения в течение различных сроков (до 1 года и больше) в зависимости от климатического региона; показателя нагрузки, связанного с летучими твердыми веществами, и других рабочих параметров. Вода из этого отстойника может повторно использоваться для смыва или применяться для ирригации и удобрения полей.
Хранение в ямах под стойлами животных	Сбор и хранение навоза, обычно с небольшой добавкой воды или без нее, обычно под решетчатым полом в закрытых помещениях для содержания скота, обычно на протяжении срока менее одного года.
Установка для анаэробного сбраживания	Выделения животных с соломой или без соломы собираются и подвергаются анаэробному сбраживанию в большой в герметично закрытой емкости или в отстойнике с закрытой крышкой. Установки для сбраживания предназначены для стабилизации отходов путем микробного восстановления сложных органических соединений до CO ₂ и CH ₄ , который улавливается и сжигается в факелах или используется в качестве топлива.
Глубокая подстилка крупного рогатого	По мере накопления навоза производится непрерывное добавление подстилки для абсорбции влаги в процессе

скота и свиней	производственного цикла, обычно на протяжении 6 - 12 месяцев. Эта система сбора и хранения навоза и помета известна также как система с подстилочным узлом и может использоваться в сочетании с загоном для кормления или пастбищем.
Компостирование - в емкостях 	Компостирование обычно производится в закрытых канавах с принудительной аэрацией и непрерывным перемешиванием.
Компостирование - в статических кучах 	Компостирование в кучах с принудительной аэрацией, но без перемешивания.
Компостирование - в компостных рядах с интенсивной аэрацией	Компостирование в компостных рядах с регулярным (по крайней мере, ежедневно) перемешиванием для обеспечения аэрации.
Компостирование - в компостных рядах с пассивной аэрацией	Компостирование в компостных рядах с нечастым перемешиванием для обеспечения аэрации.
Помет домашней птицы с подстилкой	Аналогия с глубокой подстилкой для крупного рогатого скота и свиней, но обычно не сочетается с загоном для кормления и пастбищем. Обычно применяется для всех племенных стад домашней птицы, а также для производства мясных цыплят-бройлеров и прочей домашней птицы.
Помет домашней птицы без подстилки	Эта система может быть аналогичной открытым ямам в помещениях для содержания скота или может разрабатываться и использоваться для высушивания помета по мере его накопления. Последняя система известна как система сбора и хранения навоза и помета с высокоподнятым птичником и является формой пассивного компостирования в компостных рядах при надлежащей разработке и эксплуатации.
Аэробная обработка	Биологическое окисление навоза, собранного в жидком виде, с использованием принудительной или естественной аэрации. Естественная аэрация ограничивается аэробными или аэробно-анаэробными прудами-накопителями, а также системами водно-болотных угодий и в основном обусловлена фотосинтезом. Поэтому эти системы обычно становятся анаэробными во время периодов отсутствия солнечного света.

<a> Как правило, суточное разбрасывание в Российской Федерации не применяется ввиду необходимости предварительного обеззараживания навоза и помета в результате хранения (в среднем около 6 месяцев).

 Компостирование представляет собой биологическое окисление твердых отходов, включающих навоз, обычно с подстилкой, или другой источник органического углерода, как правило, при термофильных температурных условиях, создаваемых за счет вырабатываемого

микробами тепла.

1.5 ВЫБРОСЫ N₂O В РЕЗУЛЬТАТЕ СБОРА И ХРАНЕНИЯ НАВОЗА И ПОМЕТА

В данном разделе представлена методика оценки выброса N₂O, производимого в результате прямого или косвенного процесса во время хранения и обработки навоза до его внесения в почву или иного использования в кормах, в качестве топлива и в строительстве. Термин "навоз" используется в данном случае в общем смысле и включает как навоз/помет, так и мочу (т.е. сухие и жидкие вещества), которые выделяются скотом. Выбросы N₂O от навоза в системе "пастбища, выпасы и загоны", происходят прямо и косвенно из почвы, поэтому в данных методических рекомендациях они рассматриваются в рамках категории "выбросы N₂O из обрабатываемых почв" (см. главу 2). Выбросы, связанные со сжиганием навоза/помета в качестве топлива, должны сообщаться в рамках категории "Сжигание топлива" (сектор "Энергетика") или в разделе "Сжигание отходов" (сектор "Отходы"), если сжигание производится без использования энергии.

Прямые выбросы N₂O происходят в ходе комбинированной нитрификации-денитрификации содержащегося в навозе азота. Выброс N₂O из навоза во время хранения и обработки зависит от содержания азота и углерода в навозе, а также от продолжительности хранения и типа обработки. Нитрификация (окисление аммонийного азота до нитрата азота) является необходимой предпосылкой для выброса N₂O из навоза при хранении. Нитрификация может происходить в навозе при условии достаточного поступления кислорода. При анаэробных условиях нитрификация не происходит. Нитриты и нитраты трансформируются в N₂O и молекулярный азот (N₂) во время процесса денитрификации, который является анаэробным процессом. В научной литературе установлена общая зависимость, что отношение N₂O к N₂ возрастает с увеличением кислотности, концентрации нитратов и в условиях сниженной влажности. Таким образом, производство и выбросы N₂O из обрабатываемого навоза требуют присутствия либо нитритов, либо нитратов в анаэробной среде при предшествующих аэробных условиях, необходимых для образования этих окисленных форм азота. Кроме того, должны соблюдаться условия, препятствующие восстановлению N₂O до N₂, такие как низкая рН или ограниченная влажность.

Косвенные выбросы происходят в результате потерь летучего азота, главным образом в форме аммиака и NO_x. Часть выделяемого органического азота, которая минерализуется до аммонийного азота в процессе сбора и хранения навоза, зависит в основном от времени и в меньшей степени от температуры. Простые формы органического азота, такие как мочевина (млекопитающие) и мочевая кислота (домашняя птица), быстро минерализуются до аммонийного азота, который отличается высокой летучестью и легко диффундирует в окружающий воздух. Потери азота начинаются с момента выделения в месте содержания животных и в других зонах животноводческого производства (например, доильный зал) и продолжаются на всем протяжении сбора и обработки (т.е. в системах сбора и хранения навоза и помета). Азот также теряется через стоки и вымывание в почву из мест сухого хранения навоза вне помещений, на откормочных площадках и в местах выпаса животных на пастбищах. Потери на пастбищах рассматриваются отдельно в главе 2 (Выбросы N₂O из обрабатываемых почв) в качестве выбросов азотных соединений от пасущихся животных.

В связи со значительными прямыми и косвенными потерями азота в системах сбора и хранения навоза и помета важно оценить оставшееся количество азота в навозе, который может быть использован для внесения в почву или использован в качестве корма, топлива или в строительных целях. Именно это значение используется для расчета выбросов N₂O из обрабатываемых почв (см. главу 2). Методология для оценки количества азота, которое будет в конечном итоге содержаться в навозе, вносимом в обрабатываемые почвы или используемом в

качестве корма, топлива или в строительстве, описывается в настоящей главе в [разделе 1.5.4](#) (Согласованность с отчетностью по выбросам N₂O из обрабатываемых почв).

1.5.1 Выбор метода

Выбираемый метод и уровень детализации оценки выбросов N₂O из систем сбора и хранения навоза и помета будет зависеть от условий в данном регионе. Эффективной практикой является использование метода уровня 2 при наличии соответствующих исходных данных и коэффициентов, а также, если данная категория/подкатегория скота и птицы вносят существенный вклад в общий выброс от данной категории (более 25 - 30%).

Прямые выбросы N₂O в результате сбора и хранения навоза и помета

Уровень 1

Метод уровня 1 предполагает умножение общего количества выделенного азота (всеми видами/категориями животных) в каждой системе сбора и хранения навоза и помета на коэффициент выбросов для данного типа системы сбора и хранения навоза и помета (см. [уравнение 1.10](#)). После этого производится суммирование выбросов по всем упомянутым системам. Метод уровня 1 применяется с использованием предоставленных в данном руководстве коэффициентов выбросов N₂O по умолчанию, данных по выделению (экскреции) азота по умолчанию и данных по умолчанию для системы сбора и хранения навоза и помета (см. [таблицу 1.10](#) для распределений по умолчанию систем сбора и хранения навоза и помета).

Уровень 2

В методе уровня 2 расчеты производятся по тому же уравнению, что и для уровня 1, но при этом используются данные по конкретному региону для некоторых или всех переменных. Например, использование конкретных для региона темпов выделения азота для категорий скота предполагает методологию уровня 2.

Для оценки выбросов от систем сбора и хранения навоза и помета необходимо в первую очередь разделить поголовье скота на категории и подкатегории в соответствии с количеством навоза, которое производится в расчете на одно животное, а также по способу обработки этого навоза. Это разделение навоза по типу системы должно быть таким же, как разделение, использовавшееся для характеристики выбросов метана в результате сбора и хранения навоза и помета (см. [раздел 1.4](#)). Например, если для расчета выбросов CH₄ используются коэффициенты выбросов по умолчанию уровня 1, то должны применяться данные по применению систем сбора и хранения навоза и помета, приведенные в [таблице 1.10](#). Подобная информация о том, каким образом характеризовать поголовье скота для этой категории, приводится в [разделе 1.2](#).

Для оценки прямых выбросов N₂O в результате сбора и хранения навоза и помета используются следующие пять этапов:

Этап 1: Собрать данные о поголовье скота и птицы из характеристики поголовья скота и птицы.

Этап 2: Использовать значения по умолчанию или оценить среднегодовые темпы выделения азота животными/птицей в расчете на одну голову (N_{ex(T)}) для каждого определенного вида/категории и подкатегории скота T.

Этап 3: Использовать значения по умолчанию или определить долю суммарного годового выделения азота животными и птицей для каждого вида/категории/подкатегории скота Т, которая обрабатывается в каждой системе уборки, хранения и использования $S(MS_{(TS)})$.

Этап 4: Использовать значения по умолчанию или вывести коэффициенты выбросов N_2O для каждой системы сбора и хранения навоза и помета S ($EF_{3(S)}$).

Этап 5: Для каждой системы сбора и хранения навоза и помета типа S необходимо умножить ее коэффициент выбросов ($EF_{3(S)}$) на общее количество обрабатываемого азота (от всех видов/категорий/подкатегорий скота и птицы) в данной системе с тем, чтобы оценить выбросы N_2O из этой системы сбора и хранения навоза и помета. После этого необходимо просуммировать данные всех систем сбора и хранения навоза и помета.

В некоторых случаях азот навоза может обрабатываться в нескольких типах систем сбора, хранения и использования навоза. Например, навоз, смываемый из коровника с беспривязным содержанием скота в анаэробный отстойник, может сначала пройти через сепаратор, в котором происходит отделение некоторой части азота. Поэтому важно аккуратно учитывать долю азота в навозе, которая обрабатывается в каждом типе системы.

Расчет выбросов N_2O в результате сбора и хранения навоза и помета основан на следующем уравнении:

Уравнение 1.10

Прямые выбросы N_2O в результате сбора и хранения навоза и помета

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T \left(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \right] \cdot EF_{3(S)} \right] \cdot \frac{44}{28},$$

где:

$N_2O_{D(mm)}$ - прямые выбросы N_2O в результате сбора и хранения навоза и помета в регионе, кг N_2O /год;

$N_{(T)}$ = количество голов вида/категории/подкатегории скота и птицы Т в регионе;

$Nex_{(T)}$ - среднегодовое выделение азота на одну голову скота вида/категории/подкатегории Т в регионе, кг N/животное x год;

$MS_{(TS)}$ - доля суммарного годового выделения азота для каждого вида/категории/подкатегории скота и птицы Т, которая обрабатывается в рамках системы S сбора и хранения навоза и помета в данном регионе, не имеет размерности;

$EF_{3(S)}$ - коэффициент выбросов для прямых выбросов N_2O от системы сбора и хранения навоза и помета S в регионе, кг N_2O-N /кг N в системе S;

S - система сбора и хранения навоза и помета;

T - вид/категория/подкатегория скота и птицы;

44/28 - коэффициент преобразования выбросов из единиц азота (N_2O-N) в выбросы N_2O .

В процессе сбора и хранения навоза и помета возможны потери азота и в других формах (например, в форме аммиака и NO_x). Азот в форме летучего аммиака может переноситься с ветром и осаждаться в других местах и, таким образом, вносить вклад в косвенные выбросы N_2O (см. ниже). Оценка количества азота в навозе, которое непосредственно вносится в обрабатываемые почвы или доступно для использования с навозом в качестве корма, топлива или в строительстве, описывается в [разделе 1.5.4](#) (Согласованность с отчетностью по выбросам N_2O из обрабатываемых почв). Процедуры расчета выбросов N_2O , которые связаны с азотом обработанного навоза, вносимым в почву, приводятся в [главе 2](#).

Косвенные выбросы N_2O в результате сбора и хранения навоза и помета

Уровень 1

Расчет улетучивания азота в форме NH_3 и NO_x из систем сбора и хранения навоза и помета по методу уровня 1 основан на умножении количества азота, выделенного всеми видами/категориями/подкатегориями животных и птицы и обработанного в каждой из систем сбора и хранения навоза и помета, на соответствующую долю улетучившегося азота (см. уравнение 1.11). После этого производится суммирование потерь азота по всем упомянутым системам. Метод уровня 1 применяется с использованием данных по умолчанию по количеству выделения азота, данных по умолчанию для соотношения систем сбора и хранения навоза и помета (см. [таблицу 1.10](#)) и долей потерь азота по умолчанию из систем сбора и хранения навоза и помета в связи с улетучиванием (см. [таблицу 1.18](#)):

Уравнение 1.11

Потери азота через улетучивание в результате сбора и хранения навоза и помета

$$N_{\text{улетучивание-MMS}} = \sum_S \left[\sum_T \left[\left(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \cdot \left(\frac{Frac_{\text{ГазMS}}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right],$$

где:

$N_{\text{улетучивание-MMS}}$ - количество азота, которое теряется из навоза через улетучивание NH_3 и NO_x , кг N/год;

$N_{(T)}$ - количество голов вида/категории/подкатегории скота и птицы T в регионе;

$Nex_{(T)}$ - среднегодовое выделение азота на одну голову скота вида/категории/подкатегории T в регионе, кг N/животное x год;

$MS_{(T,S)}$ - доля суммарного годового выделения азота для каждого вида/категории/подкатегории скота и птицы T, которая обрабатывается в рамках определенной системы S сбора и хранения навоза и помета в данном регионе, не имеет размерности;

$Frac_{\text{ГазMS}}$ - процентная доля азота в обработанном навозе скота и птицы категории/подкатегории T, которая улетучивается в виде NH_3 и NO_x в данной системе сбора и

хранения навоза и помета S, %

Косвенные выбросы N₂O в результате улетучивания азота в форме NH₃ и NO_x оцениваются с использованием уравнения 1.12:

Уравнение 1.12

Косвенные выбросы N₂O, связанные с улетучиванием азота
в результате сбора и хранения навоза и помета

$$N_2O_{G(mm)} = \left(N_{\text{улетучивание-MMS}} \cdot EF_4 \right) \cdot \frac{44}{28},$$

где:

N₂O_{G(mm)} - косвенные выбросы N₂O, связанные с улетучиванием азота в результате сбора и хранения навоза и помета в регионе, кг N₂O/год;

EF₄ - коэффициент выбросов N₂O в результате осаждения азота из атмосферы на почву и водные поверхности, кг N₂O-N/кг улетучившихся NH₃-N + NO_x-N, значение по умолчанию составляет 0,01 кг N₂O-N/кг улетучившихся NH₃-N + NO_x-N приводится в [таблице 2.3 главы 2](#).

Уровень 2

Регионы могут пожелать разработать методологию уровня 2 для лучшего учета региональных условий и максимально возможного снижения неопределенности оценок. Что касается прямых выбросов N₂O в результате сбора и хранения навоза и помета, то в методе уровня 2 расчеты производятся по тому же уравнению, что и на уровне 1, но при этом используются данные по конкретному региону для некоторых или всех переменных. Например, использование конкретных для региона темпов выделения азота для категорий скота предполагает метод уровня 2. Метод уровня 2 требует более детальную характеристику потока азота по всем местам содержания животных и системам сбора и хранения навоза и помета, используемым в рассматриваемом регионе. Следует избегать двойного учета выбросов, связанных с применением обработанного навоза, а также с навозом, оставляемым животными на пастбищах и выпасах; в последнем случае расчеты и отчетность должны вестись в соответствии с [главой 2](#) (Выбросы N₂O из обрабатываемых почв).

Данные по потерям азота навоза вследствие вымывания и стока из различных систем сбора и хранения навоза и помета весьма скудные. Самые большие потери азота в связи со стоком и вымыванием обычно происходят в загонах для кормления. При более сухом климате потери со стоком меньше, чем в более увлажненных регионах, и оцениваются в диапазоне от 3 до 6% от выделенного азота. В некоторых исследованиях потери азота со стоком составили 5 - 19% от выделенного азота, а потери азота с вымыванием в почву - до 10 - 16%. В то же время другие данные показывают относительно низкие потери азота в результате вымывания при сухом хранении навоза (менее 5% выделенного азота). В этой области необходимы дальнейшие исследования, поэтому уравнение 1.13 должно использоваться только при наличии конкретной для региона информации о доле потерь азота в результате вымывания и стока из систем сбора, и хранения навоза и помета. Следовательно, оценка потерь азота в результате вымывания и стока при сборе, хранении и использовании навоза должна считаться частью метода уровня 2.

Количество азота, которое вымывается в почву и/или стекает при сухом хранении навоза вне помещений или с откормочных площадок, рассчитывается по следующему уравнению:

Уравнение 1.13

Потери азота в результате вымывания из систем сбора и хранения навоза и помета

$$N_{\text{вымывание-MMS}} = \sum_S \left[\sum_T \left[\left(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \cdot \left(\frac{Frac_{\text{вымыв. MS}}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right],$$

где:

$N_{\text{вымывание-MMS}}$ - количество азота, которое вымывается из систем сбора и хранения навоза и помета, кг N/год;

$N_{(T)}$ - количество голов вида/категории/подкатегории скота и птицы T в регионе;

$Nex_{(T)}$ - среднегодовое выделение азота на одну голову скота вида/категории/подкатегории T в регионе, кг N/животное x год;

$MS_{(TS)}$ - доля суммарного годового выделения азота для каждого вида/категории/подкатегории скота T, которая обрабатывается в рамках системы S сбора и хранения навоза и помета в данном регионе, не имеет размерности;

$Frac_{\text{вымыв. MS}}$ - процентная доля потерь азота обрабатываемого навоза скота категории/подкатегории T в результате стока и вымывания при твердом и жидком хранении навоза (обычно в диапазоне 1 - 20%).

Косвенные выбросы N_2O в результате вымывания и стока азота из систем сбора, и хранения навоза и помета ($N_2O_{L(mm)}$) оцениваются с использованием уравнения 1.14:

Уравнение 1.14

Косвенные выбросы N_2O в результате вымывания при уборке, хранения и использовании навоза

$$N_2O_{L(mm)} = \left(N_{\text{вымывание-MMS}} \cdot EF_5 \right) \cdot \frac{44}{28},$$

где:

$N_2O_{L(mm)}$ - косвенные выбросы N_2O в результате вымывания и стока при сборе, хранении и использовании навоза и помета в данном регионе, кг N_2O /год;

EF_5 - коэффициент выбросов N_2O в результате вымывания и стока азота, кг N_2O -N/кг вымываемого азота (по умолчанию составляет 0,0075 кг N_2O -N/кг вымываемого азота), приводится в [таблице 2.3 главы 2](#).

1.5.2 Выбор коэффициентов выбросов

Среднегодовые показатели выделения азота, $N_{ex(T)}$

Уровень 1

Следует установить годовые показатели выделения азота для каждой категории животных, определенной в характеристике поголовья скота. Показатели по конкретному региону могут либо браться непосредственно из документов или отчетов, например, по сельскому хозяйству, и из научной литературы, либо выводиться на основе информации о поглощении и удержании азота животными (как это объясняется ниже). В некоторых ситуациях целесообразным может оказаться использование темпов выделения азота, выведенных другими регионами, в которых скот имеет аналогичные характеристики.

Если невозможно собрать или вывести данные по конкретному региону или невозможно получить подходящие данные из другого региона, то могут быть использованы данные по умолчанию о темпах выделения азота, представленные в [таблице 1.14](#). Эти показатели представлены в единицах массы азота в расчете на 1000 кг массы животных в сутки. Эти показатели могут быть применены к подкатегориям животных различного возраста и стадий роста с использованием типичной средней массы (ТАМ) животных для данной подкатегории поголовья, как показано в уравнении 1.15.

Уравнение 1.15

Годовые темпы выделения азота

$$N_{ex(T)} = N_{rate(T)} \cdot \frac{ТАМ}{1000} \cdot 365,$$

где:

$N_{ex(T)}$ = годовое выделение азота для заданной категории/подкатегории Т скота и птицы, кг N/животное x год;

$N_{rate(T)}$ = темпы выделения азота по умолчанию, кг N/1000 кг массы животных x сутки (см. [таблицу 1.14](#));

$ТАМ(T)$ = типовая масса животных для заданной категории/подкатегории Т скота и птицы, кг/животное.

Значения ТАМ по умолчанию представлены в таблице 1.14.

Таблица 1.14

ТЕМПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ АЗОТА ПО УМОЛЧАНИЮ И ТИПОВАЯ ЖИВАЯ МАССА ЖИВОТНЫХ

Категория животного	$N_{rate(T)}$, кг N/1000 кг массы животных x сутки	ТАМ, кг
---------------------	---	---------

Молочный крупный рогатый скот	0,35	485 <1>
Прочий крупный рогатый скот	0,35	355 <1>
Свиньи	0,74	55 <1>
Товарные	0,55	50
Племенные	0,46	180
Домашняя птица	0,82	1,213 <1>
Куры >= 1 год	0,82	1,8
Молодки	0,60	0,8
Прочие цыплята	0,82	0,8
Бройлеры	1,10	0,9
Индейки	0,74	6,8
Утки	0,83	2,7
Овцы	0,90	38 <1>
Козы	1,28	38 <1>
Лошади	0,30	327 <1>
Мулы и ослы	0,30	130
Верблюды	0,38	217
Норки и хорьки (кг N/голова x год) <1>	4,59	1,2
Кролики (кг N/голова x год)	8,10	1,6
Лисицы и еноты (кг N/голова x год) <*>	12,09	8,0

<1> По данным Росстата для сельскохозяйственных предприятий.

Неопределенность для этих оценок составляет +50%.

См. также [таблицу 1.3](#) по живой массе животных.

Учитывая чувствительность показателя выделения азота к различным весовым категориям предпочтительно собирать значения ТАМ по конкретному региону. Например, товарные свиньи могут варьировать от молочных поросят массой менее 30 кг до откормленных свиной массой свыше 90 кг. Составляя группы поголовья животных, которые отражают различные стадии роста

товарных свиней, регионы смогут лучше оценивать общее количество азота, выделяемого их поголовьем свиней.

Уровень 2

Годовое количество азота, выделенного каждым видом/категорией/подкатегорией скота и птицы, зависит от суммарного годового поглощения азота и суммарного годового удержания азота этими животными. В этой связи, показатели выделения азота могут быть выведены из данных поглощения и удержания азота. Годовое поглощение азота (т.е. количество азота, потребляемого животным ежегодно) зависит от годового количества корма, усвоенного животным, а также от содержания протеина в этом корме. Суммарное потребление корма зависит от производственных показателей животного (например, темп роста, надой молока, тяговая сила). Годовое удержание азота (т.е. доля поглощения азота, которая задерживается животным для производства мяса, молока и шерсти) является мерой эффективности производства животным животного белка из кормового белка. Данные о потреблении и удержании азота для конкретных видов/категорий/подкатегорий скота и птицы могут быть получены из региональной статистики или из справочной литературы. Значения по умолчанию удержания азота приводятся в [таблице 1.15](#). Вывод показателей годового выделения азота для каждого вида/категории/подкатегории скота и птицы ($N_{ex(T)}$) осуществляется следующим образом:

Уравнение 1.16

Годовые темпы выделения азота (уровень 2)

$$N_{ex(T)} = N_{\text{погл.}(T)} \cdot (1 - N_{\text{удерж.}(T)}),$$

где:

$N_{ex(T)}$ - годовые темпы выделения азота, кг N/животное x год;

$N_{\text{погл.}(T)}$ - годовое поглощение азота в расчете на голову животного вида/категории/подкатегории T, кг N/животное x год;

$N_{\text{удерж.}(T)}$ - доля годового поглощения азота, которая удерживается животным вида/категории/подкатегории T, без размерности.

Пример метода уровня 2 для оценки выделения азота скотом

Выделение азота может быть рассчитано на основе тех же допущений по рациону, которые использовались при моделировании выбросов в результате внутренней ферментации (см. [раздел 1.2](#)). Количество азота, выделенное скотом, может оцениваться как разность между суммарным количеством азота, которое потребляется животным, и суммарным количеством азота, которое удерживается животным для роста и производства молока. Уравнение 1.17 может использоваться для расчета переменных величин поглощения азота в [уравнении 1.16](#). Темпы поглощения суммарного азота выводятся следующим образом:

Уравнение 1.17

Темпы поглощения азота крупным рогатым скотом

$$N_{\text{погл.}(T)} = \frac{GE}{18,45} \cdot \left(\frac{CP\%}{6,25} \right),$$

где:

$N_{\text{погл.}(T)}$ - суточное потребление азота в расчете на животное заданной категории/подкатегории T, кг N/животное x сутки;

GE - валовая энергия, потребляемая животным, основанная на данных расхода кормов разных видов на одну голову категории/подкатегории скота и птицы, МДж животное * сутки;

18,45 - коэффициент преобразования GE рациона в расчет на кг сухого вещества, МДж/кг. Эта величина является относительно постоянной для широкого диапазона фуража и кормов на основе зерновых, обычно потребляемых скотом;

CP% - процентная доля сырого белка в рационе, %;

6,25 - коэффициент преобразования из кг белка рациона в кг азота рациона, кг кормового белка/кг N.

Содержание сырого белка в кормах разных видов представлено в [таблице 1.16](#) ниже. Величина CP% в целом по категории/подкатегории скота может быть рассчитана как средневзвешенное содержание белка в зависимости от конкретного соотношения разных видов кормов в рационе животных (см. [раздел 1.2](#)).

Таблица 1.15

ЗНАЧЕНИЯ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ УДЕРЖАННОЙ ДОЛИ АЗОТА,
ПОСТУПАЮЩЕГО С КОРМАМИ, В РАЗБИВКЕ ПО РАЗНЫМ
ВИДАМ/КАТЕГОРИЯМ СКОТА (ДОЛЯ ПОТРЕБЛЯЕМОГО АЗОТА,
КОТОРАЯ УДЕРЖИВАЕТСЯ ЖИВОТНЫМИ)

Категория скота	$N_{\text{удерж.}(T)}$ (кг удержанного N/животное * год) / (кг потребляемого N/животное * год)
Молочные коровы	0,20
Прочий крупный рогатый скот	0,07
Овцы	0,10
Козы	0,10
Верблюды	0,07
Свиньи	0,30

Лошади	0,07
Домашняя птица	0,30

Неопределенность для этих оценок составляет +50%.

Таблица 1.16

**СРЕДНЕВЗВЕШЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЫРОГО ПРОТЕИНА (СР%)
В СУХОМ ВЕЩЕСТВЕ КОРМОВ КРС И СВИНЕЙ, %**

Вид кормов	Категория скота	
	Коровы и остальное поголовье КРС	Свины
Пастбищные корма	16,12 +/- 4,9	-
Сочные корма	12,32 +/- 3,6	13,78 +/- 5,0
Грубые корма	13,83 +/- 5,1	13,83 +/- 5,1
Концентраты (без комбикормов)	11,61 +/- 4,4	23,51 +/- 12,3
Комбикорма	23,57 +/- 12,5	31,14 +/- 8,5
Животные корма	-	41,73 +/- 18,7
Средневзвешенное значение СР, % <1>	14,41 +/- 0,5	28,73 +/- 2,2

<1> Средневзвешенное значение в среднем по России может быть использовано по умолчанию при отсутствии конкретных данных по потреблению разных видов кормов категориями/подкатегориями животных в регионе.

Годовые данные выделения азота используются также для расчета прямых и косвенных выбросов N₂O из обрабатываемых почв (см. главу 2 "Выбросы N₂O из обрабатываемых почв"). Те же самые темпы выделения азота и методы расчета, которые используются для оценки выбросов N₂O в результате сбора и хранения навоза и помета, должны использоваться для оценки выбросов N₂O из обрабатываемых почв.

Коэффициенты для прямых выбросов N₂O в результате сбора и хранения навоза и помета

Наиболее точная оценка может быть получена при использовании коэффициентов выбросов по конкретному региону, которые прошли соответствующую верификацию и опубликованы в рецензируемых публикациях. Эффективная практика заключается в использовании коэффициентов выбросов (измерение выбросов на единицу азота навоза) для конкретного региона, которые отражают фактическую продолжительность хранения и тип обработки навоза в каждой применяемой системе сбора и хранения навоза и помета. При определении типов обработки следует учитывать такие условия, как аэрация и температура.

При отсутствии коэффициентов выбросов по конкретному региону проводящим инвентаризацию учреждениям рекомендуется использовать коэффициенты выбросов по умолчанию, представленные в [таблице 1.17](#). В этой таблице приводятся коэффициенты выбросов для различных систем сбора и хранения навоза и помета. Следует отметить, что выбросы из систем с жидким навозом/навозной жижей без естественной поверхностной корки, анаэробных отстойников и установок анаэробного сбраживания считаются незначительными на основании отсутствия поступлений в эти системы окисленных форм азота наряду с низкой возможностью нитрификации и денитрификации в этих системах.

Коэффициенты выбросов для косвенных выбросов N_2O в результате сбора и хранения навоза и помета

Для оценки косвенных выбросов N_2O в результате сбора и хранения навоза и помета необходимы данные по двум составляющим потерь азота (вследствие улетучивания и вымывания/стока) и связанных с этими потерями двух коэффициентов косвенных выбросов N_2O (EF_4 и EF_5). Значения по умолчанию потерь азота, связанных с улетучиванием, представлены в [таблице 1.18](#). Эти значения представляют средние темпы потерь азота в формах NH_3 и NO_x ; при этом большая часть потерь происходит в форме NH_3 . Указанные диапазоны отражают значения, которые встречаются в литературе. Эти значения представляют условия без каких-либо существенных мер против выбросов азота на месте. Регионам предлагается выводить эти значения конкретно для своих условий.

Доля азота навоза, которая вымывается из систем сбора и хранения навоза и помета $F_{газ\text{вымыв}\cdot MS}$, весьма неопределенная и должна выводиться как значение по конкретному региону, применяемое в методе уровня 2.

Значения по умолчанию для EF_4 (улетучивание и выпадение азота) и EF_5 (вымывание/сток азота) даются в главе 2, [таблице 2.3](#) (Коэффициенты выбросов, улетучивания и вымывания по умолчанию для косвенных выбросов N_2O из почв).

1.5.3 Выбор данных о деятельности

Существуют два основных типа данных о деятельности для оценки выбросов N_2O из систем сбора и хранения навоза и помета: 1) данные о поголовье скота и 2) данные о применении системы сбора и хранения навоза и помета.

Данные о поголовье скота $N_{(T)}$

Данные о поголовье животных должны быть получены с использованием описанного в [разделе 1.2](#) подхода. В случае использования темпов выделения азота по умолчанию для оценки выбросов N_2O из систем сбора, хранения и использования навоза достаточной является характеристика поголовья скота уровня 1. Для оценки выбросов N_2O в результате сбора и хранения навоза и помета при помощи рассчитанных темпов выделения азота должна быть подготовлена характеристика уровня 2. Как отмечалось в разделе 1.2, эффективная практика, связанная с характеристикой поголовья скота, заключается в подготовке единой характеристики, которая будет содержать данные о деятельности для всех категорий выбросов, которые зависят от данных о поголовье скота.

Данные о применении систем сбора и хранения навоза и помета $MS_{(T,S)}$

Данные о применении систем сбора и хранения навоза и помета, которые используются для

оценки выбросов N_2O в результате сбора и хранения навоза и помета, должны быть такими же, что и данные, которые использовались для оценки выбросов CH_4 в результате указанных операций (описания основных типов систем сбора и хранения навоза и помета приведены в [таблице 1.13](#)). Необходимо собрать данные о доле навоза, обрабатываемой в каждой из систем сбора и хранения навоза и помета, для каждой репрезентативной категории/подкатегории скота и птицы. Следует заметить, что в некоторых случаях навоз может обрабатываться в нескольких типах систем сбора, хранения и использования навоза. Поэтому важно аккуратно учитывать фракцию навоза, которая обрабатывается в каждой системе.

Учитывая отсутствие регулярно публикуемой региональной статистики о распределении систем сбора и хранения навоза и помета, предпочтительным вариантом является проведение независимого обследования того, каким образом используются системы сбора и хранения навоза и помета в регионе. При отсутствии ресурсов для проведения обследования следует провести консультации с экспертами для получения заключения о распределении систем. В случае отсутствия данных о применении указанных систем в конкретном регионе следует использовать значения по умолчанию, которые приведены в [таблице 1.10](#).

1.5.4 Согласованность с отчетностью по выбросам N_2O из обрабатываемых почв

После хранения или обработки в любой системе сбора и хранения навоза и помета почти весь навоз будет вноситься в землю. Выбросы, которые возникают впоследствии в результате внесения навоза в почву, должны сообщаться в рамках категории "выбросы N_2O из обрабатываемых почв". Методы оценки этих выбросов рассматриваются в [главе 2](#). При оценке выбросов N_2O из обрабатываемых почв рассматривается количество азота в навозе, которое непосредственно вносится в почвы. При этом необходимо учесть доли азота навоза, который применяется в качестве корма, топлива или в строительстве. Следует отметить, что такие виды использования навоза в Российской Федерации крайне редки, и ими можно пренебречь при отсутствии более точных данных.

Значительная часть суммарного азота, выделяемого животными в управляемых системах (т.е. имеется в виду весь скот, за исключением той части, которая содержится в условиях пастбищ и выпасов), теряется до окончательного внесения в обрабатываемые почвы. Для оценки количества азота в навозе, непосредственно вносимом в почвы, или доступного для другого использования (т.е. значение, которое используется в [уравнениях 2.1](#) или [2.2 главы 2](#)), необходимо из суммарного количества азота, выделенного животными в управляемых системах, вычесть потери азота в результате улетучивания (т.е. NH_3 , N_2 и NO_x), преобразования в N_2O , а также вымывания и стока.

В случаях, когда используются органические формы подстилочного материала (солома, опилки, щепа и т.д.), дополнительный азот из подстилочного материала следует также учитывать, как часть азота обработанного навоза, вносимого в почвы, т.к. обычно подстилка собирается вместе с остающимся навозом в системах сбора и хранения. Следует отметить, что в связи с более медленным прохождением минерализации азотных соединений в подстилке по сравнению с навозом и незначительной концентрацией аммиака в органической подстилке, потери в процессе хранения подстилки в результате как улетучивания, так и вымывания принимаются равными нулю.

Таблица 1.17

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРЯМЫХ ВЫБРОСОВ N_2O ПО УМОЛЧАНИЮ В РЕЗУЛЬТАТЕ СБОРА И ХРАНЕНИЯ НАВОЗА И ПОМЕТА

Система	Определение	EF ₃ (кг N ₂ O-N/кг выделенного N)	Диапазоны неопределенности EF ₃	Примечания
Пастбище/выпас/загон	Навоз от животных, которые пасутся на пастбище или выпасе, остается неубранным и не обрабатывается.			Прямые и косвенные выбросы N ₂ O, связанные с навозом, оставленным на сельскохозяйственных почвах и пастбищах, выпасах и загонах, рассматриваются в главе 2 .
Суточное разбрасывание <a>	Навоз регулярно убирается из помещений, где содержатся животные, и вносится в обрабатываемые земли или пастбища в течение 24 часов после выделения. Выбросы N ₂ O в период хранения и обработки принимаются равными нулю. Выбросы N ₂ O в результате внесения в землю рассматриваются в категории обрабатываемых почв.	0	Не применяются	
Сухое хранение 	Хранение навоза обычно в течение периода нескольких месяцев в кучах или штабелях вне помещений. Навоз можно штабелировать благодаря присутствию достаточного количества подстилочного материала или потерь влаги через испарение.	0,005	2-кратный	Выбросы находятся в пределах от 0,0027 до 0,01 кг N ₂ O-N/кг N.
Загон для кормления	Мощенная или немощенная открытая площадка для безвыгульного содержания без какого-либо существенного растительного покрова, с которой накапливающийся навоз может периодически убираться. Загоны для кормления обычно применяются в	0,02	2-кратный	

	условиях сухого климата, но могут также применяться в условиях влажного климата.				
	Навоз хранится в том виде, в каком он был выделен животными, или к нему добавляют некоторое минимальное количество воды для облегчения работ и хранят в резервуарах или земляных прудах.	С естественной поверхностной коркой	0,005	2-кратный	
Жидкий навоз/жижа		Без естественной поверхностной корки	0	Не применяются	Выбросы считаются незначительными на основании отсутствия поступлений в эти системы окисленных форм азота наряду с низкой возможностью нитрификации и денитрификации в этих системах.
Открытый анаэробный отстойник	Анаэробные отстойники предназначены и используются для сочетания стабилизации и хранения отходов. Надосадочная жидкость в отстойниках обычно используется для перемещения навоза из помещений, где содержится скот, в отстойники. Анаэробные отстойники предназначены для хранения в течение различных сроков (до 1 года и больше) в зависимости от климатического региона; показателя		0	Не применяются	Выбросы считаются незначительными на основании отсутствия поступлений в эти системы окисленных форм азота наряду с низкой возможностью нитрификации и денитрификации в этих системах.

	нагрузки, связанного с летучими твердыми веществами, и других рабочих параметров. Вода из этого отстойника может повторно использоваться для смыва или применяться для ирригации и удобрения полей.				
Хранение в ямах под стойлами животных	Сбор и хранение навоза обычно с небольшой добавкой воды или без нее, обычно под решетчатым полом в закрытых помещениях для содержания скота.		0,002	2-кратный	
Установка для анаэробного сбраживания	Установки анаэробного сбраживания предназначены для стабилизации отходов путем микробного восстановления сложных органических соединений до CO ₂ и CH ₄ , который улавливается и сжигается в факелах или используется в качестве топлива.		0	Не применяются	Выбросы считаются незначительными на основании отсутствия поступлений в эти системы окисленных форм азота наряду с низкой возможностью нитрификации и денитрификации в этих системах.
Сжигание в качестве топлива или отходов	Навоз выделяется на полях. Образовавшийся под воздействием солнца кизяк используется в качестве топлива.		Выбросы, связанные с сжиганием навоза, сообщаются по категории "сжигание топлива", если навоз используется в качестве топлива, и по категории "сжигание отходов", если навоз сжигается без использования энергии.		
	Азот мочи, выделенной на пастбищах и загонах.		Прямые и косвенные выбросы N ₂ O, связанные с мочой, выделенной на сельскохозяйственных почвах и пастбищных, выпасных и загонных системах, рассматриваются в главе 2 .		
Глубокая	По мере накопления	Без	0,01	2-кратный	

подстилка крупного рогатого скота и свиней	навоза производится непрерывное добавление подстилки для абсорбции навоза в процессе производственного цикла, обычно на протяжении 6 - 12 месяцев. Эта система сбора и хранения навоза и помета известна также как система с подстилочным узлом и может использоваться в сочетании с загоном для кормления и пастбищем.	перемешивания			
Глубокая подстилка крупного рогатого скота и свиней		Активное перемешивание	0,07	2-кратный	В некоторых литературных источниках приводятся более высокие значения (до 20%) для хорошо поддерживаемого активного перемешивания, однако эти системы включали обработку для снижения выбросов аммиака, что нетипично.
Компостирование - в емкостях <c>	Компостирование обычно производится в закрытых канавах с принудительной аэрацией и непрерывным перемешиванием.		0,006	2-кратный	Ожидается таким же, как для статических куч.
Компостирование - в статических кучах <c>	Компостирование в кучах с принудительной аэрацией, но без перемешивания.		0,006	2-кратный	

<p>Компостирование - в компостных рядах с интенсивной аэрацией <с></p>	<p>Компостирование в компостных рядах с регулярным перемешиванием для обеспечения аэрации.</p>	<p>0,1</p>	<p>2-кратный</p>	<p>Ожидается более высоким, чем при компостировании в компостных рядах с пассивной аэрацией и интенсивных процессах компостирования, так как выбросы зависят от частоты перемешиваний.</p>
<p>Компостирование - в компостных рядах с неинтенсивной (пассивной) аэрацией <с></p>	<p>Компостирование в компостных рядах с нечастым перемешиванием для обеспечения аэрации.</p>	<p>0,01</p>	<p>2-кратный</p>	
<p>Помет домашней птицы с подстилкой</p>	<p>Аналогично системам с глубокой подстилкой. Обычно применяется для всех племенных стад домашней птицы, а также для производства мясных цыплят-бройлеров и прочей домашней птицы.</p>	<p>0,001</p>	<p>2-кратный</p>	<p>Оценка основана на высоких потерях аммиака из этих систем, что снижает количество доступного азота для нитрификации/денитрификации.</p>
<p>Помет домашней птицы без подстилки</p>	<p>Эта система может быть аналогичной открытым ямам в закрытых помещениях для содержания скота или может разрабатываться и использоваться для высушивания помета по мере его накопления. Последняя система известна как система сбора и хранения навоза и</p>	<p>0,001</p>	<p>2-кратный</p>	<p>Оценка основана на высоких потерях аммиака из этих систем, что снижает количество доступного азота для нитрификации/денитрификации.</p>

	помета с высокоподнятым птичником и является формой пассивного компостирования в компостных рядах при надлежащей разработке и эксплуатации.				
Аэробная обработка	Биологическое окисление навоза, собранного в жидком виде, с использованием принудительной или естественной аэрации. Естественная аэрация ограничивается аэробными или аэробно-анаэробными прудами-накопителями, а также системами водно-болотных угодий и в основном обусловлена фотосинтезом. Поэтому эти системы обычно становятся анаэробными во время периодов отсутствия солнечного света.	Естественные системы аэрации	0,01	2-кратный	Нитрификация-денитрификация широко используется для удаления азота в биологических системах обработки промышленно-бытовых сточных вод с незначительными выбросами N ₂ O. Ограниченное окисление может привести к увеличению выбросов по сравнению с системами принудительной аэрации.
		Системы принудительной аэрации	0,005	2-кратный	Нитрификация-денитрификация широко используется для удаления азота в биологических системах обработки промышленно-бытовых сточных вод с незначительными выбросами N ₂ O.

<a> Как правило, суточное разбрасывание в Российской Федерации не применяется ввиду необходимости предварительного обеззараживания навоза и помета в результате хранения (в среднем около 6 месяцев).

 Для определения того, считается ли данная система предназначенной для хранения сухого или жидкого навоза/навозной жижи, следует пользоваться количественными данными. В качестве граничного значения, разделяющего сухие и жидкие отходы, может быть принято 20% содержание сухого вещества.

<c> Компостирование представляет собой биологическое окисление твердых отходов, включающих навоз, обычно с подстилкой, или другой источник органического углерода, как правило, при термофильных температурных условиях, создаваемых за счет вырабатываемого микробами тепла.

Оценка количества азота в обработанном навозе, который вносится в обрабатываемые почвы или применяется в качестве корма, топлива или в строительстве, основывается на следующем уравнении:

Уравнение 1.18

Количество азота в обработанном навозе, который вносится в обрабатываемые почвы, используется в качестве корма, топлива или в строительстве

$$N_{MMS_Avb} = \sum_S \left\{ \sum_{(T)} \left[\left[\left(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \cdot \left(1 - \frac{Frac_{ПотериMS}}{100} \right) \right] + \left[N_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \cdot N_{подстилкаMS} \right] \right] \right\},$$

где:

N_{MMS_Avb} - количество азота в обработанном навозе, который вносится в обрабатываемые почвы, или используется в качестве корма, топлива или в строительстве, кг N/год;

$N_{(T)}$ - количество голов вида/категории/подкатегории скота и птицы T в регионе;

$Nex_{(T)}$ - среднегодовое выделение азота на одну голову скота вида/категории/подкатегории T в регионе, кг N/животное * год;

$MS_{(T,S)}$ - доля суммарного годового выделения азота для каждого вида/категории/подкатегории скота и птицы T, которая обрабатывается в рамках системы S сбора и хранения навоза и помета в данном регионе, не имеет размерности;

$Frac_{ПотериMS}$ - количество азота в обработанном навозе скота категории/подкатегории T, которое теряется в системе сбора и хранения навоза и помета S, % (см. [таблицу 1.21](#));

$N_{\text{подстилкаMS}}$ - количество азота подстилки (применимо для сухого хранения или системы хранения на глубокой подстилке, если известно использование органической подстилки), кг N/животное * год;

S - система сбора и хранения навоза и помета;

T - вид/категория/подкатегория скота и птицы.

Таблица 1.18

ЗНАЧЕНИЯ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ПОТЕРЬ АЗОТА С УЛЕТУЧИВАНИЕМ NH_3 И NO_x В РЕЗУЛЬТАТЕ СБОРА И ХРАНЕНИЯ НАВОЗА И ПОМЕТА

Тип животных	Система сбора и хранения навоза и помета <a>	Потери азота из системы сбора и хранения навоза с улетучиванием N-NH_3 и N-NO_x (%) $\text{Frac}_{\text{ПотериMS}}$ (диапазон $\text{Frac}_{\text{ПотериMS}}$)
Свиньи	Анаэробный отстойник	40% (25 - 75)
	Хранение в ямах	25% (15 - 30)
	Глубокая подстилка	40% (10 - 60)
	Жидкий навоз/жижа	48% (15 - 60)
	Сухое хранение	45% (10 - 65)
Молочные коровы	Анаэробный отстойник	35% (20 - 80)
	Жидкий навоз/жижа	40% (15 - 45)
	Хранение в ямах	28% (10 - 40)
	Загон для кормления	20% (10 - 35)
	Сухое хранение	30% (10 - 40)
	Суточное разбрасывание	7% (5 - 60)
Домашняя птица	Домашняя птица без подстилки	55% (40 - 70)
	Анаэробный отстойник	40% (25 - 75)
	Домашняя птица с подстилкой	40% (10 - 60)
Прочий крупный рогатый скот	Загон для кормления	30% (20 - 50)
	Сухое хранение	45% (10 - 65)
	Глубокая подстилка	30% (20 - 40)
Прочие 	Глубокая подстилка	25% (10 - 30)

	Сухое хранение	12% (5 - 20)
--	----------------	--------------

<a> Здесь система сбора и хранения навоза и помета включает сопутствующие потери азота в системах содержания животных в помещении и конечного хранения.

 Прочие включают овец, лошадей и пушных зверей.

Подстилки сильно варьируют, и разработчики инвентаризации должны вывести значения $N_{\text{подстилкаMS}}$ на основе характеристик подстилки, используемой в животноводстве их региона. Имеющиеся данные по нормам технологического проектирования предприятий животноводства показывают, что, как правило, в России применяют подстилки в системах сухого хранения на основе соломы или торфа. Данные по количеству азота подстилки в соответствии с нормами в расчете на 1 голову животных в сутки или период содержания приведены в таблице 1.19 и для птицы - в таблице 1.20. Соответствующее количество азота подстилки в таблицах 1.19 и 1.20 рассчитано для соломы и принято равным 0,45%. Регионам рекомендуется разработать уточненные величины и тип использованной подстилки. Для оценки годового значения содержания азота в подстилке необходимо учесть количество дней в году, которое животные проводят в стойлах с применением систем сухого хранения.

Таблица 1.19

КОЛИЧЕСТВО АЗОТА ПОДСТИЛКИ ЖИВОТНЫХ В СИСТЕМАХ СУХОГО ХРАНЕНИЯ <1>

Категория сельскохозяйственных животных и птицы	Норма подстилки на сух. вещество, кг/гол. * сутки	Количество азота в подстилке <2>, кг N/голову * сутки
Коровы	0,4	0,00191
КРС (без коров)	0,9	0,00383
Овцы	0,2	0,00079
Козы	0,2	0,00079
Свиньи	0,5	0,00216
Лошади	7,1	0,03188
Верблюды	4,7	0,02096
Мулы	2,8	0,01256
Ослы	2,8	0,01256
Северные олени	3,2	0,01451

<1> Кролики и пушные звери, как правило, содержатся без подстилки.

<2> Рассчитано при допущении, что в виде подстилки применяется солома с содержанием азота 0,45%.

Таблица 1.20

КОЛИЧЕСТВО АЗОТА ПОДСТИЛКИ ПТИЦ В СИСТЕМАХ СУХОГО ХРАНЕНИЯ

Категории птицы	Норма подстилки на период содержания птицы, кг на 1 гол. на сух. в-во	Количество дней в периоде содержания, сутки	Количество азота в подстилке <1>, кг N/голову * сутки
птица, среднее	10,8	109	0,00045
несушки	4,7	смена подстилки раз в год	0,02104
мясные	5,1	смена подстилки раз в год	0,02295
гуси (на год)	34,0	смена подстилки раз в год	0,15300
утки взрослые (от 22 до 29 недель)	17,0	49	0,00156
индейки (от 18 до 36 недель)	25,5	126	0,00091
цесарки (от 21 до 30 недель)	6,8	63	0,00049
молодняк кур	1,5	смена подстилки раз в год	0,00669
молодняк уток (от 1 до 22 недель)	9,2	154	0,00027
молодняк индеек (от 1 до 18 недель)	5,5	126	0,00020
молодняк гусей (от 1 до 30 недель)	7,8	210	0,00017
молодняк цесарок (от 1 до 20 недель)	2,1	140	0,00007

<1> Рассчитано при допущении, что в виде подстилки применяется солома с содержанием азота 0,45%.

Для систем глубокой подстилки количества азота в подстилке может превышать примерно в два раза указанные в [таблицах 1.19](#) и [1.20](#) значения.

В [таблице 1.21](#) представлены значения по умолчанию для суммарных потерь азота из систем сбора и хранения навоза и помета. Эти значения по умолчанию включают потери, происходящие с момента выделения, в том числе потери из мест содержания животных, потери при хранении навоза и потери в результате вымывания и стока в системе хранения навоза там, где это применимо. Например, значения для систем анаэробных отстойников молочных ферм включают потери азота, происходящие в коровнике и доильном зале до сбора и обработки навоза, а также потери, происходящие из отстойников.

Суммарные потери азота из систем сбора и хранения навоза и помета сильно варьируют. Как показано в [таблице 1.21](#), большая часть этих потерь обусловлена потерями с улетучиванием, главным образом, потерями аммиака, которые происходят вскоре после выделения навоза. Тем не менее, потери происходят также в форме NO_x , N_2O и N_2 , а также в результате вымывания и стока, которые происходят при хранении навоза в кучах. Значения в [таблице 1.21](#) отражают средние значения для типичных комбинаций мест содержания животных/условий хранения для каждой категории животных. Регионам предлагается выводить эти значения конкретно для своих условий, в частности, значения, связанные с потерями аммиака.

Регионы могут пожелать разработать альтернативный подход для лучшего учета региональных условий и максимально возможного снижения неопределенности оценок. Такой подход потребовал бы более детальной характеристики потока азота по всем компонентам мест содержания животных и систем сбора, и хранения навоза, и помета, используемых в рассматриваемом регионе, с учетом мер по уменьшению потерь (например, использование крышек для резервуаров навозной жижи) и местных практик, таких как принятый тип используемой подстилки.

Таблица 1.21

ЗНАЧЕНИЯ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ СУММАРНЫХ ПОТЕРЬ АЗОТА ИЗ СИСТЕМ СБОРА И ХРАНЕНИЯ НАВОЗА И ПОМЕТА

Категория животных	Система сбора и хранения навоза и помета <a>	Суммарные потери N из систем сбора и хранения $F_{\text{расПотериMS}}$ (диапазон $F_{\text{расПотериMS}}$)
Свиньи	Анаэробный отстойник	78% (55 - 99)
	Хранение в ямах	25% (15 - 30)
	Глубокая подстилка	50% (10 - 60)
	Жидкий навоз/жижа	48% (15 - 60)
	Сухое хранение	50% (20 - 70)
Молочные	Анаэробный отстойник	77% (55 - 99)

коровы	Жидкий навоз/жижа	40% (15 - 45)
	Хранение в ямах	28% (10 - 40)
	Загон для кормления	30% (10 - 35)
	Сухое хранение	40% (10 - 65)
	Суточное разбрасывание	22% (15 - 60)
Домашняя птица	Домашняя птица без подстилки	55% (40 - 70)
	Анаэробный отстойник	77% (50 - 99)
	Домашняя птица с подстилкой	50% (20 - 80)
Прочий крупный рогатый скот	Загон для кормления	40% (20 - 50)
	Сухое хранение	50% (20 - 70)
	Глубокая подстилка	40% (10 - 50)
Прочие <c>	Глубокая подстилка	35% (15 - 40)
	Сухое хранение	15% (5 - 20)

<a> Здесь система сбора и хранения навоза и помета включает сопутствующие потери азота в системах содержания животных в помещении и конечного хранения.

 Эти данные включают потери в форме NH_3 , NO_x , N_2O и N_2 , а также в результате вымывания и стока из систем сухого хранения и загон для кормления. Эти значения представляют средние показатели для типичных компонентов систем содержания животных в помещении и хранения без каких-либо существенных мер против выбросов азота на месте. Указанные диапазоны отражают значения, которые встречаются в литературе. В случае, если принимаются меры по ограничению потерь азота, должны быть разработаны альтернативные темпы, отражающие эти меры.

<c> Прочие включают овец, лошадей и пушных зверей.

ГЛАВА 2. ВЫБРОСЫ N_2O ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ

В данном разделе представлены методы и уравнения для оценки суммарных региональных антропогенных выбросов N_2O (прямых и косвенных) из обрабатываемых почв.

Закись азота вырабатывается естественным образом в почвах через процессы нитрификации и денитрификации. Нитрификация - это аэробное микробное окисление аммония до нитрата, а денитрификация - это анаэробное микробное восстановление нитрата до газообразного азота (N_2). Закись азота относится к газообразным промежуточным продуктам в последовательности реакций денитрификации, а также является побочным продуктом нитрификации. Закись азота выделяется

микробными клетками в почву и поступает, в конечном счете, в атмосферу. Одним из основных регулирующих факторов в этой реакции является наличие неорганического азота в почве. Таким образом, эта методология позволяет оценить выбросы N_2O , используя данные антропогенных результирующих величин внесения азота в почвы (например, минеральные или органические удобрения; навоз, оставленный животными на пастбищах; растительные остатки) или минерализации азота в почвенном органическом веществе в результате осушения/обработки органогенных почв и в результате культивирования/изменения землепользования на минеральных почвах (например, лесные площади/пастбища/поселения, переустроенные в обрабатываемые земли).

Выбросы N_2O в результате антропогенных поступлений азота или минерализации азота происходят как прямым путем (т.е. непосредственно от почв, в которые поступает азот), так и по двум косвенным путям: i) в результате улетучивания NH_3 и NO_x из обрабатываемых почв и последующим повторным депонированием этих газов и их продуктов NH_4^+ и NO_3^- в почвах и водах; и ii) в результате вымывания и стока азота, в основном в виде NO_3^- , из обрабатываемых почв. Эти основные пути показаны на [рисунке 2.1](#).

Прямые и косвенные выбросы N_2O из обрабатываемых почв оцениваются отдельно, несмотря на использование общего набора данных о деятельности. Методологии уровня 1 не учитывают различные типы почв, климатические условия и практики управления (помимо вышеуказанного). Эти методологии не учитывают также какой-либо задержки для прямых выбросов из азота растительных остатков и относят эти выбросы к году, в котором эти остатки возвращаются в почву. Эти факторы не рассматриваются для прямых (или косвенных, по обстоятельствам) выбросов, вследствие ограниченного наличия данных для получения соответствующих коэффициентов выбросов. Если данные показывают, что коэффициенты по умолчанию не подходят для какого-либо региона, то эти регионы должны использовать уравнения уровня 2 и включить полное объяснение по использованным значениям.

2.1 ПРЯМЫЕ ВЫБРОСЫ N_2O

Увеличение количества доступного азота в почвах, как правило, повышает темпы нитрификации и денитрификации, что приводит затем к увеличению выброса N_2O . Увеличение доступного количества азота может происходить через антропогенное добавление азота или в результате усиления скорости минерализации почвенного органического азота при изменении землепользования и/или практики управления почвами.

В методологию оценки прямых выбросов N_2O из обрабатываемых почв включены следующие источники азота:

- минеральные азотные удобрения (F_{SN});
- органические удобрения (например, навоз, компост, осадок сточных вод, отходы переработки непищевого животного сырья) (F_{ON});
- азот мочи и помета, оставленный на пастбище, выпасе и загоне жвачными животными (F_{PRP});
- азот растительных остатков (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур <4> и от кормовых культур в процессе обновления/восстановления пастбища и/или сенокоса <5> (F_{CR});

- минерализация азота, связанная с потерей почвенного органического вещества в результате изменения землепользования или управления минеральными почвами (F_{SOM});

- осушение/обработка органогенных почв (т.е. торфянистых и торфяных почв (гистосолей)) <4> (F_{os}).

<4> Биологическая фиксация азота не считается прямым источником N_2O вследствие отсутствия доказательства значительных выбросов, происходящих в результате самой фиксации.

<5> Азот в остатках многолетних кормовых культур учитывается только в течение периодического обновления пастбищ, т.е. не обязательно каждый год, как в случае с однолетними культурами.

2.1.1 Выбор метода

Выбор подходящего уровневого метода для оценки прямых выбросов N_2O зависит от наличия уточненных детализированных коэффициентов для метода уровня 2, а также от того, являются ли прямые выбросы ключевой категорией, и является ли каждая подкатегория существенной (составляет 25 - 30% от общих прямых выбросов N_2O от почв).

Уровень 1

В самом простом виде прямые выбросы N_2O из обрабатываемых почв оцениваются с помощью уравнения 2.1 следующим образом:

Уравнение 2.1

Прямые выбросы N_2O из обрабатываемых почв (уровень 1)

$$N_2O_{\text{Прям.}-N} = N_2O-N_{\text{Нпоступл.}} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

где:

$$N_2O - N_{\text{Нпоступл.}} = \left[[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot EF_1] + [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \cdot EF_{1FR}] \right]$$

$$N_2O - N_{OS} = \sum_{C,G} (F_{OSC,G} \cdot EF_{2C,G})$$

$$N_2O - N_{PRP} = [(F_{PRP, CPP} \cdot EF_{3PRP, CPP}) + (F_{PRP, SO} \cdot EF_{3PRP, SO})]$$

где:

$N_2O_{\text{Прям.}-N}$ - годовые прямые выбросы N_2O-N из обрабатываемых почв, кг N_2O-N /год;

$N_2O-N_{\text{Нпоступл.}}$ - годовые прямые выбросы N_2O-N в результате антропогенного внесения азота

в обрабатываемые почвы, кг N_2O-N /год;

N_2O-N_{OS} - годовые прямые выбросы N_2O-N из органогенных почв пашен и кормовых угодий, кг N_2O-N /год;

N_2O-N_{PRP} - годовые прямые выбросы N_2O-N в результате поступлений мочи и помета в почвы на пастбищах, кг N_2O-N /год;

F_{SN} - годовое количество азота минеральных удобрений, внесенных в почвы, кг N/год,

F_{ON} - годовое количество навоза, компоста и других органических азотсодержащих добавок, внесенных в почвы (примечание: учитывая, что в Российской Федерации внесение осадков сточных вод в пахотные почвы не производится ввиду их высокой токсичности и возможного загрязнения почв тяжелыми металлами и гельминтами, этот источник выбросов N_2O при инвентаризации сельского хозяйства не рассматривается), кг N/год;

F_{CR} - годовое количество азота в растительных остатках (надземных и подземных) культурных растений, в том числе от азотфиксирующих культур и от обновления/восстановления кормовых культур, пастбищ и сенокосов, возвращаемое в почвы, кг N/год;

F_{SOM} - годовое количество азота в минеральных почвах, которое минерализуется в связи с потерей углерода из почвенного органического вещества в результате изменений в землепользовании или изменений в практике управления почвами, кг N/год;

F_{OS} - годовая площадь осушенных органогенных <6> почв на пашнях и кормовых угодьях (сенокосы и пастбища), га (примечание: подстрочные индексы C, G относятся соответственно к обрабатываемым землям (пашням), пастбищам и сенокосам);

F_{PRP} - годовое количество азота мочи и помета, оставленное на пастбище, выпасе и в загоне пастбищными животными и птицей, кг N/год (примечание: нижние индексы CPP и SO относятся соответственно к коровам, крупному рогатому скоту, домашней птице и свиньям (CPP); и к овцам и прочим животным (SO));

EF_1 - коэффициент выбросов N_2O от антропогенного внесения азота в почвы, кг N_2O-N /кг поступающего N (таблица 2.1);

EF_{1FR} - коэффициент выбросов N_2O от антропогенного внесения азота на рисовые поля, кг N_2O-N /кг поступающего N (таблица 2.1); <7>

EF_2 - коэффициент выбросов для выбросов N_2O от осушенных органогенных почв на обрабатываемых землях и кормовых угодьях, кг N_2O-N /га * год (таблица 2.1) (примечание: подстрочные индексы C, G относятся соответственно к обрабатываемым землям, сенокосам и пастбищам);

EF_{3PRP} - коэффициент выбросов N_2O от азота мочи и помета, оставленного на пастбище, выпасе и в загоне пастбищными животными и птицей, кг N_2O-N /кг поступающего N (таблица 2.1) (примечание: нижние индексы CPP и SO относятся соответственно к крупному рогатому скоту, домашней птице и свиньям (CPP); и к овцам и прочим животным (SO)).

<6> Почвы являются органогенными, если удовлетворяют приведенным ниже требованиям 1

и 2 или 6 и 3 (FAO, 1998): 1. Толщина 10 см и более. Почвенный горизонт толщиной менее 20 см должен содержать 12% или более органического углерода при перемешивании до глубины 20 см; 2. Если почва насыщается водой единожды в течение нескольких дней и содержит более 20% (по массе) органического углерода (около 35% органического вещества); 3. Если почва эпизодически насыщается водой и содержит: i) по крайней мере, 12% (по массе) органического углерода (около 20% органического вещества), и она не содержит глины; или ii) по крайней мере, 18% (по массе) органического углерода (около 30% органического вещества) и она имеет 60% или более глины; или iii) промежуточное, пропорциональное количество органического углерода для промежуточных количеств глины (FAO, 1998).

<7> При известном общем годовом количестве азота, внесенного под орошаемые рисовые поля, это поступление азота может быть умножено на уточненный для данной культуры коэффициент выбросов по умолчанию, EF_{1FR} (таблица 2.1) или на коэффициент выбросов по конкретному региону, если он известен. Несмотря на некоторые свидетельства того, что периодические затопления (как описано в главе 5.5) могут увеличивать выбросы N_2O , текущие научные данные показывают, что EF_{1FR} применим также к ситуациям с периодическим затоплением.

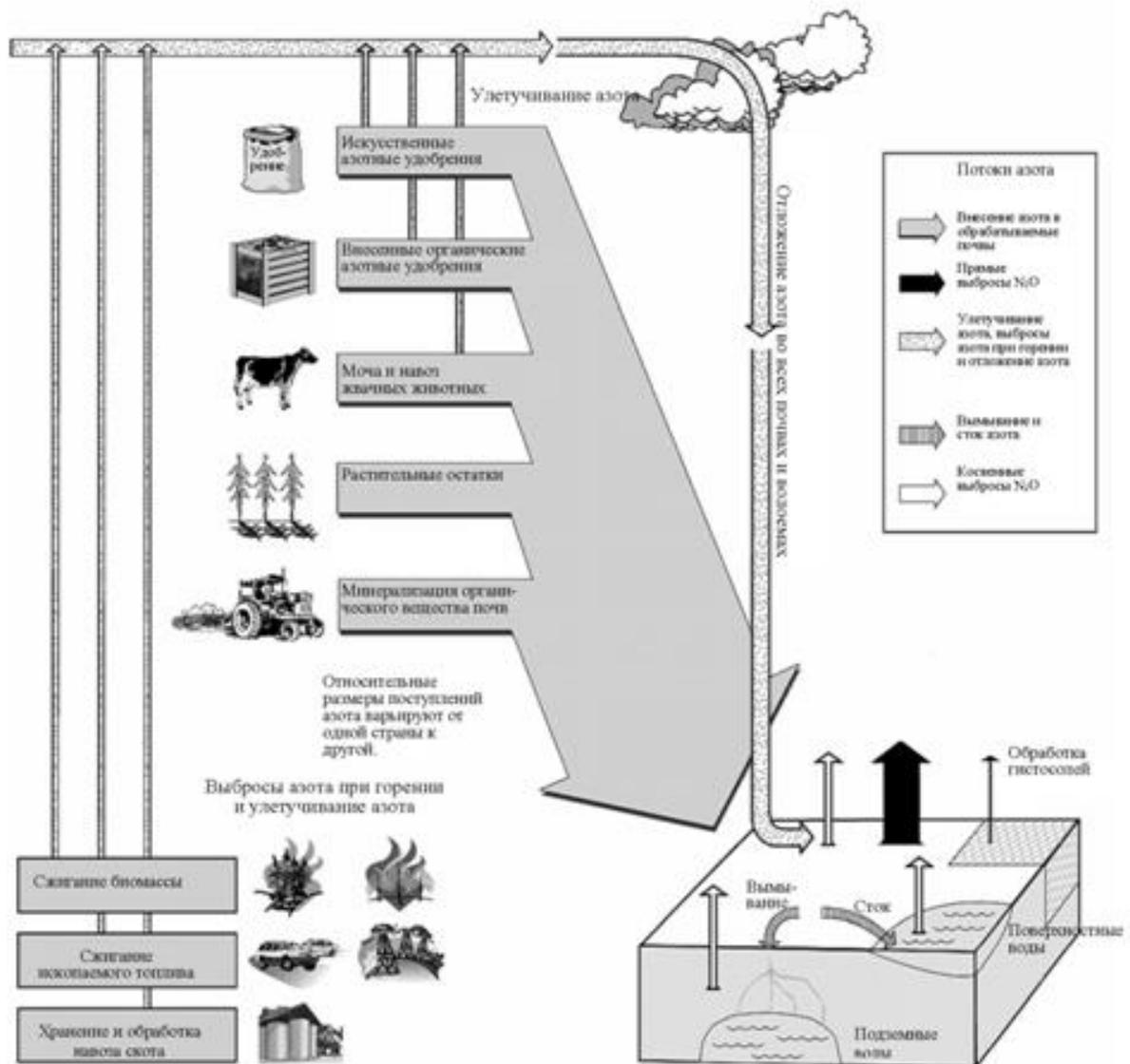


Рисунок 2.1 - Схема источников и путей азота, которые приводят к прямым и косвенным выбросам N₂O из почв и вод

Примечание: Источники внесенного в почвы или оставленного на почвах азота представлены стрелками с левой стороны схемы. Пути выбросов также показаны стрелками, включая различные пути улетучивания NH₃ и NO_x от сельскохозяйственных и несельскохозяйственных источников; депонирование этих газов и их продуктов NH₄⁺ и NO₃⁻ и последующие косвенные выбросы N₂O также показаны. "Внесенные органические азотные удобрения" включают навоз, все виды компоста, осадки сточных вод (если используются) и т.д. "Остатки растений" включают надземные и подземные остатки всех сельскохозяйственных культур (неазотфиксирующих и азотфиксирующих), остатки при обновлении/восстановлении многолетних кормовых культур, сенокосов и пастбищ. В нижней правой части схемы показан вид в разрезе для типичной пахотной почвы; в частности, представлена обработка органогенных почв (гистосолей).

Уровень 2

Если имеются более подробные коэффициенты выбросов и соответствующие данные о деятельности для региона, чем это представлено в [уравнении 2.1](#), то может быть проведено дальнейшее разукрупнение этих слагаемых. Например, если имеются коэффициенты выбросов и данные о деятельности для применения минеральных удобрений и органического азота (F_{SN} и F_{ON}) при различных условиях *i*, уравнение 2.1 будет расширено следующим образом <8>:

Уравнение 2.2

Прямые выбросы N₂O из обрабатываемых почв (уровень 2)

$$N_2O_{\text{Прям.}} - N = \sum_i (F_{SN} + F_{ON})_i \cdot EF_i + (F_{CR} + F_{SOM}) \cdot EF_1 + \\ + N_2O - N_{OS} + N_2O - N_{PRP}$$

где:

EF_{*i*} - коэффициенты выбросов, разработанные для выбросов N₂O в результате внесения минеральных удобрений и органического азота при условиях *i*, кг N₂O-N/кг поступающего N;

i - 1, ...*n*.

<8> Важно отметить, что [уравнение 2.2](#) является всего лишь одним из многих возможных модификаций [уравнения 2.1](#) при использовании метода уровня 2. Окончательная форма уравнения 2.2 зависит от наличия коэффициентов выбросов для конкретных условий и от уровня, до которого регион способен разукрупнить свои данные о деятельности.

[Уравнение 2.2](#) может быть модифицировано различным образом для включения коэффициентов выбросов по любым комбинациям конкретных источников азота, типов культуры, управления, землепользования, климата, почвы и других конкретных условий, которые регион может получить для каждой отдельной переменной поступления азота (F_{SN}, F_{ON}, F_{CR}, F_{SOM}, F_{OS},

F_{PRP}).

Преобразование выбросов N₂O-N в выбросы N₂O для целей отчетности производится при помощи следующего уравнения:

$$N_2O = N_2O-N \cdot 44/28.$$

2.1.2 Выбор коэффициентов выбросов

Уровни 1 и 2

Для оценки прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв требуются три коэффициента выбросов (EF). Представленные здесь значения по умолчанию могут быть использованы в уравнении уровня 1 или в уравнении уровня 2 в сочетании с коэффициентами выбросов по конкретному региону. Первый коэффициент (EF₁) относится к количеству N₂O, поступающего в атмосферу в результате внесения в почвы азота с различными минеральными и органическими удобрениями, с растительными остатками культурных растений, а также в результате минерализации органического углерода минеральных почв в связи с изменением землепользования или управления. Второй коэффициент (EF₂) относится к количеству N₂O, поступающего в атмосферу от площади осушенных органических почв на обрабатываемых землях и землях кормовых угодий, а третий коэффициент (EF_{3PRP}) оценивает количество N₂O, поступающего в атмосферу от азота мочи и помета, оставленных на пастбище, выпасе и в загоне пастбищными животными и птицей. Коэффициенты выбросов по умолчанию для метода уровня 1 сведены в [таблицу 2.1](#).

Значение по умолчанию для EF₁ установлено на уровне 1% от азота, внесенного в почвы или высвобожденного в результате деятельности, которая приводит к минерализации органического вещества в минеральных почвах. При наличии соответствующих данных этот коэффициент может быть уточнен на основании 1) факторов окружающей среды (климат, содержание органического углерода в почве, текстура почвы, осушение и pH почвы); и 2) факторов, связанных с управлением (темп поступления азота по каждому типу удобрения, тип культуры с различиями между бобовыми, небобовыми возделываемыми культурами и травами). Регионы, которые способны разукрупнить свои данные о деятельности на основании всех или части этих факторов, могут выбрать вариант использования разукрупненных коэффициентов выбросов с подходом уровня 2, в частности, применять коэффициенты EF₁ для черноземов и дерново-подзолистых почв (см. раздел 2.1.3 ниже).

Таблица 2.1

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРЯМЫХ ВЫБРОСОВ N₂O ПО УМОЛЧАНИЮ ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ

Коэффициент выбросов	Значение по умолчанию	Диапазон неопределенности
EF ₁ для добавлений азота от минеральных удобрений, органических удобрений и растительных остатков и для минерализованного азота из минеральных почв в результате потери почвенного	0,0126 <2>	0,0006 - 0,0189

углерода в черноземы, кг N ₂ O-N/кг N <1>		
EF ₁ для добавлений азота от минеральных удобрений, органических удобрений и растительных остатков и для минерализованного азота из минеральных почв в результате потери почвенного углерода в дерново-подзолистые, кг N ₂ O-N/кг N <1>	0,0238 <2>	0,0012 - 0,0357
EF ₁ для добавлений азота от минеральных удобрений, органических удобрений и растительных остатков и для минерализованного азота из минеральных почв в результате потери почвенного углерода в остальные типы почв, кг N ₂ O-N/кг N	0,01	0,003 - 0,03
EF _{1FR} для добавлений азота в затопляемые рисовые поля, кг N ₂ O-N/кг N	0,003	0,000 - 0,006
EF _{2C} для осушенных органогенных почв обрабатываемых земель, кг N ₂ O-N/га	7 <2>	5 - 9
EF _{2G} для осушенных органогенных почв сенокосов и пастбищ, кг N ₂ O-N/га	9,5 <3>	4,6 - 14
EF _{3PRP,CPР} для крупного рогатого скота (молочного и немолочного и буйволов), домашней птицы и свиней, кг N ₂ O-N/кг N	0,02	0,007 - 0,06
EF _{3PRP,SO} для овец и "прочих животных", кг N ₂ O-N/кг N	0,01	0,003 - 0,03

<1> Для метода уровня 2 при наличии соответствующих исходных данных.

<2> По данным (Российская, 2006 -...).

<3> По данным (IPCC, 2014).

Уровни 1 и 2

В данном разделе описаны общие методы оценки количества различных внесений азота в почвы (F_{SN} , F_{ON} , F_{PRP} , F_{CR} , F_{SOM} , F_{OS}), которые необходимы для методологий уровней 1 и 2 (уравнения 2.1 и 2.2).

Внесенные минеральные удобрения (F_{SN}).

Слагаемое F_{SN} обозначает годовое количество минерального азотного удобрения, вносимого в почвы. Оно оценивается на основании данных суммарного количества ежегодно вносимых в почвы минеральных удобрений. Данные о годовом внесении удобрений могут быть получены из официальных региональных статистических данных Росстата. При наличии достаточной информации можно детализировать данные об удобрениях по их типу, виду культуры и

климатическому режиму для основных культур. Следует отметить, что данные по внесению минеральных азотных удобрений в почвы должны включать также внесение и на лесных площадях, и в поселениях, и на прочих землях.

В [таблице 2.1](#) приведены специфичные коэффициенты для вносимых минеральных азотных удобрений в черноземы и дерново-подзолистые почвы, разработанные в (Российская, 2006 -...), которые могут быть использованы для метода уровня 2 при наличии соответствующих исходных данных. Для метода уровня 1 и для остальных типов почв может применяться коэффициент по умолчанию 0,01 кг N₂O-N/кг N (Межправительственная, 2006).

При выполнении расчетов как по методу уровня 1, так и по уровню 2, необходимо, в первую очередь, вычленив часть вносимых азотных удобрений под рисовые поля. При использовании метода уровня 2 оставшуюся величину вносимых удобрений необходимо распределить по типам почв в регионе соответственно их процентному соотношению на пахотных землях. В среднем по территории Российской Федерации соотношение черноземы: дерново-подзолистые почвы: остальные типы почв на пашне примерно соответствует 64,1%:14,7%:21,2% (Российская, 2006 -...). Эффективной практикой является регулярное обновление этого соотношения в зависимости от изменения площадей пахотных земель в регионе.

Внесенные органические азотные удобрения (F_{ON}).

Слагаемое "внесенное органическое азотное удобрение" (F_{ON}) обозначает количество вносимого в почвы органического азота, кроме оставляемого животными и птицей на пастбищах, и рассчитывается с помощью уравнения 2.3. Сюда входят вносимые в почву навоз, компост, а также другие органические удобрения, имеющие региональное значение для сельского хозяйства (например, отходы переработки непищевого животного сырья, отходы пивоварения и т.д.).

Уравнение 2.3

Количество азота, вносимое в почвы с органическими азотными удобрениями (уровень 1)

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{COM} + F_{OOA}$$

где:

F_{ON} - суммарное годовое количество внесенного в почвы органического азотного удобрения, кроме оставляемого животными и птицей на пастбищах, кг N/год;

F_{AM} - годовое количество азота в навозе, внесенном в почвы, кг N/год;

F_{COM} - годовое суммарное количество азота в компосте, который вносится в почвы (обратить внимание, чтобы не было двойного учета азота в навозе, используемом для приготовления компоста), кг N/год;

F_{OOA} - годовое количество других органических улучшающих добавок, использованных в качестве удобрения (например, отходы переработки непищевого животного сырья, отходы пивоварения и т.д.), кг N/год.

Слагаемое F_{AM} определяется путем корректировки имеющегося количества азота в навозе (N_{MMS_Avb} ; см. [уравнение 1.18](#) в главе 1) с учетом количества обработанного навоза, используемого

для кормления ($F_{\text{раскорм}}$), сжигания в качестве топлива ($F_{\text{растопл.}}$) или строительства ($F_{\text{расстроит.}}$), как показано в уравнении 2.4. Как правило, в Российской Федерации использование навоза в качестве топлива, для кормления или строительства не производится. Поэтому при отсутствии дополнительной уточненной информации величину $N_{\text{MMS}_{\text{Avb}}}$ следует использовать в качестве F_{AM} без корректировки для учета $F_{\text{растопл.}}$, $F_{\text{раскорм}}$, $F_{\text{расстроит.}}$.

Уравнение 2.4

Количество азота, вносимое в почвы с навозом (уровень 1)

$$F_{\text{AM}} = N_{\text{MMS}_{\text{Avb}}} \cdot [1 - (Frac_{\text{КОРМ}} + Frac_{\text{ТОПЛ.}} + Frac_{\text{СТРОИТ.}})]$$

где:

F_{AM} - годовое количество азота в навозе, внесенном в почвы, кг N/год;

$N_{\text{MMS}_{\text{Avb}}}$ - количество азота в обработанном навозе, который вносится в почву, используется для кормления, в качестве топлива или в строительстве, кг N/год (см. [уравнение 1.18](#) в главе 1);

$F_{\text{раскорм}}$ - часть обработанного навоза, используемая для кормления (по умолчанию принимается равной нулю);

$F_{\text{растопл.}}$ - часть обработанного навоза, используемая как топливо (по умолчанию принимается равной нулю);

$F_{\text{расстроит.}}$ - часть обработанного навоза, используемая для строительства (по умолчанию принимается равной нулю).

Как и в случае с минеральными азотными удобрениями, разработчикам инвентаризации следует в первую очередь вычленить часть органических удобрений, вносимых под рисовые поля, и оценить соответствующий прямой выброс N_2O с помощью коэффициента EF_{IFR} . Оставшаяся часть органических удобрений должна оцениваться с коэффициентами EF_1 в соответствии с типами почв.

Моча и навоз, оставленные животными и птицей на пастбищах (F_{PRP}).

Слагаемое F_{PRP} обозначает годовое количество азота, оставляемого на пастбище, выпасе и загоне пастбищными животными и птицей. Важно отметить, что азот навоза из систем сбора и хранения (за исключением пастбищ и выпасов) включается в слагаемое F_{AM} , входящее в состав F_{ON} . Слагаемое F_{PRP} оценивается с помощью уравнения 2.5 на основании числа животных в каждом виде/каждой категории скота T ($N_{(T)}$), среднегодового количества азота, выделяемого каждым видом/каждой категорией скота T ($N_{\text{ex}(T)}$) и части этого количества азота, оставляемого на выпасе, пастбище и в загоне каждым видом/каждой категорией скота T ($MS_{(T\text{PRP})}$). Необходимые для этого уравнения данные могут быть получены из главы 1 (см. [раздел 1.5](#)).

Уравнение 2.5

Количество азота, оставляемое на пастбище, выпасе и в загоне животными и птицей с мочой и навозом/пометом (уровень 1)

$$F_{PRP} = \sum_T [(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)}) \cdot MS_{(T,PRP)}]$$

где:

F_{PRP} - годовое количество азота мочи и навоза/помета, оставленное на выпасе, пастбище и в загоне животными и птицей, кг N/год;

$N_{(T)}$ - количество голов скота вида/категории/подкатегории T в регионе (см. [раздел 1.2](#), глава 1);

$Nex_{(T)}$ - среднегодовое выделение азота на одну голову скота и птицы вида/категории/подкатегории T в регионе, кг N/животное x год, (см. [раздел 1.5](#), глава 1);

$MS_{(T,PRP)}$ - часть суммарного количества азота, выделенного каждым видом/каждой категорией или подкатегорией T скота и птицы, которая оставляется на пастбище, выпасе и в загоне <12> (см. [раздел 1.5](#), глава 1).

Азот возвращаемых в почвы растительных остатков, в том числе от азотфиксирующих культур и от обновляемых/восстанавливаемых кормовых культур, сенокосов и пастбищ (F_{CR}).

Слагаемое F_{CR} обозначает количество азота в растительных остатках (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур, ежегодно возвращаемого в почвы. Оно также включает азот от азотфиксирующих и неазотфиксирующих кормовых растений, минерализованный в процессе обновления/восстановления кормовых культур, сенокосов или пастбищ.

Данные по этому азоту получают оценкой на основе статистики по урожайности и посевным площадям всех культурных растений, включая однолетние и многолетние травы. Количество азота растительных остатков, поступающего в сельскохозяйственные почвы аграрного сектора, оценивается в соответствии с национальной методикой (Российская, 2006 -...) на основе анализа данных литературы по оценке баланса питательных веществ в севооборотах. Соответствующие уравнения регрессии и коэффициенты для определения массы азота, поступающего в почвы при минерализации растительных остатков (см. [табл. 2.2](#)), учитывают летнее поступление отмирающей биомассы растений, которое по некоторым оценкам составляет от 60 до 80% общего количества не утилизируемой мортмассы.

Расчет массы азота, поступающей в почву с поверхностными и корневыми остатками, выполняется по уравнению 2.6.

Уравнение 2.6

Количество азота, поступающее в почву
с остатками культурных растений

$$F_{CR} = Ab + Un$$

$$Ab = \sum_i [(a_{iAb} Y_i + b_{iAb}) \cdot N_{iAb} / 100 \cdot (S_i - S_{iBЛЖ} \cdot Cf)] \cdot 100$$

$$U_n = \sum_i [(a_{iU_n} Y_i + b_{iU_n}) \cdot N_{iU_n} / 100 \cdot S_i] \cdot 100$$

где:

F_{CR} - годовое количество азота в растительных остатках (надземных и подземных) культурных растений, в том числе от азотфиксирующих культур и от обновления/восстановления кормовых культур, пастбищ и сенокосов, возвращаемое в почвы, кг N/год;

A_b - масса азота, поступающего в почву при разложении поверхностных остатков культурных растений определенного вида i , кг N;

U_n - масса азота, поступающего в почву при разложении корневых остатков культурных растений определенного вида i , кг N;

Y_i - урожайность основной продукции данной культуры, рассчитываемая как частное от деления величины валового сбора и посевной площади, ц сух. в-ва/га;

a_{iA_b} и b_{iA_b} (a_{iU_n} и b_{iU_n}) - соответствующие коэффициенты для расчета массы поверхностных (корневых) остатков данной сельскохозяйственной культуры при определенном уровне урожайности (табл. 2.2);

N_{iA_b} (N_{iU_n}) - содержание азота в поверхностных (корневых) остатках данной культуры, % сух. массы (табл. 2.2);

S_i - посевная площадь данного вида растений, га в год. Для посевов многолетних трав учитывается период их обновления. Для регионов, в которых пастбища обновляются в среднем через каждые X лет;

S_i - площадь посевов по статистическим данным/ X ;

$S_{iВЫЖ}$ - площадь выжигания надземных остатков данного вида растений, га в год;

C_f - коэффициент сгорания (не имеет размерности) (см. таблицу 4.2 в главе 4).

Азот в остатках многолетних кормовых культур учитывается только в течение периодического обновления пастбищ, т.е. не обязательно каждый год, как в случае с однолетними культурами. Период обновления посевов многолетних трав в Российской Федерации по умолчанию может быть принят равным 3 годам. Однако учитывая, что посевы могут не обновляться в течение 7 - 10 лет, рекомендуется получить уточненные региональные значения по частоте обновления посевов многолетних трав.

Таблица 2.2

УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА АЗОТА, ПОСТУПАЮЩЕГО В ПОЧВУ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ОСТАТКАМИ

Культура	Урожайность, ц/га Y_i	Масса поверхностных остатков, ц/га a_{iAb} и b_{iAb}	Содержан ие азота в надземных остатках, % N_{iAb}	Масса корневых остатков, ц/га a_{iUn} и b_{iUn}	Содержание азота в подземных остатках, % N_{iUn}	Содержание углерода в надземных и подземных остатках <*>, % C_i
озимая рожь	10 - 25	$= (0,3 \cdot Y + 3,2)$	0,45	$= (0,6 \cdot Y + 8,9)$	0,75	45,00
	26 - 40	$= (0,2 \cdot Y + 6,3)$		$= (0,6 \cdot Y + 13,9)$		
озимая пшеница	10 - 25	$= (0,4 \cdot Y + 2,6)$	0,45	$= (0,9 \cdot Y + 5,8)$	0,75	48,53
	26 - 40	$= (0,1 \cdot Y + 8,9)$		$= (0,7 \cdot Y + 10)$		
яровая пшеница	10 - 20	$= (0,4 \cdot Y + 1,8)$	0,65	$= (0,7 \cdot Y + 10,2)$	0,8	48,53
	21 - 30	$= (0,2 \cdot Y + 5,4)$		$= (0,8 \cdot Y + 6)$		
ячмень	10 - 20	$= (0,4 \cdot Y + 1,8)$	0,5	$= (0,8 \cdot Y + 6,5)$	1,2	45,67
	21 - 35	$= (0,09 \cdot Y + 7,6)$		$= (0,4 \cdot Y + 13,45)$		
овес	10 - 20	$= (0,3 \cdot Y + 3,2)$	0,6	$= (1 \cdot Y + 2)$	0,75	45,00
	21 - 35	$= (0,15 \cdot Y + 6,12)$		$= (0,4 \cdot Y + 16)$		
просо	5 - 20	$= (0,2 \cdot Y + 5)$	0,5	$= (0,8 \cdot Y + 7)$	0,75	46,87

	21 - 30	$= (0,3 \cdot Y + 3,3)$		$= (0,56 \cdot Y + 11,2)$		
Кукуруза на зерно	10 - 35	$= (0,23 \cdot Y + 3,5)$	0,75	$= (0,8 \cdot Y + 5,8)$	1	45,00
горох	5 - 20	$= (0,14 \cdot Y + 3,5)$	1,25	$= (0,66 \cdot Y + 7,5)$	1,7	45,00
	21 - 30	$= (0,2 \cdot Y + 1,7)$		$= (0,37 \cdot Y + 12,9)$		
гречиха	5 - 15	$= (0,25 \cdot Y + 4,3)$	0,8	$= (1,1 \cdot Y + 5,3)$	0,85	45,00
	16 - 30	$= (0,2 \cdot Y + 5,2)$		$= (0,54 \cdot Y + 14,1)$		
подсолнечник	8 - 30	$= (0,4 \cdot Y + 3,1)$	1,4	$= (1 \cdot Y + 6,6)$	1,2	45,00
картофель	50 - 200	$= (0,04 \cdot Y + 1)$	1,8	$= (0,08 \cdot Y + 4)$	1,2	42,26
	201 - 350	$= (0,03 \cdot Y + 4,1)$		$= (0,06 \cdot Y + 8,6)$		
сахарная свекла	100 - 200	$= (0,003 \cdot Y + 2,5)$	1,4	$= (0,06 \cdot Y + 5,45)$	1,2	40,72
	201 - 400	$= (0,02 \cdot Y + 0,8)$		$= (0,07 \cdot Y + 3,5)$		
овощи	50 - 200	$= (0,02 \cdot Y + 1,5)$	0,35	$= (0,06 \cdot Y + 5)$	1	45,00
	201 - 400	$= (0,006 \cdot Y + 3,6)$		$= (0,04 \cdot Y + 6)$		

кормовые корнеплоды	50 - 200	$= (0,003 \cdot Y + 2,4)$	1,3	$= (0,05 \cdot Y + 5,2)$	1	40,72
	201 - 400	$= (0,01 \cdot Y + 1)$		$= (0,05 \cdot Y + 5,5)$		
лен	3 - 10	$= (1,3 \cdot Y + 9,4)$			0,8	45,00
конопля	3 - 10	$= (2,2 \cdot Y + 9,1)$			0,5	45,00
силосные	100 - 200	$= (0,03 \cdot Y + 3,6)$	0,8	$= (0,12 \cdot Y + 8,7)$	1,2	45,00
кукуруза на силос	100 - 200	$= (0,03 \cdot Y + 3,6)$	0,8	$= (0,12 \cdot Y + 8,7)$	1,2	45,00
	201 - 350	$= (0,02 \cdot Y + 5)$		$= (0,08 \cdot Y + 16,2)$		
однолетние травы	10 - 40	$= (0,13 \cdot Y + 6)$	1,1	$= (0,7 \cdot Y + 7,5)$	1,2	45,00
многолетние травы	10 - 35	$= (0,2 \cdot Y + 6)$	1,9	$= (0,8 \cdot Y + 11)$	2,1	45,00
	36 - 60	$= (0,1 \cdot Y + 10)$		$= (1 \cdot Y + 15)$		

Точность расчетов по этим данным составляет +/- 10%.

<*> Используется в [главе 6](#) при оценке количества углерода, поступающего в обрабатываемые почвы с растительными остатками.

Исходные данные по урожайности и посевным площадям культурных растений могут быть получены из региональной статистики, включая статистические издания Росстата. Следует отметить, что иногда статистические данные представляются в расчете на зеленую массу, например, сбор кормовых трав на силос, зеленый корм, сенаж и травяную муку. Пересчет в массу сухого вещества может быть выполнен с помощью поправочного коэффициента 4,6 по уравнению 2.7.

Уравнение 2.7

Перевод данных урожайности к сухой массе

$$Y_i = \text{Зел.масса}_i \cdot \text{DRY}$$

где:

Y_i = собранный урожай культуры i в расчете на сухое вещество, кг с.в./га;

Зел.масса_i = собранный урожай культуры i (масса свежей продукции), кг зеленой массы/га;

DRY = доля сухого вещества в собранном урожае i , кг с.в./кг зеленой массы. По умолчанию равен 4,6.

Для тех культурных растений, по которым не разработано видоспецифичных уравнений регрессии и коэффициентов ([табл. 2.2](#)), должны быть использованы параметры наиболее биологически сходных видов. Так, растительные остатки риса и сорго могут быть рассчитаны по просу, масличных культур (рапса, горчицы, сои и прочих масличных) - по гороху, остатки бахчевых рассчитаны по овощным культурам, а прочих технических культур - по конопле. Растительные остатки тритикале (гибрид пшеницы и ржи) могут быть рассчитаны по уравнениям для озимой пшеницы.

Суммарная добавка азота, F_{CR} , представляет собой суммарное содержание азота в надземных и подземных остатках. Разработчикам инвентаризации следует отдельно вычислить прямой выброс N_2O от рисовых полей с помощью коэффициента EF_{IFR} .

Минерализованный азот, получающийся в результате потери почвенных органических запасов углерода в минеральных почвах при изменении землепользования или практики управления (F_{SOM}).

Слагаемое F_{SOM} обозначает количество азота, минерализованного в результате потерь в почвенном органическом углероде в минеральных почвах при изменении землепользования или практики управления обрабатываемых почв. Изменение землепользования и различные практики управления могут оказывать значительное воздействие на запас почвенного органического углерода. Органический углерод и азот тесно связаны в почвенном органическом веществе. При

потере углерода через окисление в результате изменения землепользования или практики управления на обрабатываемых почвах эта потеря сопровождается одновременной минерализацией азота.

В случае если происходят потери почвенного углерода, ассоциированный минерализованный азот рассматривается как дополнительный источник азота, доступного для превращения в N_2O . Точно также становится источником, например, минеральный азот, высвобождающийся в результате разложения растительных остатков. К минерализованному азоту, который получается в результате потерь почвенного органического вещества, применяется тот же коэффициент выбросов по умолчанию (EF_1), что и для прямых выбросов, происходящих от внесений минеральных и органических удобрений. Это связано с тем, что аммоний и нитрат, получающиеся в результате минерализации почвенного органического вещества, одинаково ценны в качестве субстрата для микроорганизмов, продуцирующих N_2O путем нитрификации и денитрификации, независимо от того, что именно является источником минерального азота - потеря почвенного органического вещества вследствие изменения землепользования или практики управления, разложение растительных остатков, минеральные удобрения или органические удобрения. (Примечание: процесс, обратный минерализации, при котором неорганический азот связывается во вновь образованном почвенном органическом веществе (SOM) (т.е. иммобилизация азота), не учитывается при расчете источника азота для минерализации. Это объясняется различной динамикой разложения и образования SOM, а также тем, что поверхностная обработка в некоторых случаях может привести к увеличению как SOM, так и выбросов N_2O <9>.)

<9> Иммобилизация азота и соответствующая корректировка прямых выбросов N_2O от обрабатываемых почв может быть выполнена разработчиками инвентаризации только при наличии соответственных уточненных данных и коэффициентов, и рассматривается как часть подхода уровня 2.

Методы уровней 1 и 2 для расчета высвобождения азота посредством минерализации для всех случаев, при которых происходят потери углерода, в частности в почвах обрабатываемых земель (см. главу 6), показаны ниже:

Этапы расчета для оценки изменений в поступлении азота в результате минерализации:

Этап 1: Оценить среднегодовой баланс почвенного углерода (Баланс_(Т)) для рассматриваемой площади обрабатываемых земель за год, используя уравнение 6.1 в главе 6. Если полученное значение показывает потери почвенного углерода (баланс отрицательный), то следует переходить к следующему этапу (этапу 2). Если баланс положительный, то прямые выбросы N_2O от минерализации почвенного органического вещества не оцениваются.

Этап 2: Оценить количество азота, минерализованного в результате этой потери почвенного углерода (F_{SOM}), используя уравнение 2.8.

Уравнение 2.8

Количество азота, минерализуемого в минеральных почвах
в результате потерь почвенного углерода при изменении
в землепользовании или управлении (уровень 1 и 2)

$$F_{SOM} = (\text{Баланс}_{(Т)} \cdot 1/R) \cdot 1000$$

где:

F_{SOM} - итоговое годовое количество азота, минерализуемого в минеральных почвах в результате потерь почвенного углерода при изменении в землепользовании или практики управления обрабатываемых земель, кг N;

Баланс_(T) - среднегодовые потери почвенного углерода в почвах обрабатываемых земель (при наличии данных могут быть оценены и для других типов землепользования) по уравнению 6.1, тонны C.

R - C:N отношение для почвенного органического вещества. В ситуациях, включающих изменение землепользования от лесных площадей или пастбищ в обрабатываемые земли, для отношения C:N может использоваться значение по умолчанию, равное 15, если отсутствуют более конкретные данные для этой площади. В ситуациях, включающих изменения управления на постоянных обрабатываемых землях, может использоваться значение по умолчанию, равное 10. Отношение C:N может изменяться со временем, с изменением землепользования или практики управления. Если регион может документировать изменения в отношении C:N, то тогда по временному ряду, землепользованиям или практикам управления могут использоваться различные значения для этого отношения.

T - год проведения инвентаризации.

Этап 3: На уровне 1 значение для F_{SOM} рассчитывается за один этап. На уровне 2 F_{SOM} рассчитывается суммированием по разным подтипам обрабатываемых почв (например, для рисовых полей и остальных почв), которые были выделены в конкретном регионе.

Учитывая, что распашка целинных земель (т.е. изменение землепользования) в Российской Федерации в настоящее время не производится, при проведении инвентаризации достаточно выполнить оценку прямого выброса N_2O при минерализации почвенного органического вещества на постоянных обрабатываемых землях. Соответствующая методика для оценки изменений запасов почвенного углерода на территории пахотных земель приведена в [главе 6](#) настоящего руководства.

Регионы, которые не могут оценить общие изменения в углероде минеральных почв, создают тем самым отклонение в оценке N_2O , и эффективная практика заключается в подтверждении соответствующих предельных значений в отчетной документации. Эффективная практика заключается также в использовании конкретных отношений C:N для разукрупненных земельных площадей, если такие данные доступны, в сочетании с данными для изменений в углероде.

Учитывая, что для рисовых полей предлагается отдельный коэффициент прямого выброса N_2O EF_{IFR} , при использовании метода уровня 2 разработчикам инвентаризации следует рассчитать отдельно баланс почвенного углерода и соответствующую минерализацию азота на рисовых полях.

Площадь осушенных органогенных почв (F_{OS}) на территории обрабатываемых земель и кормовых угодий.

Слагаемое F_{OS} обозначает общую годовую площадь (га) осушенных органогенных почв с подразделением на осушенные земли обрабатываемых земель и земель кормовых угодий (см. определение в сноске 5). Это определение применяется как к методам уровня 1, так и к методам

уровня 2.

Данные о площади осушенных органогенных почв (F_{OS}) на территории пахотных земель и кормовых угодий могут быть получены из официальной статистики Росреестра или по региональным данным. В качестве альтернативы для оценки осушенных/обрабатываемых площадей может быть использовано экспертное заключение.

2.2 КОСВЕННЫЕ ВЫБРОСЫ N_2O

Помимо прямых выбросов N_2O из обрабатываемых почв, которые происходят непосредственно из почв, к которым поступает азот, выбросы N_2O происходят также по двум косвенным путям.

Первый из этих путей - это улетучивание азота в виде NH_3 и окисей азота (NO_x) и депонирование этих газов и их продуктов NH_4^+ и NO_3^- на почвах и поверхности озер и прочих водоемов. Второй путь состоит в вымывании и стоке с земель азота, входящего в состав минеральных и органических удобрений и растительных остатков, минерализации азота, связанного с потерями почвенного углерода в минеральных и осушенных/обрабатываемых органогенных почвах в результате изменения землепользования или практики управления, а также от мочи и навоза пастбищных животных. Часть неорганического азота в почве или на ней, главным образом в форме NO_3^- , может обойти биологические механизмы удержания в почвенно-растительной системе путем транспорта с поверхностным потоком воды (сток) и/или потоком через почвенные макропоры или трубчатую дренажную систему. В процессах нитрификации и денитрификации, описанных в начале данной главы, происходит трансформация некоторой части NH_4^+ и NO_3^- в N_2O . Это может происходить в подземных водах под землей, куда добавлялся азот, или в прибрежной зоне, куда стекают дренажные или сточные воды, или в канавах, потоках, реках и эстуариях (и в их осадочных отложениях), куда, в конечном счете, поступает дренажный сток.

В методологии, представленной в настоящей главе, рассматриваются следующие источники азота для косвенных выбросов N_2O из обрабатываемых почв:

- минеральные азотные удобрения (F_{SN});
- органический азот, внесенный в качестве удобрения (например, навоз <10>, компост, отходы переработки непищевого животного сырья и другие органические удобрения) (F_{ON});
- азот мочи и навоза (помета), оставленный на пастбище, выпасе и загоне пастбищными животными и птицей (F_{PRP});
- возвращаемый в почвы азот растительных остатков (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур и от обновления/восстановления кормовых культур, сенокосов и пастбищ (F_{CR}) <11>;
- минерализация азота, связанная с потерей почвенного органического вещества в результате изменения землепользования или управления на минеральных почвах обрабатываемых земель (F_{SOM}) <9>.

<10> Улетучивание и последующее депонирование азота от навоза в системах его сбора,

хранения и использования рассматривается в [главе 1](#) настоящего руководства, в разделе о выбросах N₂O в системах сбора и хранения навоза (помета).

<11> Азот из этих компонентов включается только в компонент косвенных выбросов N₂O, связанных с вымыванием/стоком.

Описанные ниже общие методы уровней 1 и 2 могут использоваться для оценки обобщенных суммарных косвенных выбросов N₂O от сельскохозяйственных источников азота в регионе. Если регион оценивает свои прямые выбросы N₂O из обрабатываемых почв с разделением по подкатегориям этих земель, то косвенные выбросы N₂O могут также оцениваться с тем же разукрупнением по подкатегориям, используя представленные ниже уравнения с данными о деятельности, долями разбиений и/или коэффициентами выбросов, конкретными для каждой подкатегории.

2.2.1 Выбор метода

Выбор подходящего уровневого метода для оценки косвенных выбросов N₂O зависит от наличия уточненных детализированных коэффициентов или долей потерь азота при улетучивании и вымывании для метода уровня 2, а также от того, являются ли данные косвенные выбросы ключевой категорией, и является ли каждая подкатегория существенной (составляет 25 - 30% от косвенных выбросов N₂O в результате улетучивания или вымывания).

Уровень 1

Улетучивание, N₂O_(ATD)

Выбросы N₂O в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв, оцениваются с помощью уравнения 2.9:

Уравнение 2.9

Выбросы N₂O D в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв (уровень 1)

$$N_{2}O_{(ATD)} - N = [(F_{SN} \cdot Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \cdot Frac_{GASM})] \cdot EF_4$$

где:

N₂O_(ATD)-N - годовое количество N₂O-N, которое образуется в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв, кг N₂O-N/год;

F_{SN} - годовое количество азота минеральных удобрений, внесенного в почвы, кг N /год;

Frac_{GASF} - часть азота минеральных удобрений, которая улетучивается в виде NH₃ и NO_x, кг улетучившегося N/кг внесенного N ([таблица 2.3](#));

F_{ON} - годовое количество азота в составе надлежащим образом подготовленных и внесенных в почву навоза, компоста (без добавки навоза) и других органических азотсодержащих добавок, кг N/год;

F_{PRP} - годовое количество азота мочи и навоза (помета), оставленное на пастбище, выпасе и загоне животными и птицей, кг N/год;

$Frac_{GASM}$ - часть азота внесенных органических азотных удобрений (F_{ON}), а также азота мочи и навоза (помета), оставленных пастбищными животными (F_{PRP}), которая улетучивается в виде NH_3 и NO_x , кг улетучившегося N/кг внесенного или оставленного N (таблица 2.3);

EF_4 - коэффициент косвенных выбросов N_2O в результате осаждения азота из атмосферы на почву и водные поверхности, кг N- N_2O /кг улетучившихся $NH_3-N + NO_x-N$ (таблица 2.3).

Преобразование выбросов $N_2O_{(ATD)}-N$ в выбросы N_2O для целей отчетности производится при помощи следующего уравнения:

$$N_2O_{(ATD)} = N_2O_{(ATD)} - N \cdot 44 / 28$$

Вымывание/сток, $N_2O_{(L)}$

Выбросы N_2O в результате вымывания и стока оцениваются с помощью уравнения 2.10:

Уравнение 2.10

Выбросы N_2O в результате вымывания и стока азота из обрабатываемых почв в регионах, где происходит вымывание и сток (уровень 1)

$$N_2O_{(L)} - N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot Frac_{LEACH-(H)} \cdot EF_5$$

где:

$N_2O_{(L)}-N$ - годовое количество N_2O-N , образующееся в результате вымывания и стока антропогенных азотных соединений в обрабатываемые почвы, кг N_2O-N /год;

F_{SN} - годовое количество азота внесенных в почву минеральных удобрений, кг N/год;

F_{ON} - годовое количество азота в надлежащим образом подготовленных и внесенных в почву навоза, компоста (без добавления навоза) и других органических азотсодержащих добавках, кг N/год;

F_{PRP} - годовое количество азота мочи и навоза (помета), оставленных пастбищными животными и птицей, кг N/год (из уравнения 2.5);

F_{CR} - годовое количество возвращаемого в почвы азота в растительных остатках (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур и обновления/восстановления кормовых культур, сенокосов и пастбищ, кг N/год;

F_{SOM} - годовое количество азота, минерализованного в минеральных почвах в связи с потерей почвенного углерода из почвенного органического вещества в результате изменений в землепользовании или управлении обрабатываемых земель, кг N/год (из уравнения 2.8);

$Frac_{Leach-(H)}$ - часть всего добавленного к обрабатываемым почвам или минерализованного в

обрабатываемых почвах азота, которая теряется через вымывание и сток, кг N/кг добавок N (таблица 2.3);

EF_5 - коэффициент косвенных выбросов N_2O от вымывания и стока азота, кг N_2O-N /кг вымываемого и стекаемого N (таблица 2.3).

Примечание: Если регион может оценить количество минерализованного азота из органических почв, то следует учесть это в виде дополнительного поступления в уравнении 2.10.

Преобразование выбросов $N_2O_{(L)}-N$ в выбросы N_2O для целей отчетности производится при помощи следующего уравнения:

$$N_2O_{(L)} = N_2O_{(L)} - N \cdot 44 / 28$$

Уровень 2

Если имеются более подробные коэффициенты выбросов, улетучивания и вымывания по какому-либо региону или его части, чем представленные в таблице 2.3, то может быть проведено также дальнейшее разукрупнение слагаемых уравнения. Например, если имеются конкретные коэффициенты улетучивания для применения минеральных удобрений (F_{SN}) при различных условиях i , уравнение 2.9 будет расширено следующим образом:

Уравнение 2.11

Выбросы N_2O в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв (уровень 2)

$$N_2O_{(ATD)} - N = \left\{ \sum_i (F_{SN_i} \cdot Frac_{GASF_i}) + [(F_{ON} + F_{PRP}) \cdot Frac_{GASM}] \right\} \cdot EF_4$$

где:

$N_2O_{(ATD)}-N$ - годовое количество N_2O-N , которое образуется в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв, кг N_2O-N /год;

F_{SN_i} - годовое количество азота минеральных удобрений, внесенного в почвы при различных условиях i , кг N/год;

$Frac_{GASF_i}$ - часть азота минеральных удобрений, которая улетучивается в виде NH_3 и NO_x при различных условиях i , кг улетучившегося N/кг внесенного N;

F_{ON} - годовое количество азота в составе надлежащим образом подготовленных и внесенных в почву навоза, компоста (без добавления навоза) и других органических азотсодержащих добавках, кг N/год;

F_{PRP} - годовое количество азота мочи и навоза (помета), оставленных пастбищными животными и птицей, кг N/год;

$Frac_{GASM}$ - часть азота внесенных органических азотных удобрений (F_{ON}), а также азота мочи и навоза (помета), оставленных пастбищными животными и птицей (F_{PRP}), которая улетучивается

в виде NH_3 и NO_x , кг улетучившегося N/кг внесенного или оставленного N (таблица 2.3);

EF_4 - коэффициент косвенных выбросов N_2O в результате осаждения азота из атмосферы на почву и водные поверхности, кг N- N_2O /кг улетучившихся $\text{NH}_3\text{-N} + \text{NO}_x\text{-N}$ (таблица 2.3).

Примечание: Если регион может оценить количество азота, минерализованного в результате осушения/обработки органических почв, то следует включить его как одно из поступлений азота в модификацию уравнения 2.10 для уровня 2.

2.2.2 Выбор коэффициентов выбросов, долей улетучивания и вымывания

Метод оценки косвенных выбросов N_2O включает два коэффициента выбросов: первый связан с улетучившимся и повторно осажденным азотом (EF_4), а второй - с азотом, утраченным в результате вымывания и стока (EF_5). Для этого метода также требуются значения для части азота, которая утрачивается в результате улетучивания (F_{GASGASF} и F_{GASGASM}) или вымывания/стока ($F_{\text{LEACH-(H)}}$). В таблице 2.3 представлены значения по умолчанию всех этих коэффициентов.

Следует обратить внимание на то, что в методе уровня 1 для влажных регионов или засушливых регионов, где используется орошение (кроме капельного орошения), значение по умолчанию для $F_{\text{LEACH-(H)}}$ составляет 0,30. Для засушливых регионов, где количество осадков ниже эвапотранспирации на протяжении большей части года и возможность вымывания маловероятна, F_{LEACH} принимается по умолчанию равным нулю. Необходимо пользоваться приведенным в таблице 2.3 методом расчета, который позволяет определить возможность принятия $F_{\text{LEACH-(H)}} = 0,30$.

Значения для EF_4 по конкретным регионам следует использовать с большой осторожностью из-за особой сложности трансграничного атмосферного переноса. Хотя разработчики инвентаризации могут располагать конкретными данными измерений осаждения азота и соответствующего потока N_2O , во многих случаях источник осажденного азота может находиться в другом регионе. Аналогичным образом, часть азота, которая улетучивается в их регионе, может переноситься и осаждаться в другом регионе, где могут преобладать иные условия, которые влияют на долю азота, которая выбрасывается в виде N_2O . По этим причинам значение EF_4 очень трудно определить, и метод, представленный в настоящем руководстве, относит все косвенные выбросы N_2O , происходящие от поступлений в обрабатываемые почвы, к регионам происхождения атмосферного NO_x и NH_3 , а не к регионам, в которые атмосферный NO_x и NH_3 мог переноситься.

2.2.3 Выбор данных о деятельности

Для оценки косвенных выбросов N_2O от различных источников внесения азота в обрабатываемые почвы необходимо определить параметры F_{SN} , F_{ON} , F_{PRP} , F_{CR} , F_{SOM} .

Внесенные минеральные удобрения (F_{SN})

Слагаемое F_{SN} обозначает годовое количество вносимого в почву азота минеральных удобрений. См. раздел 2.1.3 "Выбор данных о деятельности" для прямых выбросов N_2O из обрабатываемых почв, чтобы получить значение для F_{SN} .

Внесенные органические азотные удобрения (F_{ON})

Слагаемое F_{ON} обозначает количество вносимых в почву органических азотных удобрений.

См. раздел 2.1.3 "Выбор данных о деятельности" для прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв, чтобы получить значение для F_{ON}.

Моча и навоз/помет пастбищных животных и птицы (F_{PRP})

Слагаемое F_{PRP} обозначает количество азота, оставляемого на пастбище, выпасе и в загоне пастбищными животными и птицей. См. раздел 2.1.3 "Выбор данных о деятельности" для прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв, чтобы получить значение для F_{PRP}.

Азот возвращаемых в почвы растительных остатков, в том числе от азотфиксирующих культур и от обновляемых/восстанавливаемых кормовых культур, сенокосов и пастбищ (F_{CR}).

Слагаемое F_{CR} обозначает количество азота в растительных остатках (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур, ежегодно возвращаемого в почвы. Оно также включает азот от азотфиксирующих и неазотфиксирующих кормовых растений, минерализованный в процессе обновления/восстановления кормовых культур, сенокосов и пастбищ. См. раздел 2.1.3 "Выбор данных о деятельности" для прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв, чтобы получить значение для F_{CR}.

Минерализованный азот, получающийся в результате потери почвенных органических запасов углерода в минеральных почвах (F_{SOM})

Слагаемое F_{SOM} обозначает количество азота, минерализованного в результате потерь почвенного органического углерода в минеральных почвах при изменении землепользования или практики управления на обрабатываемых почвах (F_{SOM}). См. раздел 2.1.3 "Выбор данных о деятельности" для прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв, чтобы получить значение для F_{SOM}.

Таблица 2.3

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ, УЛЕТУЧИВАНИЯ И ВЫМЫВАНИЯ
ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ КОСВЕННЫХ ВЫБРОСОВ N₂O ИЗ ПОЧВ

Коэффициент	Значение по умолчанию	Диапазон неопределенности
EF ₄ [улетучивание и повторное осаждение азота], кг N ₂ O-N / (кг улетучившегося NH ₃ -N + NO _x -N)	0,010	0,002 - 0,05
EF ₅ [вымывание/сток], кг N ₂ O-N / (кг N для вымывания/стока) <12>	0,0075	0,0005 - 0,025
Frac _{GASF} [улетучивание от минерального удобрения] (кг NH ₃ -N + NO _x -N) / кг внесенного N)	0,10	0,03 - 0,3
Frac _{GASM} [улетучивание от всех внесенных органических азотных удобрений, а также навоза/помета и мочи, оставленных пастбищными животными] (кг NH ₃ -N + NO _x -N) / (кг азота, внесенного или оставленного)	0,20	0,05 - 0,5

Frac _{LEACH-(H)} [потери азота с вымыванием/стоком для регионов, где суммарные годовые осадки превышают величину потенциального испарения)], кг N/(кг внесенного или оставленного на пастбищах азота)	0,30	0,1 - 0,8
Примечание: Frac _{LEACH} применимо только к регионам, в которых суммарные годовые осадки превышают величину потенциального испарения и происходит вымывание/сток воды (гумидный климат). Для прочих регионов (аридный климат) значение Frac _{LEACH} по умолчанию принимается равным нулю.		

<12> Данный коэффициент выбросов включает в себя три компоненты: EF_{5g}, EF_{5r} и EF_{5e}, которые представляют собой коэффициенты выбросов для осушения подземных и поверхностных вод, для рек и эстуариев, соответственно.

ГЛАВА 3. ВЫБРОСЫ МЕТАНА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЫРАЩИВАНИЯ РИСА

Анаэробное разложение органического материала на затопляемых рисовых полях приводит к выделению метана, который поступает в атмосферу главным образом посредством транспорта через растения риса. Годовое количество выбросов CH₄ от определенной площади рисовых полей зависит от числа урожаев и продолжительности выращивания культур, водных режимов до и во время периода культивации, а также применения органических и неорганических удобрений. Тип почвы, температура и сорт риса также влияют на выбросы CH₄.

Предлагаемая ниже методика по расчету выбросов CH₄ включает в себя оценку суточных коэффициентов выбросов, обеспечивающих большую гибкость в разделении вегетационных периодов и периодов парования, чем сезонные коэффициенты, оценку коэффициентов масштабирования для водного режима до вегетационного периода и во время его, а также выбор времени добавления соломы.

3.1 ВЫБОР МЕТОДА

Приведенное ниже уравнение 3.1 является основным для оценки выбросов CH₄ в результате выращивания риса. Выбросы CH₄ оцениваются путем умножения суточных коэффициентов выбросов на период <13> выращивания риса и годовую площадь сбора урожая <14>. В своей простейшей форме данное уравнение применяется с использованием региональных данных о деятельности (т.е. регионального среднего периода выращивания риса и площади сбора урожая) и единого коэффициента выбросов. Тем не менее, природные условия и сельскохозяйственное управление производством риса могут сильно варьировать в пределах региона. Эффективная практика заключается в учете этой вариабильности путем разделения общей площади сбора урожая на подкатегории (например, уборочные площади с различными водными режимами). Площадь сбора урожая для каждой подкатегории умножается на соответствующий период выращивания и коэффициент выбросов, которые представляют условия, характеризующие подкатегорию. При подобном разукрупненном подходе общегодовые выбросы равны сумме выбросов из каждой подкатегории.

<13> В случае повторной культуры "период выращивания" должен быть продлен на

соответствующее число дней.

<14> В случае сбора нескольких урожаев в течение одного года "площадь сбора урожая" равна сумме площадей, культивируемых для каждого сбора урожая.

Уравнение 3.1

Выбросы метана в результате выращивания риса

$$CH_{4 \text{ Рис}} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \cdot t_{i,j,k} \cdot A_{i,j,k} \cdot 10^{-6})$$

где:

$CH_{4 \text{ Рис}}$ - годовые выбросы метана в результате выращивания риса, Гг CH_4 /год;

$EF_{i,j,k}$ - суточный коэффициент выбросов для условий i , j и k , кг CH_4 /га * сутки;

t_{ijk} - период выращивания риса для условий i , j и k , сутки;

A_{ijk} - годовая убранная площадь под рисом для условий i , j и k , га/год;

i , j и k - представляют разные экосистемы, водные режимы, тип и количество органических удобрений и прочие условия, влияющие на выбросы CH_4 в результате производства риса.

К числу разных условий, которые необходимо учитывать, относятся тип экосистемы риса, схема затопления до и в течение периода выращивания, а также тип и количество органических удобрений. Разукрупнение может производиться и по другим условиям, как, например, по типу почвы и сорту риса, если имеется информация по конкретному региону о связи между этими условиями и выбросами CH_4 . Типы экосистем риса и водные режимы на протяжении периода выращивания риса перечислены в [таблице 3.2](#). Если региональное производство риса можно подразделить по практикам управления (например, по схемам затопления), то [уравнение 3.1](#) следует применить к каждой такой подкатегории отдельно. Кроме того, если в течение года собирается более одного урожая, то выбросы следует оценивать для каждого сезона вегетации, учитывая возможные различия в практике выращивания (например, использование органических удобрений, схема затопления до и на протяжении периода выращивания).

Выбор подходящего уровневого метода для оценки выбросов CH_4 зависит от наличия данных о деятельности и коэффициентов выбросов для метода уровня 2, а также от вклада рисоводства в общие региональные выбросы парниковых газов (т.е. является ли данная категория выбросов ключевой).

Уровень 1

Уровень 1 применяется к регионам, в которых либо выбросы CH_4 в результате выращивания риса не являются ключевой категорией, либо отсутствуют уточненные коэффициенты выбросов для этих конкретных регионов. Необходимо провести разукрупнение годовой площади сбора урожая риса, по крайней мере, для трех базовых водных режимов, включая орошаемый, суходольный и горный. Рекомендуется включать максимально возможное количество условий (i , j , k и т.д.), влияющих на выбросы CH_4 (краткая сводка представлена в [Блоке](#) ниже). Выбросы для каждой подкатегории корректируются путем умножения базового коэффициента выбросов по

умолчанию (для полей без затопления менее, чем за 180 дней до выращивания риса, и непрерывно затопляемых полей без органических удобрений, EF_c) на различные коэффициенты масштабирования, как показано в [уравнении 3.2](#). Расчеты проводятся для каждого водного режима и органического удобрения отдельно, как показано в [уравнении 3.1](#).

Следует отметить, что традиционная агротехника выращивания риса в Российской Федерации включает в себя постоянное затопление в течение периода вегетации и отсутствие затопления в период до посадки риса в течение более 180 дней.

Блок условия, влияющие на выбросы метана в результате выращивания риса

При расчете выбросов CH_4 , а также при выводе коэффициентов выбросов следует учитывать следующие особенности выращивания риса:

Региональные различия в практике рисоводства: Если регион является крупным и имеет отличные друг от друга сельскохозяйственные подрегионы с различными системами производства (например, по схемам затопления), то для каждого из этих подрегионов следует проводить отдельный набор расчетов.

Несколько урожаев: Если в течение года на данном участке земли снимается более одного урожая, а условия вегетации отличаются между сезонами выращивания, то расчеты следует проводить для каждого сезона.

Водный режим: В контексте данной главы водный режим определяется как комбинация i) типа экосистемы и ii) схемы затопления.

Тип экосистемы: Как минимум для каждой рисовой экосистемы должны проводиться отдельные расчеты (т.е. производство риса на орошаемых, суходольных полях и полях с высоким уровнем воды).

Схема затопления: Схема затопления рисовых полей оказывает значительное влияние на выбросы CH_4 . Рисовые экосистемы могут далее разделяться на непрерывно и периодически затопляемые (орошаемый рис), регулярно поливаемые дождем, подверженные засухе и с высоким уровнем воды (затопляемые дождем) в соответствии со схемой затопления в течение периода выращивания. Также должна учитываться схема затопления до периода культивирования.

Внесение органических удобрений в почву: Внесение органического материала в почву рисовых полей увеличивает выбросы CH_4 . Воздействие органических удобрений на выбросы CH_4 зависит от типа и количества добавляемого материала, что может быть описано кривой зависимости от дозы. Вносимый в почву органический материал может быть эндогенного (солома, зеленое удобрение и т.д.) или экзогенного происхождения (компост, стойловый навоз и т.д.). В расчетах выбросов должно учитываться влияние органических удобрений.

Прочие условия: Известно, что другие факторы, такие как тип, сорт риса, сульфатные удобрения и т.д. могут существенно влиять на выбросы CH_4 . Учреждениям, проводящим инвентаризацию, предлагается учитывать эти условия при наличии соответствующей информации по конкретному региону о связи между этими условиями и выбросами CH_4 .

Уравнение 3.2

Скорректированный суточный коэффициент выбросов

$$EF_i = EF_c \cdot SF_w \cdot SF_p \cdot SF_o \cdot SF_{s,r}$$

где:

EF_i - скорректированный суточный коэффициент выбросов для конкретной площади уборки урожая, кг CH_4 /га * сутки;

EF_c - базовый коэффициент выбросов для постоянно затопленных полей без органических удобрений, кг CH_4 /га * сутки;

SF_w - коэффициент масштабирования для учета различий водных режимов в течение периода выращивания (из [таблицы 3.2](#));

SF_p - коэффициент масштабирования для учета различий в водном режиме перед сезоном, до периода выращивания (из [таблицы 3.3](#));

SF_o - коэффициент масштабирования должен варьировать как для типов, так и для количества внесенного органического удобрения (из [уравнения 3.3](#) и [таблицы 3.4](#));

$SF_{s,r}$ - коэффициент масштабирования для типа почвы, сорта риса и т.д., если имеются соответствующие данные.

Уровень 2

На уровне 2 применяется такой же методологический подход, как и на уровне 1, но при этом должны использоваться коэффициенты выбросов и/или коэффициенты масштабирования по конкретному региону. Указанные коэффициенты по конкретному региону должны отражать местное воздействие условий (i, j, k и т.д.), которые влияют на выбросы CH_4 , и, предпочтительно, быть разработаны на основе экспериментальных данных. Как и в случае подхода уровня 1, рекомендуется внедрять метод с наибольшим уровнем разукрупнения и включать совокупность условий (i, j, k и т.д.), влияющих на выбросы CH_4 .

3.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ И МАСШТАБИРОВАНИЯ

Уровень 1

В качестве исходной величины используется базовый коэффициент выбросов для полей без затопления менее чем за 180 дней до выращивания риса, и непрерывно затопляемых в течение периода выращивания риса без внесения органических удобрений (EF_c). Значение по умолчанию для EF_c равно 1,30 кг CH_4 /га x сутки.

Для корректировки EF_c с целью учета различных условий используются коэффициенты масштабирования и в результате получают скорректированные суточные коэффициенты выбросов (EF_i) для конкретных подкатегорий разукрупненной площади сбора урожая в соответствии с [уравнением 3.2](#). Самые важные коэффициенты масштабирования, а именно для водного режима в течение периода выращивания и перед ним и для органических удобрений, представлены соответственно в [таблицах 3.2](#), [3.3](#) и [3.4](#) через значения по умолчанию. Коэффициенты масштабирования по конкретному региону должны использоваться только в том случае, если они основаны на хорошо исследованных и документированных данных измерений. Рекомендуется учитывать тип почвы, сорт риса и другие факторы при наличии соответствующих данных.

Таблица 3.1

БАЗОВЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ВЫБРОСОВ CH_4 ПО УМОЛЧАНИЮ ПРИ ОТСУТСТВИИ

**ЗАТОПЛЕНИЯ МЕНЕЕ ЧЕМ ЗА 180 ДНЕЙ ДО ВЫРАЩИВАНИЯ РИСА,
И НЕПРЕРЫВНОГО ЗАТОПЛЕНИЯ В ТЕЧЕНИЕ ПЕРИОДА ВЫРАЩИВАНИЯ РИСА
БЕЗ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

Выбросы CH ₄ (кг CH ₄ /га * сутки)	Коэффициент выбросов
	1,30

Водный режим на протяжении периода культивирования (SF_w): В таблице 3.2 представлены коэффициенты масштабирования по умолчанию и диапазоны ошибки для различных водных режимов. Обобщенный вариант относится к ситуации, когда данные о деятельности имеются только для рисовых экосистем, но не для схем затопления (см. Блок). В детализированном варианте схемы затопления могут быть выделены в форме трех подкатегорий, как показано в таблице 3.2. Эффективная практика заключается в сборе более детальных данных о деятельности и применении по возможности более детализированного варианта для SF_w .

Таблица 3.2

**КОЭФФИЦИЕНТЫ МАСШТАБИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ CH₄ ПО УМОЛЧАНИЮ
ДЛЯ ВОДНЫХ РЕЖИМОВ В ТЕЧЕНИЕ ПЕРИОДА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ
ПО ОТНОШЕНИЮ К НЕПРЕРЫВНО ЗАТОПЛЯЕМЫМ ПОЛЯМ**

Водный режим		Обобщенный вариант	Детализированный вариант
		Коэффициент масштабирования (SF_w)	Коэффициент масштабирования (SF_w)
Горный <a>		0	0
Орошаемый 	Постоянно затопленный	0,78	1
	Периодически затопляемый - однократная аэрация		0,60
	Периодически затопляемый - неоднократная аэрация		0,52
Суходольный и с высоким уровнем воды <c>	Регулярно поливаемый дождем	0,27	0,28
	Подверженный засухе		0,25
	С высоким уровнем воды		0,31

<a> Поля никогда не затоплялись в течение значительного периода времени.

 Поля затопляются в течение значительного периода времени и водный режим полностью

контролируется.

Постоянно затопленный: На полях стоячая вода, на всем протяжении сезона выращивания риса, и они осушаются только для уборки урожая (осушение в конце сезона).

Периодический затопляемый: в течение вегетационного периода на полях происходит, по крайней мере, один цикл аэрации продолжительностью более 3 дней.

Однократная аэрация: в течение вегетационного периода на полях происходит однократный цикл аэрации на любой фазе роста (исключая осушение в конце сезона).

Неоднократная аэрация: в течение вегетационного периода на полях происходит более, чем один цикл аэрации (исключая осушение в конце сезона).

<с> Поля затопляются в течение значительного периода времени и водный режим зависит только от осадков.

Регулярно поливаемый дождем: Уровень воды в течение вегетационного периода может подняться до 50 см.

Подверженный засухе: На протяжении каждого вегетационного периода происходят периоды засухи.

Рис на полях с высоким уровнем воды: в течение значительного времени на протяжении вегетационного периода уровень паводковых вод держится выше 50 см.

Примечание: Другие категории рисовых экосистем, такие как болота и внутренние, засоленные или расположенные в приливно-отливной зоне побережья заболоченные земли, могут разграничиваться в рамках каждой подкатегории.

Водный режим до периода культивирования (SF_p). В [таблице 3.3](#) приводятся коэффициенты масштабирования по умолчанию для водного режима перед периодом культивирования, которые могут быть использованы при отсутствии данных по конкретному региону. В этой таблице выделены три различных водных режима перед выращиванием риса, а именно:

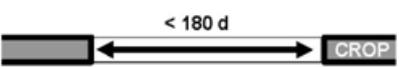
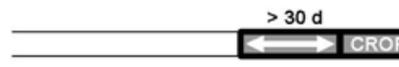
1. Без затоплений в течение < 180 дней перед сезоном, часто имеет место при двух урожаях риса в год;
2. Без затоплений в течение > 180 дней перед сезоном, например, при одном урожае риса в год с последующим периодом сухого пара; и
3. С затоплениями перед сезоном с минимальным интервалом 30 дней, т.е. затопления с более коротким интервалом перед сезоном (обычно производятся для подготовки почвы к пахоте) не включаются в данную категорию.

Учитывая, что согласно условиям возделывания риса в России, рисовые чеки затопляют только при появлении у посевов 2 - 3 листьев, при отсутствии данных о деятельности для водного статуса перед сезоном регионы могут использовать коэффициенты режима без затоплений в течение > 180 дней перед сезоном. В случае если известно применение разных практик выращивания риса, может быть использован коэффициент обобщенного варианта. Эффективная практика заключается в сборе более детальных данных о деятельности и применении по возможности разукрупненного варианта для SF_p . Коэффициенты масштабирования для

дополнительных водных режимов могут применяться в случае, если имеются данные по конкретному региону.

Таблица 3.3

КОЭФФИЦИЕНТЫ МАСШТАБИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ CH₄ ПО УМОЛЧАНИЮ
ДЛЯ ВОДНЫХ РЕЖИМОВ ПЕРЕД ПЕРИОДОМ ВЫРАЩИВАНИЯ РИСА

Водный режим перед выращиванием риса (на схеме период затопления показан затемненной областью)	Обобщенный вариант	Детализированный вариант
	Коэффициент масштабирования (SF _p)	Коэффициент масштабирования (SF _p)
Без затоплений 	1,22	1
Без затоплений 		0,68
С затоплениями 		1,90

Короткие предсезонные периоды затопления продолжительностью менее 30 суток не учитываются при выборе SF_p.

Органические удобрения (SF_o): Эффективная практика заключается в выводе коэффициентов масштабирования, которые включают информацию о типе и количестве применяемых органических удобрений (компост, стойловый навоз, зеленое удобрение и рисовая солома). Если исходить из принципа равной массы, то большее количество CH₄ выбрасывается из удобрений, содержащих большее количество легко разлагаемого углерода, и, кроме того, выбросы увеличиваются с внесением большего количества каждого органического удобрения. В уравнении 3.3 и таблице 3.4 представлен метод расчета коэффициента масштабирования в соответствии с количеством различных типов внесенного удобрения. После уборки урожая в почву часто запахиваются пожнивные остатки риса или даже вносится рисовая солома. В случае длительного пара после внесения рисовой соломы выбросы CH₄ в последующий сезон выращивания риса будут меньше, чем в случае, когда рисовая солома вносится непосредственно перед высадкой риса. Поэтому отдельно учитывался момент внесения рисовой соломы.

Уравнение 3.3

Скорректированные коэффициенты масштабирования выбросов CH₄ для органических удобрений

$$SF_o = \left(1 + \sum_i ROA_i \cdot CFA_i \right)^{0,59}$$

где:

SF_o - коэффициент масштабирования, как для типа, так и для количества внесенного органического удобрения;

ROA_i - норма внесения органического удобрения i , в виде сухой массы для соломы и массы в сыром виде для других органических удобрений, тонны/га;

$CFOA_i$ - коэффициент перевода для органического удобрения i (в терминах относительного влияния по сравнению с соломой, добавленной незадолго до выращивания), как показано в [таблице 3.4](#).

Для расчета поправочного коэффициента при внесении органических добавок (SF_o) может быть оценено количество запаханых пожнивных остатков риса, а также внесение навоза (после хранения) в качестве органических добавок. Учитывая, что навоз преимущественно поступает из систем сухого хранения с использованием подстилки, для расчета поправочного коэффициента могут быть использованы данные по умолчанию для компоста из таблицы 3.4.

Таблица 3.4

КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕВОДА ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ

Органическое удобрение	Коэффициент перевода ($CFOA$)
Солома внесена незадолго (< 30 суток) перед выращиванием <*>	1
Солома внесена задолго (> 30 суток) перед выращиванием <*>	0,29
Компост	0,05
Стойловый навоз	0,14
Зеленое удобрение	0,50

<*> Применение соломы предполагает, что она вносится в почву; сюда не входят случаи, когда солома просто помещается на поверхности почвы, или когда солома сжигается на поле.

Расчет количества пожнивных остатков (в сухом весе) может быть произведен по данным урожайности риса (статистика Росстата) в соответствии с уравнениями из [таблицы 2.2](#). Содержание углерода в надземной биомассе риса принимается равным 46,87%. Учитывая, что подготовка почвы, включая запахивание пожнивных остатков, производится в России, как правило, осенью, конверсионный коэффициент для органических добавок $CFOA_i$ может быть принят по [таблице 3.4](#) по умолчанию для внесения соломы риса задолго до культивации (более 30 дней).

Тип почвы (SF_s) и сорт риса (SF_r). В некоторых регионах имеются данные о выбросах для различных типов почвы и сортов риса, и эти данные могут быть использованы для вывода SF_s и SF_r соответственно.

Уровень 2

Выполняющие инвентаризацию учреждения могут использовать полученные на основе полевых измерений коэффициенты выбросов, которые учитывают условия выращивания риса в их конкретном регионе. Эффективная практика заключается в сборе конкретных по региону баз данных на основе имеющихся полевых измерений, которые дополняют базу данных коэффициентов выбросов с помощью других программ измерений (например, региональных), еще не включенных в эту базу данных.

На уровне 2 учреждения, выполняющие инвентаризацию, могут определить базовое управление в соответствии с преобладающими условиями, существующими в их регионе, и определить конкретные по этому региону коэффициенты выбросов для упомянутых базовых условий. Затем, выполняющие инвентаризацию учреждения могут также определить коэффициенты масштабирования по конкретному региону для практик управления, отличных от базовой. В случаях, когда коэффициенты масштабирования по конкретному региону недоступны, могут использоваться коэффициенты масштабирования по умолчанию. Однако это может потребовать некоторого перерасчета приведенных в [таблицах 3.2 - 3.4](#) коэффициентов масштабирования, если условия отличаются от базовых.

3.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Помимо необходимых основных данных о деятельности, упомянутых выше, эффективная практика заключается в том, чтобы привести данные об органических удобрениях и типах почв к тому же уровню детализации, который характерен для данных о деятельности.

Данные о деятельности, прежде всего, основываются на статистических данных о площадях уборки риса, которые содержатся в региональной статистике Росстата, а также на дополнительной информации по агротехнике возделывания: периоде выращивания и агрономической практике. Данные о деятельности следует разбивать соответственно региональным различиям в практике возделывания риса или водного режима (см. [Блок](#)). Возможно, необходимо будет проконсультироваться с местными экспертами для выяснения агрономической практики, соответствующей выбросам метана (органические удобрения, водное хозяйство и т.д.).

Дозы внесения навоза и других органических удобрений могут быть получены из данных региональной статистики. При отсутствии специфичной региональной информации следует применять среднее для Российской Федерации количество, равное 0,25 тонн/га (Российская, 2006 -...).

Наиболее распространенные сорта риса в России подразделяются на скороспелые сорта с периодом культивации от 100 до 105 суток (сорт Новатор), среднеспелые (сорта Лимон, Регул, Янтарь) - от 114 до 117 суток и позднеспелые (сорт Рапан) - от 118 до 120 суток. В случае отсутствия уточненных данных по сортам выращиваемого риса может быть использовано максимальное значение, равное 120 суткам.

По всей вероятности, данные о деятельности будут более надежными по сравнению с коэффициентами выбросов. В то же время в силу различных причин статистические данные о площадях могут страдать погрешностями, и рекомендуется проводить проверку статистических данных об уборочных площадях для (частей) региона при помощи данных дистанционного зондирования.

Помимо необходимых основных данных о деятельности, упомянутых выше, эффективная практика, в частности, в отношении подхода уровня 2, заключается в том, чтобы привести данные об органических удобрениях и прочих условиях, например, типах почв, к тому же уровню детализации, который характерен для данных о деятельности.

ГЛАВА 4. ВЫБРОСЫ ИНЫХ, ЧЕМ CO₂, ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ СЖИГАНИИ БИОМАССЫ

Разработчикам инвентаризации следует учитывать, что в большинстве регионов Российской Федерации контролируемое сжигание растительных остатков на полях законодательно запрещено, поэтому при отсутствии более точной информации следует принять, что такие выбросы в сельском хозяйстве региона не происходят.

При наличии уточненных данных по сжиганию растительных остатков, выбросы иных, чем CO₂ газов (в частности CH₄ и N₂O) от постоянных обрабатываемых земель, могут быть оценены. Выбросы CO₂ в результате сжигания биомассы на землях обрабатываемых земель не должны оцениваться при проведении инвентаризации, так как предполагается, что углерод, высвободившийся в процессе сжигания, будет снова поглощен растительностью в течение следующего периода вегетации.

Процентная доля сжигаемых на месте остатков сельскохозяйственных культур представляет собой массу доступного для сжигания топлива, которая включает пожнивные остатки и оставшуюся побочную продукцию (например, солому). При этом важно исключить возможность двойного учета растительных надземных остатков, поступающих в почвы, побочной продукции, изъятой до сжигания в связи с потреблением животными и использованием в других секторах (например, биотопливо, корм для домашнего скота, строительные материалы т.д.).

Методология оценки выбросов иных, чем CO₂, газов от сжигания биомассы на обрабатываемых землях соответствует общей формулировке уравнения 4.1. Оценки должны основываться на годовых данных.

Уравнение 4.1

Оценка выбросов парниковых газов от пожара

$$L_{\text{пожар}} = S_{i\text{ВЫЖ}} \cdot M_{\text{В}} \cdot C_f - G_{\text{ef}} \cdot 10^{-3}$$

где:

$L_{\text{пожар}}$ - количество выбросов парниковых газов от пожара; тонны каждого парникового газа, например, CH₄ и N₂O;

$S_{i\text{ВЫЖ}}$ - площадь выжигания надземных остатков данного вида растений i , га в год;

$M_{\text{В}}$ - масса доступного для горения топлива (биомасса доступной побочной продукции + биомасса пожнивных остатков, подвергаемых сжиганию), тонн/га;

C_f - коэффициент сгорания, не имеет размерности (значения по умолчанию в [таблице 4.1](#));

G_{ef} - коэффициент выбросов, г/кг сжигаемого сухого вещества (значения по умолчанию в [таблице 4.2](#)).

4.1 ВЫБОР МЕТОДА

Учитывая, что контролируемое сжигание растительных остатков на полях законодательно запрещено в большинстве регионов Российской Федерации, в рамках подхода уровня 1 следует принять, что такие выбросы в сельском хозяйстве региона не происходят.

В случае наличия уточненной информации по контролируемому сжиганию регионы могут применять подход уровня 2 в соответствии с [уравнением 4.1](#) и коэффициенты сгорания и выбросов по умолчанию, представленные в [таблицах 4.1](#) и [4.2](#).

4.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Уровень 2

Регионы, использующие метод уровня 2, должны использовать конкретные по региону данные о доступном топливе и коэффициентах горения. Регионы могут оценивать количество доступного топлива на основании статистических данных продукции растениеводства и на основании соотношения урожайности и остатков. Пожнивные остатки следует оценивать с помощью уравнений [таблицы 2.2](#) на основе статистических данных по урожайности. Следует также проверить соответствие информации по выжигаемым площадям и коэффициентам сгорания, использованным в [уравнении 2.6](#) при оценке количества азота пожнивных остатков, поступающих в почвы, и тем, которые использованы в [уравнении 4.1](#). Сжиганию может также подвергаться и побочная продукция (например, солома зерновых). Их масса также может быть рассчитана по статистическим данным урожайности культур в соответствии с уравнениями [таблицы 4.3](#). При этом полученные результаты по биомассе побочной продукции и пожнивных остатков, подвергаемых сжиганию, должны быть суммированы и переведены в единицы тонн на га.

Регионам следует сосредоточиться на важнейших сжигаемых сельскохозяйственных культурах или системах с относительно высокими уровнями биомассы в расчете на гектар и уровнями выбросов в расчете на единицу площади (например, пшеницы, злаки).

Таблица 4.1

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ СГОРАНИЯ ДЛЯ ОСТАТКОВ НЕКОТОРЫХ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Тип растительности	Подкатегория	Среднее значение
Сельскохозяйственные остатки (контролируемое выжигание полей после уборки урожая)	Пожнивные остатки пшеницы и других зерновых	0,90
	Пожнивные остатки кукурузы	0,80
	Пожнивные остатки риса	0,80

Таблица 4.2

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ GEF (Г/КГ СУХОГО

СЖИГАЕМОГО ВЕЩЕСТВА) ПРИ СЖИГАНИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

Категория	CO ₂ <1>	CH ₄ <2>	N ₂ O <2>
Сельскохозяйственные отходы	1515 +/- 177	2,7	0,07

<1> Справочно.

<2> Точность коэффициентов составляет +/- 40%.

Таблица 4.3

УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА БИОМАССЫ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НЕКОТОРЫХ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Культура	Урожайность, ц/га	Масса побочной продукции, ц/га
озимая рожь	10 - 25	= (1,8 · Y + 3,8)
	26 - 40	= (1,0 · Y + 25)
озимая пшеница	10 - 25	= (1,7 · Y + 3,4)
	26 - 40	= (0,8 · Y + 25,9)
яровая пшеница	10 - 20	= (1,3 · Y + 4,2)
	21 - 30	= (0,5 · Y + 19,8)
ячмень	10 - 20	= (0,9 · Y + 6,5)
	21 - 35	= (0,9 · Y + 7,2)
овес	10 - 20	= (1,5 · Y - 1,2)
	21 - 35	= (0,7 · Y + 16,2)
кукуруза на зерно	10 - 35	= (1,2 · Y + 17,5)
подсолнечник	8 - 30	= (1,8 · Y + 5,3)

Точность расчетов по этим данным составляет +/- 10%.

4.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Уровень 2

Данные о деятельности включают в себя оценки земельных площадей под сельскохозяйственными культурами, отходы которых обычно сжигаются. Далее площади должны быть классифицированы по соответствующим категориям таким образом, чтобы были

представлены все основные сочетания типов культур с индивидуальными оценками соответствующих площадей. Эти данные могут быть получены на основе региональной статистики Росстата.

Статистическая информация по средней урожайности отдельных культур, остатки которых подвергаются выжиганию, также могут быть получены из региональных отчетов Росстата.

ГЛАВА 5. ВЫБРОСЫ CO₂ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ

Известкование используется для снижения кислотности почв и улучшения роста растений в управляемых системах, в частности на сельскохозяйственных землях и в управляемых лесах. Добавление карбонатов к почвам в форме известкового удобрения (например, кальциевый известняк (CaCO₃) или доломит (CaMg(CO₃)₂) приводит к выбросам CO₂ по мере растворения карбонатной извести и образования бикарбоната (2HCO₃⁻), из которого в свою очередь образуются CO₂ и вода (H₂O).

Инвентаризации могут выполняться с использованием подходов уровня 1 или 2; при этом уровень 2 требует более подробных данных и больше ресурсов, чем первый уровень. Если выбросы CO₂ в результате известкования относятся к ключевой категории выбросов, то эффективная практика для регионов заключается в использовании более высокого уровня.

5.1 ВЫБОР МЕТОДА

Уровень 1

Выбросы CO₂ в результате добавок карбонатной извести к почвам могут быть оценены с помощью уравнения 5.1:

Уравнение 5.1

Годовые выбросы CO₂ в результате применения извести

CO₂-С Выброс =

$$= (M_{\text{Известняк}} \cdot EF_{\text{Известняк}}) + (M_{\text{Доломит}} \cdot EF_{\text{Доломит}})$$

где:

CO₂-С Выброс - годовые выбросы углерода от внесения извести в почву, тонны С/год;

М - годовое количество кальциевого известняка (CaCO₃) или доломита (CaMg(CO₃)₂), внесенных в почвы, тонны/год;

EF - коэффициент выбросов; тонн С/тонна известняка или доломита).

Процедурные этапы для расчетов

Для оценки выбросов CO₂-С в результате известкования применяются следующие этапы:

Этап 1: Оценить общее количество (М) извести, содержащей карбонат, которое ежегодно вносится в почвы региона, делая различие между известняком и доломитом (примечание: М

должно включать всю внесенную в почвы известь, даже ту часть, которая вносится в смеси с удобрениями). Обратит внимание на то, что, хотя карбонатная известь является доминирующим известковым материалом, используемым в управляемых системах, для известкования почв в ограниченной степени используются оксиды (например, CaO) и гидроксиды извести. Эти вещества не содержат неорганического углерода и не включаются в расчеты для оценки выбросов CO₂ в результате внесения в почвы (CO₂ выделяется в процессе производства этих веществ, а не после внесения в почвы).

Этап 2: Использовать коэффициент общих выбросов (EF), равный 0,12 для известняка и 0,13 для доломита. Эти значения эквивалентны содержанию карбоната углерода в указанных веществах (12% для CaCO₃ и 13% для (CaMg(CO₃)₂). При отсутствии информации отдельно по каждому из известковых материалов, следует принять допущение о том, что эти виды вносятся в равных пропорциях, и применять средний коэффициент равный 0,125. Неопределенность составляет - 50% на основании приближений, предполагающих, что выбросы могут составить меньше половины максимального значения, равного текущему значению.

Этап 3: Умножить общие количества известняка и доломита на их соответствующие коэффициенты выбросов и сложить эти два значения для получения суммарных выбросов CO₂-C.

Умножить на 44/12 для преобразования выбросов CO₂-C в CO₂.

Уровень 2

При использовании уровня 2 также используются [уравнение 5.1](#) и процедурные этапы, которые предлагались для подхода уровня 1, но дополнительно включаются данные по отдельным районам для получения коэффициентов выбросов (EF).

В целом выбросы CO₂ в результате известкования ожидаются меньшими, чем при использовании подхода уровня 1, который предполагает, что весь углерод внесенной извести высвобождается в виде CO₂ в год внесения. Меньшее количество выбросов при подходе уровня 2 по сравнению с уровнем 1 связано с тем, что количество высвобождаемого после известкования CO₂ зависит от влияния конкретных условий местности и переноса растворенного неорганического углерода по рекам и озерам к океану. Коэффициенты выбросов уровня 2 могут использоваться для лучшей оценки выбросов.

5.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Уровень 1

Коэффициент выбросов (EF) по умолчанию равен 0,12 для известняка и 0,13 для доломита. Может быть также использован средний коэффициент 0,125.

Уровень 2

Вывод коэффициентов выбросов с использованием данных по отдельным районам может потребовать дифференциации источников с различным составом извести; различные карбонатно-известковые вещества (известняк, а также другие источники, такие как отложения мергеля и ракушечника) могут варьироваться по содержанию в них углерода и общей чистоте. Каждому веществу будет соответствовать свой отдельный коэффициент выбросов, основанный на содержании углерода.

Коэффициенты выбросов по конкретному региону могут также учитывать долю карбонатного углерода, которая в результате известкования высвобождается в атмосферу в виде CO_2 . Растворенный в почве неорганический углерод может образовывать вторичные минералы и осаждаться с Ca или Mg, которые были добавлены при известковании. Кроме того, растворенный неорганический углерод (бикарбонат) может переноситься с Ca и Mg через почву к глубоко залегающим подземным водам, к озерам и, в конечном итоге, к океану. В обоих случаях результирующие выбросы CO_2 в атмосферу меньше исходного количества углерода, добавленного в составе извести. При наличии данных и понимании процесса преобразования неорганического углерода помимо наличия информации о переносе с водой Ca, Mg и неорганического углерода могут быть выведены коэффициенты выбросов по конкретному региону.

Эффективная практика заключается в документировании источника информации и метода, используемого для получения значений по конкретному региону, в процессе подготовки отчетности.

5.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для определения ежегодно вносимых в почву количеств известковых материалов (М) в оптимальном случае должна быть доступна региональная статистика Росстата по использованию этих веществ. Эти данные позволяют сделать самые непосредственные выводы о внесенных в почву количествах, однако не подразделены на виды. Поэтому в качестве альтернативы могут использоваться данные о годовых продажах карбонатной извести и отдельно доломита в регионе, для того чтобы можно было сделать выводы о вносимых в почву количествах, допуская при этом, что вся известь и весь доломит, продаваемые крестьянам, фермерам, лесоводам и т.д. применяется в том же году.

В дополнение необходимо получить информацию о чистоте известковых материалов, а также местных особенностях и гидрологических характеристиках для оценки части карбонатного углерода в составе вносимых в почву известковых материалах, которая высвобождается в атмосферу.

Так, в Российской Федерации в известковых материалах содержится в среднем около 30% примесей и влаги. Поэтому предварительно необходимо рассчитать объемы внесения чистой известняковой и доломитовой муки (70%). Затем к полученному объему внесения чистых известьесодержащих карбонатов следует применять коэффициент по умолчанию (для уровня 1) или уточненный коэффициент выбросов (в случае применения подхода 2).

ГЛАВА 6. БАЛАНС ПОЧВЕННОГО УГЛЕРОДА ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

В данном разделе рассматриваются пахотные земли, к которым относятся: посевные земли под культурными растениями, пар и площади многолетних насаждений.

Эксплуатация обрабатываемых земель изменяет запасы почвенного углерода в различной степени в зависимости от того, как влияют конкретные характеристики использования на поступление углерода в почвенные системы и отдачу из них. Основные характеристики, влияющие на запасы почвенного углерода обрабатываемых земель, определяются типом управления растительными остатками, методами обработки почвы, методикой внесения удобрений (как минеральных, так и органических), выбором сельскохозяйственной культуры и интенсивностью земледелия (например, длительное возделывание против чередований культур с периодами чистого пара).

6.1 ВЫБОР МЕТОДА

Региональные инвентаризации могут разрабатываться с использованием подхода уровня 1 или 2; при этом последующий уровень требует более подробных данных и больше ресурсов, чем предыдущий уровень. Возможно также, что регионами будут использованы различные уровни при подготовке оценок для отдельных подкатегорий почвенного углерода.

Расчет ежегодного изменения запасов почвенного углерода пахотных земель разумно проводить на основе балансовой оценки соединений углерода, поступающих в почвы и выносимых из них. Общее уравнение можно представить в виде уравнения 6.1:

Уравнение 6.1

Общий баланс изменения содержания углерода в почве

$$\text{Баланс}_{(T)} = \text{Поступление}_{(T)} - \text{Потери}_{(T)}$$

где:

Баланс_(T) - результирующая оценка изменения количества углерода в пашнях в год T, тонн С;

Поступление_(T) - количество поступившего углерода в почву пашен из различных источников в год T, тонн С;

Потери_(T) - количество вынесенного углерода в год T, тонн С;

T - год учета.

Внесение органических и минеральных углеродсодержащих удобрений, известкование почв и остатки надземной и подземной биомассы культурных растений, следует рассматривать как статьи прихода (поступления) углерода в почву. Механические потери углерода почв с эрозией и дефляцией, а также при дыхании почв являются процессами потери (выноса) углерода из почв пашен.

Поступление углерода в почвы, Поступление_(T): Поступление углерода в почвы обрабатываемых почв должно учитывать все источники углерода, увеличивающие его запас в почвах. Сюда относятся различные виды органических и минеральных углеродсодержащих удобрений, известкование почв и остатки надземной и подземной биомассы выращиваемых культурных растений согласно уравнению 6.2:

Уравнение 6.2

Общее поступление углерода в почву пашен

$$\begin{aligned} \text{Поступление}_{(T)} &= \\ &= \text{Орг. Уд}_{(T)} + \text{У}_{M(T)} + \text{Изв.}_{(T)} + \text{Раст. Ост.}_{(T)} \end{aligned}$$

где:

Поступление_(T) - поступление углерода в почву в год T, тонн С;

Орг. У_{д(Т)} - поступление углерода с органическими удобрениями в год Т, тонн С;

U_{М(Т)} - поступление углерода с минеральными углеродсодержащими удобрениями, тонн С;

Изв._(Т) - поступление углерода в почву с известью в год Т, тонн С;

Раст. Ост._(Т) - поступление углерода с растительными остатками в год Т, тонн С;

Т - год учета.

Органические удобрения, Орг. У_{д(Т)}: Органические удобрения - удобрения, содержащие элементы питания растений преимущественно в форме органических соединений. К ним относят различные виды навоза, компоста, торфа; солома; сидераты; ил (сапропель); комплексные органические удобрения; промышленные и хозяйственные отходы и пр.

Следует учитывать, что согласно санитарным нормам, большинство органических удобрений, в частности навоз и помет, требуют хранения перед их внесением в пахотные почвы для дезинфекции. С этой целью навоз и помет должен храниться в среднем 6 месяцев, в течение которых происходят потери органического углерода и азота (см. главу 2 настоящего руководства). Поэтому данные по содержанию углерода в свежем веществе разных видов навоза и помета должны быть пересчитаны с учетом его средних потерь за время хранения.

Также необходимо учитывать то, что статистические данные по внесению органических удобрений в почвы приводятся в физическом весе. Соответственно, процентное содержание углерода должно быть переведено на сырой вес органических удобрений.

Процентное содержание углерода органических удобрений, подготовленных к внесению, составляет от 4% С в бесподстилочном навозе до 25% С в торфах (табл. 6.1). Средняя величина содержания углерода в органических удобрениях составляет 18,24% С.

Таблица 6.1

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА В СЫРОМ ВЕЩЕСТВЕ РАЗНЫХ ВИДОВ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ, ПОДГОТОВЛЕННЫХ К ВНЕСЕНИЮ В ПОЧВЫ

Вид органического удобрения	Среднее содержание углерода, % сырого вещества
Навоз	8,07
подстилочный	12,07
бесподстилочный	4,08
Торф	23,56
Помет	19,11
Солома, сидераты и др.	22,23
Среднее	18,24

Минеральные удобрения, $U_{M(T)}$: Оценка поступления углерода с минеральными углеродсодержащими удобрениями осуществляется на основе статистической информации по количеству внесенных азотных, фосфорных и калийных удобрений в сельском хозяйстве региона.

Согласно справочным данным, из двенадцати простых азотных удобрений, применяемых в России, четыре содержат углерод: нейтрализованная аммиачная селитра, сульфат аммония и мочевины, чистая мочевины и цианамид кальция. Из восьми видов фосфорных удобрений углерод встречается только в составе фосфоритной муки, а из девяти калийных - в составе поташа.

Статистика по внесению минеральных удобрений в почвы приводится в пересчете на действующие вещества, поэтому коэффициенты по содержанию углерода в разных видах удобрений должны быть рассчитаны к соответствующим действующим веществам. При этом необходимо учитывать соотношение углерода и прочих химических элементов в составе всех удобрений (содержащих и не содержащих углерод) каждого вида (азотных, фосфорных и калийных) в зависимости от региональной специфики использования. Коэффициенты по содержанию углерода в разных видах минеральных удобрений по умолчанию приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ УГЛЕРОДА В РАЗНЫХ ВИДАХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Вид удобрений	Среднее содержание действующего вещества, %	Среднее содержание углерода, %	Пересчетный коэффициент (углерод/действ. вещество)
азотные	29,22	3,66	0,13
фосфорные	24,81	0,37	0,015
калийные	31,17	0,53	0,017

В итоговом виде уравнение для расчета поступления углерода с минеральными удобрениями выглядит следующим образом (Уравнение 6.3).

Уравнение 6.3

Поступление углерода в почву обрабатываемых земель
с минеральными удобрениями

$$U_{M(T)} = U_{M(T)N} \cdot F_N + U_{M(T)P} \cdot F_P + U_{M(T)K} \cdot F_K$$

где:

$U_{M(T)}$ - общее поступление углерода в почвы с минеральными удобрениями в год Т, тонн С;

$U_{M(T)N}$, $U_{M(T)P}$ или $U_{M(T)K}$ - количество внесенных азотных, фосфорных или калийных удобрений соответственно в год Т, тонн действ. в-ва;

F_N , F_P или F_K - пересчетный коэффициент (углерод/действ. вещество) для каждого типа удобрений соответственно;

T - год проведения инвентаризации.

Известковые материалы, Изв._(Т): Оценка поступления углерода в почвы пашен с известковыми материалами производится аналогично оценке поступления углерода с минеральными удобрениями. Методика оценки углерода в известковых материалах также приведена в [главе 5](#) настоящего руководства.

Согласно статистическим данным Росстата, подавляющее большинство из вносимых известковых материалов составляют известняковая и доломитовая мука, содержание углерода в которых в среднем равно 12,5%. При этом в известковых материалах содержится в среднем около 30% примесей и влаги. Поэтому предварительно необходимо рассчитать объемы внесения чистой известняковой и доломитовой муки (70%). Затем к полученному объему внесения чистых известьесодержащих карбонатов следует применить коэффициент по содержанию углерода.

Растительные остатки, Раст. Ост._(Т): Оценка количества углерода, поступающего в пахотные почвы с остатками культурных растений, включает ежегодный расчет углерода надземных (пожнивных) остатков и корней культурных растений, которые остаются на полях после уборки урожая.

Как и для расчетов поступления азота с пожнивными и корневыми остатками растений (см. [главу 2](#) настоящего руководства), необходимо использовать регрессионные уравнения для оценки количества биомассы остатков растений на основе данных урожайности основной продукции. В общем виде расчет углерода в пожнивных и корневых остатках осуществляется по [уравнению 2.6](#). Соответствующие коэффициенты приведены в [таблице 2.2](#). Вместо коэффициентов по содержанию азота (N_{iAb} и N_{iUn}) следует использовать значения по содержанию углерода (C_i) в растительных остатках разных культур (см. табл. 2.2)

Для тех культурных растений, по которым не разработано видоспецифичных уравнений регрессии и коэффициентов ([табл. 2.2](#)), должны быть использованы параметры наиболее биологически сходных видов. Так, растительные остатки риса и сорго могут быть рассчитаны по просу, масличных культур (рапса, горчицы, сои и прочих масличных) - по гороху, остатки бахчевых рассчитаны по овощным культурам, а прочих технических культур - по конопле. Растительные остатки тритикале (гибрид пшеницы и ржи) могут быть рассчитаны по уравнениям для озимой пшеницы.

Углерод поверхностных и корневых остатков всех культур суммируются за каждый год. Полученная величина используется для расчета общего поступления углерода в пахотные почвы с растительными остатками.

Потери углерода почвами, Потери_(Т): Потери углерода почвами происходят в результате двух процессов: дыхания почв и механической потери органического вещества через эрозию и дефляцию. В общем виде этот процесс можно представить в виде уравнения 6.4.

Уравнение 6.4

Потери углерода почвами обрабатываемых земель

$$\text{Потери}_{(Т)} = M_{(Т)} + R_{(Т)}$$

где:

Потери_(Т) - потери углерода с обрабатываемых земель в год Т, тонн С;

M_(Т) - механические потери углерода в год Т, тонн С;

R_(Т) - потери углерода в результате микробного дыхания почв в год Т, тонн С;

Т - год проведения инвентаризации.

Механические потери углерода, M_(Т): На территории Российской Федерации механический вынос органического вещества происходит как при участии водной, так и ветровой эрозии. Для нужд инвентаризации представляется возможным учет только выноса углерода при участии водной эрозии, т.к. этот тип эрозии регулярен и его можно выявить через массу органического вещества, вынесенного реками за единицу времени.

В общем виде поверхностный смыв углерода с обрабатываемых земель представлен в уравнении 6.5:

Уравнение 6.4

Механические потери углерода почвами обрабатываемых земель

$$M_{(T)} = \sum_i P_{M(T)i} \cdot S_{\text{Вод}(T)i} \cdot 1000$$

где:

M_(Т) - потери углерода с обрабатываемых земель в результате механического выноса в год Т, тонн С;

P_{M(Т)i} - количество вынесенного углерода в год Т с одного га обрабатываемых земель, кг С/га;

S_{Вод(Т)i} - площадь водосбора в пределах региона, га;

1000 - коэффициент перевода кг в тонны;

i - бассейн крупной реки;

Т - год проведения инвентаризации.

Для проведения оценки механических потерь углерода обрабатываемыми землями необходимо суммировать механические потери с водосборов бассейнов всех крупных рек, находящихся на территории региона. В таблице 6.3 приведены среднемноголетние значения смыва углерода с одного га площади водосбора крупных рек на территории Российской Федерации.

Таблица 6.3

СРЕДНИЕ МНОГОЛЕТНИЕ ЗНАЧЕНИЯ СМЫВА УГЛЕРОДА С ОДНОГО ГА
ПЛОЩАДИ ВОДОСБОРА ПО ДАННЫМ 1991 - 2010 ГГ.

Река	Общая площадь водосбора, тыс. км ²	Среднегодовое значение смыва углерода, кг С/га $P_{M(T)i}$
Кола	3,8	25,91
Онега	55,7	46,40
Сев. Двина	348,0	40,69
Мезень	56,4	40,91
Печора	312,0	45,00
Обь	2430,0	16,07
Таз	100,0	37,37
Енисей	2440,0	20,58
Анабар	78,8	21,73
Оленек	198,0	18,13
Лена	2430,0	14,73
Индигирка	322,0	11,67
Колыма	635,0	9,01
Камчатка	45,6	16,12
Пенжина	71,6	6,03
Гижига	11,7	21,10
Тауй	25,1	24,18
Амур	1790,0	14,80
Тынь	7,7	27,04
Поронай	6,1	71,18
Нева	281,0	23,08
Луга	12,3	37,89
Преголя	13,6	23,82
Днепр	14,1	18,87
Дон	420,0	6,56
Сев. Донец	80,9	6,32

Кубань	49,0	25,88
Сочи	0,3	45,08
Терек	37,4	16,34
Кума	20,0	3,58
Волга	1360,0	16,99
Урал	82,3	3,65
Верхняя Ангара	20,6	14,97
Баргузин	19,8	11,00
Селенга	445,0	3,81

Дыхание почв, $R_{(T)}$: Дыхание почв складывается из следующих потоков: дыхание корней и дыхание почвенной микрофлоры. Последнее происходит в результате разложения почвенного органического вещества. Так как дыхание корней уже учитывается при рассмотрении биомассы культурных растений (чистая первичная продукция), необходимо оценить потери углерода в форме CO_2 при разложении почвенного органического вещества.

Расчет количества углерода, потерянного почвами в результате микробного дыхания, рассчитывается в несколько этапов:

Этап 1: Производится расчет количества потерянного углерода каждым типом обрабатываемых земель отдельно согласно уравнениям 6.6 - 6.8.

Уравнение 6.6

Эмиссия углекислого газа от пашен
в течение вегетационного сезона

$$R_{CO_2Паш.(T)} = (S_{Паш.(T)} + F_{CO_2Паш. + Veg}) / 100$$

Уравнение 6.7

Эмиссия углекислого газа от пара
в течение вегетационного сезона

$$R_{CO_2Пар(T)} = (S_{Пар(T)} + F_{CO_2Пар + Veg}) / 100$$

Уравнение 6.8

Эмиссия углекислого газа от многолетних культур
в течение вегетационного сезона

$$R_{CO_2Мл(T)} = (S_{Мл(T)} + F_{CO_2Мл. + Veg}) / 100$$

где:

$R_{CO_2Паш.(T)}$, $R_{CO_2Пар(T)}$ или $R_{CO_2Мл(T)}$ - количество эмитированного углекислого газа за вегетационный период от пашен, паров или многолетних культур соответственно в год T, тонн CO_2 ;

$S_{Паш.(T)}$, $S_{Пар(T)}$ или $S_{Мл(T)}$ - площадь пашен, паров или многолетних культур соответственно в год T, га;

$F_{CO_2Паш.}$, $F_{CO_2Пар}$ или $F_{CO_2Мл.}$ - фактор эмиссии углекислого газа от пашен, паров или многолетних культур соответственно, $мг\ CO_2 \cdot м^{-2} \cdot час^{-1}$;

Veg - продолжительность вегетационного периода, час;

T - год проведения инвентаризации.

Значения факторов эмиссии углекислого газа из почв приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4

ФАКТОРЫ ЭМИССИИ (F_{CO_2}) ОТ РАЗНЫХ ТИПОВ ПОЧВ И ЭКОСИСТЕМ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Почва	Тип	Эмиссия CO_2 , $мг\ CO_2 \cdot м^{-2} \cdot час^{-1}$	
		до 1990 вкл.	после 1994 - 1995 гг.
Среднее по агроземам	Пашня	430	239
Среднее по черноземам	Пашня	402	223
Среднее по дерново-подзолистым почвам	Пашня	340	189
Среднее по другим типам почв	Пашня	256	142
Среднее по всем типам почв	Пашня	368	204
Среднее для пара	Пар	207	115
Среднее по всем типам почв	Многолетние культуры	264	172

Учитывая, что после 1994 - 1995 гг. в связи со значительным сокращением внесения органических удобрений, численность и многообразие микрофлоры в пахотных почвах уменьшились, микробное дыхание почв также сильно сократилось. Поэтому, при расчете общего почвенного дыхания на территории обрабатываемых почв следует выбирать коэффициенты в зависимости от года, для которого выполняется инвентаризация, в соответствии с данными [таблицы 6.4](#). Для периода с 1990 по 1993 гг. коэффициенты дыхания почв необходимо получить линейной интерполяцией между этими значениями и величинами, приведенными в таблице 6.4.

Этап 2. Следует также учитывать, что использованные коэффициенты дыхания почв включают в себя и дыхание корней. Во избежание двойного учета корневого дыхания принимается, что вклад корней в общее почвенное дыхание в агроценозах равен 40%. Также на данном этапе целесообразно перейти от углекислого газа к углероду. Расчет производится согласно уравнению 6.9.

Уравнение 6.9

Потери углерода от всех типов обрабатываемых земель
в результате микробного дыхания

$$R_{MVeg(T)} = \\ = (R_{CO2Паш.(T)} + R_{CO2Пар(T)} + R_{CO2Мл(T)}) \cdot 6/10 \cdot 12/44$$

где:

$R_{MVeg(T)}$ - количество потерянного за вегетационный сезон углерода почв в результате микробного дыхания, тонн С;

$R_{CO2Паш.(T)}$, $R_{CO2Пар(T)}$ или $R_{CO2Мл(T)}$ - количество эмитированного углекислого газа за вегетационный период от пашен, паров или многолетних культур соответственно в год Т, тонн CO_2 ;

6/10 - коэффициент перевода от общего дыхания почв только к микробному дыханию;

12/44 - коэффициент перевода углекислого газа в углерод;

Т - год проведения инвентаризации.

Этап 3. Для корректной оценки годовых потерь углерода на территории возделываемых земель необходимо также рассчитать величину дыхания почв вне вегетационного периода. В среднем на территории нашей страны поток углекислого газа при дыхании пахотных почв в течение холодного периода года (ноябрь - апрель) составляет 30% от годового. Расчет производится согласно уравнению 6.10.

Уравнение 6.10

Потери углерода обрабатываемыми землями
в результате микробного дыхания почв

$$R_{(T)} = R_{MVeg(T)} + R_{MVeg(T)} \cdot 30/70$$

где:

$R_{(T)}$ - потери углерода в результате микробного дыхания почв в год Т, тонн С;

$R_{MVeg(T)}$ - количество потерянного за вегетационный сезон углерода почв в результате микробного дыхания, тонн С;

30/70 - коэффициент учета количества углерода, потерянного при микробном дыхании за

зимний период;

T - год проведения инвентаризации.

6.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ИЗМЕНЕНИЙ ЗАПАСОВ И ВЫБРОСОВ

Уровень 1

Предполагается, что на уровне 1 происходит общий расчет оценки выбросов углекислого газа от почв обрабатываемых земель. Поэтому на этом уровне применяются средние федеральные коэффициенты по категориям, приведенные в тексте при описании методики.

Уровень 2

Подход уровня 2 предполагает оценку коэффициентов изменений запасов по конкретным регионам. Эффективная практика заключается в получении региональных коэффициентов в зависимости от типов климата и почв, присущих региону; в получении региональных коэффициентов содержания углерода в органических, минеральных удобрениях и известковых материалах; в получении региональных значений факторов поверхностного смыва и дыхания почв. При подходе уровня 2 эталонные запасы углерода различных типов почв могут быть также получены на основании данных по конкретному региону.

При выборе коэффициентов для расчетов на уровне 2 важно ознакомиться с имеющимися результатами исследований, проведенных непосредственно в регионе проведения инвентаризации.

6.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Уровень 1

При работе с методом уровня 1 источником данных для оценки баланса углерода обрабатываемых земель является федеральная статистика и справочные материалы Росстата.

Уровень 2

Для подхода уровня 2 источником данных, для расчета объемов внесенных органических, минеральных удобрений и известковых материалов могут служить региональные статистические данные, собираемые региональными статистическими органами, данные крупных региональных сельхозпроизводителей или поставщиков удобрений. При этом надо внимательно отслеживать поступление тех или иных материалов на территорию региона и вывоз с нее.

Исходные данные по урожайности, валовому сбору и посевным площадям культурных растений могут быть взяты из региональных статистических данных, собираемых региональными статистическими органами Росстата и данных крупных сельхозпроизводителей.

При проведении оценки объема поверхностного смыва на уровне 2 источником данных по объемам вынесенного органического вещества с разбивкой по годам могут быть как региональные органы Росгидромета, так и Гидрохимический институт Росгидромета, занимающийся обработкой подобной информацией в масштабах страны. Данные по выносу органического вещества с водоразделов крупных рек с разбивкой по годам можно также взять из ежегодных национальных кадастров (Российская, 2006 -...).

При проведении всех расчетов по оценке баланса углерода обрабатываемых земель необходимо обратить особое внимание на размерность входных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2006. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 г. Подготовлены Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. С. Игглестона, Л. Буэндиа, К. Мива, Т. Нгара и К. Танабе. Т. 1 - 5. ИГЕС, Япония. (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html>).

2. Российская Федерация, 2006 -... Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. М., 2006 -... (http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php)

3. IPCC 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland. (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/index.html>).

Приложение

РАБОЧИЕ ФОРМУЛЯРЫ

Сектор	Сельское хозяйство				
Категория	Выбросы метана от внутренней ферментации и систем сбора и хранения навоза/помета				
Код категории	3А и 3Ва				
Лист	1 из 1				
Виды/категори и скота и птицы	Численность	Коэффициент выбросов при внутренней ферментации	Выбросы CH ₄ от внутренней ферментации	Коэффициент выбросов от систем сбора и хранения навоза/помета	Выбросы CH ₄ от систем сбора и хранения навоза/помета
	(голов)	(кг голову ⁻¹ год ⁻¹)	(Гг CH ₄ год ⁻¹)	(кг голову ⁻¹ год ⁻¹)	(Гг CH ₄ год ⁻¹)
			CH ₄ Энтер = N(T) * EF(T) * 10		CH ₄ Навоз = N(T) * EF(T) * 10
T	N(T)	EF(T)	CH ₄ Энтер	EF(T)	CH ₄ Навоз
Коровы					
Остальное поголовье КРС					
Овцы					
Козы					
Верблюды					
Лошади					
Мулы и ослы					
Свиньи					

Птица					
Прочие <1>					
Всего					

<1> Укажите дополнительные категории животных, используя дополнительные строки (напр., ламы, альпаки, олени, кролики, пушные звери и др.).

Сектор		Сельское хозяйство							
Категория		Системы сбора и хранения навоза/помета: прямые выбросы N ₂ O от систем сбора и хранения							
Код категории		3Bb1							
Лист		1 из 1							
Системы сбора и хранения навоза/помета		Численность	Темпы выделения N по умолчанию	Типовая масса животных данной категории	Годовое выделение N на 1 голову данного вида/категории животных и птицы <3>	Доля общего годового выделения азота данного вида/категории и животных и птицы, которая обрабатывается в каждой системе сбора и хранения	Общее количество азота навоза/помета, которое обрабатывается в данной системе сбора и хранения <4>	Коэффициент прямых выбросов N ₂ O-N от систем сбора и хранения навоза и помета	Годовые прямые выбросы N ₂ O от систем сбора и хранения навоза и помета
(MMS) <1>	Виды/категории и скота и птицы	(голов)	[кг N (1000 кг голову ⁻¹ день ⁻¹)]	(кг)	(кг N голову ⁻¹ год ⁻¹)	(-)	(кг N год ⁻¹)	[кг N ₂ O-N (кг N в MMS) ⁻¹]	кг N ₂ O год ⁻¹
					$N_{ex}(T) = N_{rate}(T) *$		$NE_{MMS} = N(T) * N_{ex}(T) *$		$N_2O(mm) = NE_{MMS} *$

					TAM * 10 ⁻³ * 365		MS(T,s)		EF3(S) * 44/28
S	T	Mm	Nrate(T)	TAM	Nex(T)	MS _(t,s)	NE _{MMS}	EF3(S)	N ₂ OD(mm)
	Коровы								
	Остальное поголовье КРС								
	Овцы								
	Козы								
	Верблюды								
	Лошади								
	Мулы и ослы								
	Свиньи								
	Птица								
	Прочие <2>								
Total									

<1> Расчеты должны быть сделаны для каждой системы сбора и хранения навоза/помета, в которых должны быть рассмотрены соответствующие виды/категории животных и птицы. Данная таблица представляет пример расчета для одной системы сбора и хранения. Для учета всех систем данная таблица должна быть удлинена на соответствующее количество строк.

<2> Укажите дополнительные категории животных, используя дополнительные строки (напр., ламы, альпаки, олени, кролики, пушные звери и др.).

<3> Уточненные региональные значения предпочтительны. Если таких данных нет, значения по умолчанию могут быть использованы для N_{rate(T)} и TAM.

<4> Данное значение будет использовано в качестве исходных данных в таблице "Косвенные выбросы N₂O от систем сбора и

хранения" (см. категорию 3С6).

Сектор		Сельское хозяйство				
Категория		Косвенные выбросы N ₂ O от систем сбора и хранения навоза/помета <1>				
Код категории		3Bb2				
Лист		1 из 2				
Система сбора и хранения навоза и помета (MMS) <1>	Виды/категории животных и птицы <2>	Общее количество выделенного азота в данной системе сбора и хранения <3>	Доля азота в обработанном навозе, которая улетучивается в данной системе сбора и хранения навоза и помета	Количество азота навоза, которое теряется в результате улетучивания NH ₃ и NO _x	Коэффициент выбросов N ₂ O от атмосферных выпадений соединений азота на поверхность почвы и воды	Косвенные выбросы N ₂ O от улетучивания из систем сбора и хранения навоза/помета
		кг N год ⁻¹	(-)	кг N год ⁻¹	[кг N ₂ O-N (кг улетучившихся NH ₃ -N + NO _x -N) ⁻¹]	кг N ₂ O год ⁻¹
				Нулетучивание - MMS = NE _{MMS} * Frac(газ-MS)		N ₂ O _{OG} (mm) = Нулетучивание - MMS * EF4 * 44/28
S	T	NE _{MMS}	Frac(газ-MS)	Нулетучивание - MMS		N ₂ O _{OG} (mm)
	Коровы					
	Остальное поголовье КРС					

	Овцы					
	Козы					
	Верблюды					
	Лошади					
	Мулы и ослы					
	Свиньи					
	Птица					
	Прочие <2>					
	Всего					

<1> Расчеты должны быть сделаны для каждой системы сбора и хранения навоза/помета, в которых должны быть рассмотрены соответствующие виды/категории животных и птицы. Данная таблица представляет пример расчета для одной системы сбора и хранения. Для учета всех систем данная таблица должна быть удлинена на соответствующее количество строк.

<2> Укажите дополнительные категории животных, используя дополнительные строки (напр., ламы, альпаки, олени, кролики, пушные звери и др.).

<3> См. лист "Системы сбора и хранения навоза/помета: прямые выбросы N₂O от систем сбора и хранения" (3A2), значение для общего количества азота навоза/помета, которое обрабатывается в данной системе сбора и хранения (NE_{MMS}).

Сектор	Сельское хозяйство						
Категория	Косвенные выбросы N ₂ O от систем сбора и хранения навоза/помета <1>						
Код категории	3Bb2						
Лист	2 из 2						
Система сбора и	Виды/категори и животных и	Общее количество	Доля потерь азота	Численност ь	Доля суммарного	Количество азота, поступающего из	Количество азота в обработанном

хранения навоза/помета (MMS) <2>	птицы <3>	выделенног о азота в данной системе сбора и хранения	обрабатываемог о навоза в результате стока и вымывания в данной системе сбора и хранения	животных/п тицы	годового выделения азота для каждого вида/категори и скота, которая обрабатываетс я в рамках данной системы сбора и хранения навоза и помета	подстилки	навозе, который вносится в обрабатываемые почвы или используется в качестве корма, топлива или в строительстве
		(кг N год ⁻¹)	(процент)	(голов)	(-)	(кг N голову ⁻¹ год ⁻¹)	(кг N год ⁻¹)
							(Если применимо к данной MMS - см. текст уравнения 1.18)
S	T	NE _{MMS}	Frac(ПотериMS)	N(T)	MS(T,s)	N _{подстилкаMS}	NMMS_Avb
	Коровы						
	Остальное поголовье КРС						
	Овцы						
	Козы						
	Верблюды						
	Лошади						

	Мулы и ослы						
	Свиньи						
	Птица						
	Прочие <3>						
	Всего						

<1> Количество азота, которое вносится в обрабатываемые почвы или используется для других целей, которое оценивается в данном листе, должно быть использовано для расчетов и отчетности по выбросам N₂O от обрабатываемых почв (см. [Главу 2](#)).

<2> Расчеты должны быть сделаны для каждой системы сбора и хранения навоза/помета, в которых должны быть рассмотрены соответствующие виды/категории животных и птицы. Данная таблица представляет пример расчета для одной системы сбора и хранения. Для учета всех систем данная таблица должна быть удлинена на соответствующее количество строк.

<3> Укажите дополнительные категории животных, используя дополнительные строки (напр., ламы, альпаки, олени, кролики, пушные звери и др.).

Сектор	Сельское хозяйство								
Категория	Выращивание риса: годовые выбросы CH ₄ от рисоводства								
Код категории	3C								
Лист	1 из 2								
Экосистема риса	Подкатегории для отчетного года <1>	Площадь уборки	Период культивации риса	Базовый коэффициент выбросов для	Коэффициент масштабирования для	Коэффициент масштабирования для	Норма внесения органического удобрения в	Коэффициент перевода для органического удобрения	Коэффициент масштабирования, для типа и количества

				постоянно затопленных полей без внесения органических добавок	водных режимов в течение периода культивации	водных режимов перед периодом культивации риса	сыром весе		внесенного органического удобрения			
				(га год ⁻¹)	(сутки)	кг CH ₄ га ⁻¹ сут. ⁻¹	(-)		(-)	(тонн га ⁻¹)	(-)	(-)
												SFo = (1 + ROAi * CFOAi) ^{0.59}
				A	t	EFc	SFw		SFp	ROAi	CFOAi	SFo
Орошаемый												
	Итого											
Суходольный и с высоким уровнем воды												
	Итого											
Горный												
	Итого											
Всего												

<1> Экосистемы риса могут отличаться в зависимости от водного режима, типа и количества органических добавок и других условий, от которых зависит величина выброса CH₄.

Сектор	Сельское хозяйство			
Категория	Выращивание риса: годовые выбросы CH ₄ от рисоводства			
Код категории	3С			
Лист	2 из 2			
Экосистема риса	Подкатегории для отчетного года <1>	Коэффициент масштабирования для типа почвы, сортов риса и др., при наличии данных	Скорректированный суточный коэффициент выбросов для конкретной площади уборки урожая	Годовые выбросы CH ₄ в результате выращивания риса
		(-)	(кг CH ₄ га ⁻¹ сут. ⁻¹)	Гг CH ₄ год ⁻¹
			$EF_i = EFC * SF_w * SF_p * SF_o * SF_{s,r}$	$CH_4_{Рис} = A * t * EF_i * 10^{-6}$
		SF _{s,r}	EF _i	CH ₄ Рис
Орошаемый				
	Итого			
Суходольный и с высоким уровнем воды				
	Итого			
Горный				
	Итого			

Всего			
<p><1> Экосистемы риса могут отличаться в зависимости от водного режима, типа и количества органических добавок и других условий, от которых зависит величина выброса CH₄. Подразделение годовой площади уборки риса должно быть сделано, по крайней мере, по трем основным водным режимам, включая орошаемый рис, суходольный и горный. В каждой из этих подкатегорий может быть выполнено дальнейшее подразделение по типам органических добавок.</p>			

Сектор		Сельское хозяйство		
Категория		Прямые выбросы N ₂ O от обрабатываемых земель		
Код категории		3Da		
Лист		1 из 2		
Антропогенное внесение N		Общее количество внесенного N	Коэффициент выбросов N ₂ O при внесении азота	Годовые прямые выбросы N ₂ O-N от обрабатываемых почв
		(кг N год ⁻¹)	[кг N ₂ O-N (кг внесенного или минерализованного N) ⁻¹]	(кг N ₂ O-N год ⁻¹)
				N ₂ O-NN поступ. = F * EF
		F	EF	N ₂ O-NN поступ.
Антропогенное внесение N для оценки прямых выбросов N ₂ O-N от обрабатываемых почв	Минеральные удобрения	F _{SN} : N в минеральных удобрениях		
	Навоз из систем сбора и хранения, компост, другие органические удобрения	F _{ON} : N в навозе из систем сбора и хранения, компосте и других органических удобрениях		
	Растительные остатки	F _{CR} : N в растительных остатках		

	Изменения землепользования или практики управления почвами	F_{SOM} : N в минеральных почвах, который минерализуется при потерях C из почвенного органического вещества в результате изменений землепользования и управления			
Антропогенное внесение N для оценки прямых выбросов N_2O -N от затопляемых рисовых полей	Минеральные удобрения	F_{SN} : N в минеральных удобрениях	EF_{IFR}		
	Навоз из систем сбора и хранения, компост, другие органические удобрения	F_{ON} : N в навозе из систем сбора и хранения, компосте и других органических удобрениях			
	Растительные остатки	F_{CR} : N в растительных остатках			
	Изменения землепользования или практики управления почвами	F_{SOM} : N в минеральных почвах, который минерализуется при потерях C из почвенного органического вещества в результате изменений землепользования и управления			
Всего					

Сектор	Сельское хозяйство
Категория	Прямые выбросы N_2O от обрабатываемых земель

Код категории	3Da						
Лист	2 из 2						
Антропогенное внесение N <1>, <2>	Общая площадь осушенных/обрабатываемых органогенных почв	Коэффициент выбросов N ₂ O от осушенных/обрабатываемых органогенных почв	Годовые прямые выбросы N ₂ O-N от обрабатываемых органогенных почв	Общее количество мочи и навоза/помета, оставленное на пастбищах, выпасах и загонах	Коэффициент выбросов N ₂ O от мочи и навоза/помета, оставленных на пастбищах, выпасах и загонах	Годовые прямые выбросы N ₂ O от мочи и навоза/помета, оставленных на пастбищах, выпасах и загонах	Годовые прямые выбросы N ₂ O от мочи и навоза/помета, оставленных на пастбищах, выпасах и загонах
	(га)	(кг N ₂ O-N га ⁻¹ год ⁻¹)	(кг N ₂ O-N год ⁻¹)	(кг N год ⁻¹)	[кг N ₂ O-N (кг внесенного N) ⁻¹]	(кг N ₂ O-N год ⁻¹)	(кг N ₂ O-N год ⁻¹)
			N ₂ O-N _{OS} = F _{os} *			N ₂ O-N _{PRP} = F _{PRP} * EF _{3PRP}	N ₂ O _{Прям-N} = N ₂ O-N _{NN} поступ. + N ₂ O-N _{OS} + N ₂ O-N _{PRP}
	F _{os}	EF ₂	N ₂ O-N _{OS}	F _{PRP}	EF _{3PRP}	N ₂ O-N _{PRP}	N ₂ O _{Прям-N}
Осушенные/обрабатываемые органогенные почвы	C						
	G						
Моча и навоз/помет,	CP P						

оставленные пастбищными животными и птицей	SO							
Всего								
<p><1> Площади должны быть детализированы по обрабатываемым землям (C) и кормовым угодьям (G). <2> Общее количество должно быть распределено между CPP (коровы, КРС, птицы и свиньи) и SO (остальные животные).</p>								

Сектор	Сельское хозяйство						
Категория	Косвенные выбросы N ₂ O от обрабатываемых почв: N ₂ O от атмосферных выпадений улетучившихся соединений N от обрабатываемых почв						
Код категории	3Db						
Лист	1 из 2						
Антропогенное внесение N	Общее количество минеральных азотных удобрений, внесенных в почвы	Доля минеральных удобрений, которая улетучивается	Общее количество N навоза из систем сбора и хранения, компоста, других органических удобрений, внесенных в почвы	Общее количество N мочи и навоза/помета, оставленное на пастбищах, выпасах и загонах	Доля N внесенных органических удобрений (FON) и мочи и навоза/помета, оставленных на пастбищах, выпасах и загонах (FPRP), которая улетучивается	Коэффициент выбросов N ₂ O от атмосферных выпадений соединений N на поверхность почвы и воды	Общее количество N ₂ O-N, образованное от атмосферных выпадений улетучившихся соединений N от обрабатываемых почв
	(кг N год ⁻¹)	(кг NH ₃ -N + NO _x -N) (кг внесенного N) ⁻¹	(кг N год ⁻¹)	(кг N год ⁻¹)	(кг NH ₃ -N + NO _x -N) (кг внесенного или оставленного N) ⁻¹	(кг N ₂ O-N) (кг улетучившихся NH ₃ -N + NO _x -N) ⁻¹	(кг N ₂ O-N год ⁻¹)
		Table 11.3					N ₂ O _(ATD) -N = [(F _{SN} *

							$\text{FracGASF} + (\text{F}_{\text{ON}} + \text{F}_{\text{PRP}}) * \text{FracGASM}] * \text{EF4}$
	F_{SN}	FracGASF	F_{ON}	F_{PRP}	FracGASM	EF4	$\text{N}_2\text{O(ATD)-N}$
(a)							
(b)							
(c)							
Всего							

Сектор	Сельское хозяйство							
Категория	Косвенные выбросы N_2O от обрабатываемых почв: N_2O при вымывании и стоке соединений N из обрабатываемых почв							
Код категории	3Db							
Лист	2 из 2							
Антропогенное внесение N	Общее количество минеральных азотных удобрений, внесенных в почвы	Общее количество N навоза из систем сбора и хранения, компоста, других органических удобрений, внесенных в почвы	Общее количество N мочи и навоза/помета, оставленное на пастбищах, выпасах и загонах	Общее количество возвращаемого в почвы N из растительных остатков (надземные и подземные), включая азотфиксирующие растения, и при обновлении/в	Общее количество азота, минерализованного/иммобилизованного в минеральных почвах в связи с потерей/накоплением почвенного углерода из почвенного органического вещества в результате	Доля всего добавленного к обрабатываемым почвам или минерализованного в обрабатываемых почвах азота, которая теряется через вымывание и сток	Коэффициент выбросов N_2O при вымывании стоке соединений N	Общее количество $\text{N}_2\text{O-N}$, образованного при вымывании стоке соединений N

				остановлены и кормовых культур, сенокосов и пастбищ	изменений в землепользовани и или управлении обрабатываемых земель			
	(кг N год ⁻¹)	(кг N год ⁻¹)	[кг N (кг добавок N) ⁻¹]	[кг N ₂ O-N (кг вымываемог о N) ⁻¹]	(кг N ₂ O-N год ⁻¹)			
								$N_2O(L)-N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) * \text{FracLEACH}(H) * EF_5$
	F _{SN}	F _{ON}	F _{PRP}	F _{CR}	F _{SOM}	FracLEACH-(H)	EF ₅	N ₂ O(L)-N
(a)								
(b)								
(c)								
Всего								

Сектор	Сельское хозяйство
Категория	Выбросы при сжигании биомассы на постоянных обрабатываемых землях
Код категории	3E
Лист	1 из 1

Категория землепользован ия	Подкатегори и для отчетного года <1>	Площадь выжигани я	Масса топлива, доступна для сгорания <2>	Коэффи циент сгорани я <3>	Коэффициен т выбросов для каждого парникового газа	Выбросы CH ₄ при сжигании	Выбросы CO при сжигании	Выбросы N ₂ O при сжигании	Выбросы NO _x при сжигании
		(га)	(тонн га ⁻¹)	(-)	[г GHG (кг сгоревшего сух. в-ва) ⁻¹]	(тонн CH ₄)	(тонн CO)	(тонн N ₂ O)	(тонн NO _x)
						$L_{\text{пожар-CH}_4} = A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-6}$	$L_{\text{пожар-CO}} = A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-6}$	$L_{\text{пожар-N}_2\text{O}} = A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-6}$	$L_{\text{пожар-NO}_x} = A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-6}$
		A	M _B	C _f	G _{ef}	L _{пожар-CH₄}	L _{пожар-CO}	L _{пожар-N₂O}	L _{пожар-NO_x}
CL	(a)				CH ₄				
					CO				
					N ₂ O				
					NO _x				
	(b)				CH ₄				
					CO				
					N ₂ O				
					NO _x				
Всего					CH ₄				
					CO				

				N ₂ O				
				NO _x				

<1> Для каждой подкатегории используйте отдельные строки по каждому из парниковых газов.
 <2> Если данные по M_B и Cf недоступны, то могут быть использованы значения по умолчанию (M_B * Cf). В этом случае, значение M_B берется из таблицы в руководстве, а значение Cf принимается равным 1.

Сектор	Сельское хозяйство		
Категория	Известкование: годовые выбросы CO ₂ -C при известковании		
Код категории	3F		
Лист	1 из 1		
Вид известковых материалов	Общее количество известковых материалов	Коэффициент выбросов	Годовые выбросы C при известковании
	(тонн год ⁻¹)	[тонн C (тонн известкового материала) ⁻¹]	(тонн C год ⁻¹)
		По умолчанию 0,12 для извести и 0,13 для доломита	CO ₂ -C Выброс = (MИзвестняк * EFИзвестняк) + (MДоломит * EFДоломит)
	MИзвестняк MДоломит	EFИзвестняк EFДоломит	Выбросы CO ₂ -C
Известь (CaCO ₃)			
Доломит (CaMg(CO ₃) ₂)			
Всего			

Часть V. Отходы

ГЛАВА 1. ВВЕДЕНИЕ

Том 5 "Отходы" содержит методологические принципы оценки выбросов двуокиси углерода (CO₂), метана (CH₄) и закиси азота (N₂O) в следующих категориях:

- Захоронение твердых отходов (глава 3);
- Биологическая переработка твердых отходов (глава 4);
- Сжигание отходов (глава 5);
- Очистка и сброс сточных вод (глава 6).

В таблице 1.1 показана общая структура категорий сектора "Отходы" и условные обозначения их категорий. Эффективная практика заключается в том, чтобы в полной мере учитывать данные категории при проведении инвентаризации выбросов парниковых газов.

Таблица 1.1

СТРУКТУРА СЕКТОРА "ОТХОДЫ"

4. Отх оды	4А. Захоронение твердых отходов	Управляемые свалки
		Неуправляемые свалки
		Неклассифицированные свалки
	4В. Биологическая переработка твердых отходов	Компостирование
		Анаэробное сбраживание
	4С. Сжигание отходов	Инсинерация отходов
		Открытое сжигание отходов
	4D. Очистка и сброс сточных вод	Очистка и сброс бытовых сточных вод
		Очистка и сброс промышленных сточных вод

Как правило, выбросы метана со свалок и полигонов захоронения твердых отходов являются наиболее крупным источником выбросов парниковых газов в секторе "Отходы". Выбросы CH₄ при очистке и сбросе сточных вод также могут вносить значительный вклад в общий выброс по сектору.

В настоящем разделе приведены методы различных уровней, применяемые для выполнения оценок выбросов парниковых газов. В целом, использование более высоких методических уровней повышает точность инвентаризации (снижает неопределенность оценок выбросов), однако при этом возрастают требования к данным, а также увеличиваются затраты ресурсов на разработку

инвентаризации.

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

Вопросы оценки и контроля качества, полноты оценок выбросов, согласованности временных рядов, а также вопросы отчетности и документации рассмотрены в общем [разделе](#) настоящих Методических рекомендаций. Там же приведены методы выполнения оценок неопределенности выбросов.

При выполнении инвентаризации следует обратить внимание, что часть выбросов от отходов и стоков учитывается в других секторах.

Инсинерация и открытое сжигание отходов, содержащих небиогенный (ископаемый) углерод, например, пластмассы, является одним из источников выбросов в секторе "Отходы". В случаях, когда сжигание производится с использованием получаемой энергии (в том числе в виде тепла), или, когда отходы используются для производства топлива, все выбросы парниковых газов учитываются в секторе "Энергетика". Для расчета таких выбросов может быть использована методика, приведенная в [главе 5](#) (так же, как и для расчета выбросов от сжигания отходов без использования выделяющейся энергии). Выбросы CO₂ от сжигания отходов, содержащих биогенный углерод (древесина, бумага и т.п.), также учитываются в секторе "Энергетика", если они происходят с использованием выделяющейся при сжигании энергии <1>.

<1> Однако выбросы CO₂, содержащие углерод биогенного происхождения, не включаются ни в общий выброс сектора "Энергетика", ни в совокупный региональный выброс, а учитываются отдельно в справочных целях (см. [т.т. 1](#) и [2](#) настоящих Методических рекомендаций).

Выбросы CO₂, связанные с захоронением твердых отходов и выбросы CO₂, происходящие при обработке сточных вод, содержат только биогенный углерод и в рамках настоящих Методических указаний учитываться не должны. Также не должны учитываться выбросы CO₂ от инсинерации и открытого сжигания биогенных отходов.

В [главах 3](#) ("Захоронение твердых отходов"), [4](#) ("Биологическая переработка отходов") и [5](#) ("Сжигание отходов") более подробно рассмотрено, какие отходы и стоки, а также парниковые газы включены в представленные методики расчета для каждой категории источников выбросов сектора "Отходы".

Выбросы, источниками которых являются не сами отходы и стоки, а деятельность по обращению с ними (например, использование топлива при их транспортировке и переработке) описывается в других разделах данных Методических рекомендаций. Выбросы от вторичного использования отходов и стоков в качестве топлива и сырья рассматриваются в соответствующих

секторах и в сектор "Отходы" не включаются.

В главе 2 описаны основные подходы к сбору данных, необходимых для эффективной оценки выбросов парниковых газов.

ГЛАВА 2. ДАННЫЕ ОБ ОБРАЗОВАНИИ И СОСТАВЕ ОТХОДОВ И ОБ УПРАВЛЕНИИ ОТХОДАМИ

2.1 ВВЕДЕНИЕ

Начальным этапом оценки выбросов парниковых газов в секторе "Отходы" является сбор данных о деятельности по образованию отходов и стоков, их составе и управлении ими. Общие инструкции по регистрации данных об отходах приводятся в данной главе для обеспечения согласованности по всем учитываемым категориям источников. Более подробные указания по выбору данных о деятельности, коэффициентов выбросов и других показателей, необходимых для оценки выбросов, содержатся в отдельных главах: [главе 3](#) ("Захоронение твердых отходов"), [главе 4](#) ("Биологическая переработка твердых отходов") и [главе 5](#) ("Сжигание отходов"). Рекомендации по сбору данных об образовании и управлении сточными водами приводятся отдельно в [главе 6](#) "Очистка и сброс сточных вод", но в эту главу включена информация об осадках, образующихся от такой деятельности.

Отходами являются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства. Они образуются в результате деятельности: частных лиц, объектов бытового обслуживания и торговли, учреждений различного назначения, промышленных и транспортных предприятий, водопроводных и канализационных сооружений, строительных и монтажных площадок, а также сельского хозяйства. Отходы классифицируются в зависимости от их происхождения, состава и агрегатного состояния.

Обращение с отходами включает деятельность по их сбору, накоплению, использованию, обезвреживанию, транспортированию и размещению. Деятельность по обезвреживанию отходов включает, в том числе, сжигание и биологическую переработку отходов, а размещение - захоронение отходов на свалках (полигонах). На [рисунке 2.1](#) показана схема управления твердыми отходами и основные пути движения их потоков. Обращение с жидкими отходами кратко описано в [разделе 2 - 5](#).

В Методических рекомендациях указания по сбору данных приводятся отдельно для отходов, объединенных в категории по их происхождению и особенностям учета: твердых бытовых (коммунальных) отходов (ТБО), отстоя сточных вод, промышленных и некоторых других. Эффективная практика заключается в учете всех этих категорий отходов при проведении инвентаризации выбросов парниковых газов.

Потоки отходов берут свое начало с момента образования, затем проходят через сбор и транспортировку, сортировку для отделения вторичных ресурсов, обработку для уменьшения объема, обезвреживание для снижения степени опасности, стабилизацию, переработку и/или обработку с целью получения энергии (тепла) и в конечном итоге завершаются на полигонах (свалках). Различные виды отходов подвергаются различным технологическим процессам. В зависимости от применяемых технологий на каждом этапе происходит изменение их состава и массы.

Компонентный состав разных категорий отходов является одним из наиболее важных

факторов, оказывающих влияние на выбросы парниковых газов. Объем выбросов как CO₂, так и CH₄ зависит от содержания в отходах углерода, который в соответствии с принятой методологией учета подразделяют на биологический и ископаемый в зависимости от его происхождения. В методических рекомендациях при рассмотрении компонентного (видового) состава различных категорий отходов используется подразделение их на типы в зависимости от состава.

Объем образования и исходный состав отходов варьируют в зависимости от конкретного региона, состояния его экономики, промышленной структуры, норм управления твердыми отходами и образа жизни людей. Все эти данные могут изменяться в течение времени. Эффективный подход по сбору данных заключается в отслеживании общих потоков всех категорий отходов в регионе от одного этапа к другому, принимая во внимание экспорт (вывоз) и импорт (ввоз) отходов, изменения в их составе и другие параметры, которые могут повлиять на выбросы парниковых газов. Такой учет должен сочетаться с качественными соответствующими региональными данными об объеме отходов и их составе на разных этапах их движения. Использование этого подхода обеспечит однородные данные для отходов - источников выбросов парниковых газов и позволит избежать как недоучета, так и двойного учета при проведении расчетов.

Данные о деятельности, коэффициенты выбросов и другие связанные коэффициенты необходимо соотносить с количеством отходов последовательно: например, влажный или сухой вес. В противном случае необходимо применять переводные коэффициенты (например, содержание сухого вещества).

Самые точные данные по количеству и составу отходов могут быть получены на основе последовательного мониторинга на этапах захоронения, сжигания и других способов утилизации отходов. В случае если эти данные являются недоступными, то данные по составу, полученные во время образования и/или транспортировки, могут быть применены для оценки содержания органического вещества.

Необходимые для такого исследования данные могут быть получены из региональной государственной статистической отчетности по управлению отходами, утвержденных районных нормативов и схем очистки территорий, отчетов (муниципалитетов или других соответствующих административных органов, компаний по управлению отходами, промышленных предприятий и ассоциаций по обращению с отходами и других учреждений) и исследовательских проектов. При отсутствии данных по конкретному региону можно использовать некоторые региональные данные соседних территорий со схожими условиями. Эффективная практика заключается в использовании регионами по мере возможности региональных, ежегодных или периодически полученных данных. Подход к выбору региональных данных и рекомендуемые для применения при их отсутствии значения по образованию различных категорий отходов, а также их компонентному и химическому составу приводятся ниже. Выбор специализированных данных о деятельности, используемые при детальном расчете выбросов от процессов захоронения, переработки и сжигания описаны в соответствующих главах 3 - 5. Выбросы, образующиеся от отходов во время проведения других операций (сбора и предварительной подготовки, сортировки, транспортировки, стабилизации и т.д.), считаются незначительными и в оценку выбросов не включаются. Выбросы от вторичного использования отходов в секторе "Отходы" не рассматриваются.

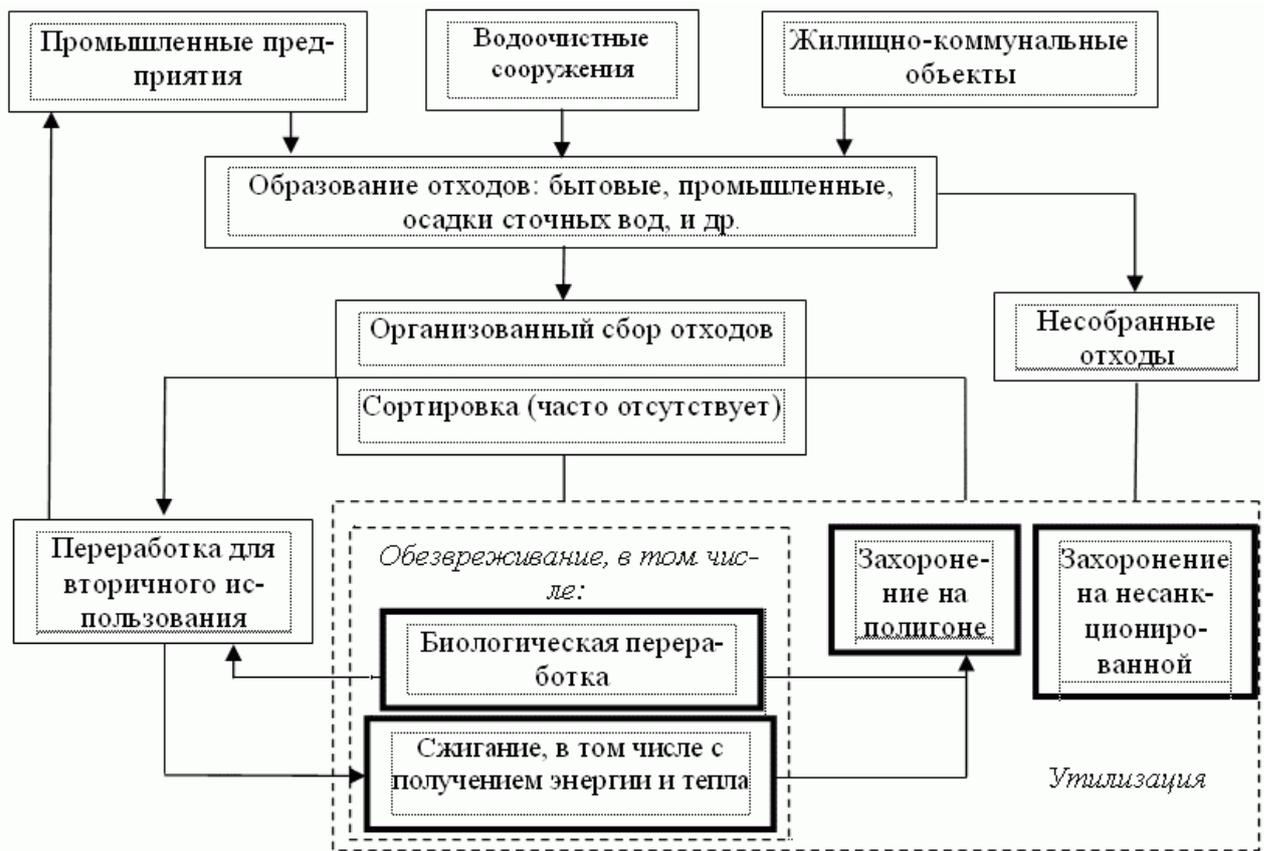


Рисунок 2.1 - Основные потоки движения твердых отходов <*>

<*> Выбросы от источников, указанных в выделенных жирной линией блоках, учитываются в секторе "Отходы". Для промышленных отходов весь цикл может проходить в рамках одного предприятия. На любом этапе обращения с отходами может быть задействован экспорт/импорт отходов из другого региона.

Если используемые при инвентаризации данные позволяют учесть лишь некоторые категории и виды отходов (например, только бытовые отходы), или же не обеспечивают полный учет всех источников выбросов, то это должно быть четко задокументировано при проведении инвентаризации. При дальнейшей работе необходимо сделать все возможное, чтобы дополнить данные и охватить все виды отходов и источников выбросов.

2.2 ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ

К твердым (коммунальным) бытовым отходам (ТБО) в России относят отходы, образующиеся в жилых и общественных зданиях, объектах бытового обслуживания и торговли, отходы от отопительных устройств местного отопления, смет с дворовых территорий и крупногабаритные отходы. Сбор коммунальных отходов обычно организуется муниципалитетами или другими органами местного самоуправления.

В соответствии с принятой в методических рекомендациях методикой, в расчетах выбросов от полигонов/свалок необходимо использовать данные по образованию и/или захоронению твердых отходов на них за длительный промежуток времени (см. главу 3 "Удаление твердых

отходов").

Рекомендуемые данные по образованию и составу отходов

При отсутствии региональных данных об образовании и утилизации ТБО за длительный период в расчете могут быть использованы усредненные данные по образованию ТБО на одного жителя (в зависимости от существующей системы охвата населения сбором отходов), приведенные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДАННЫЕ ПО ОБРАЗОВАНИЮ ТБО

Система сбора отходов	Образование ТБО на 1 жителя, кг/год	Плотность отходов, кг/м ³	Примечания
жилищно-коммунальное хозяйство, в среднем	400	300	(Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления, 1999)
для городских территорий	225	210	Для благоустроенных жилых домов, для городов III и IV климатических районов норму накопления следует увеличивать на 10% (СП 42.13330.2011)
для сельских территорий	350	270	Для неблагоустроенных жилых домов (СП 42.13330.2011)

Значения, рекомендуемые относительно содержания разложимого органического углерода (DOC) (см. раздел 3.2.3.1) и ископаемого углерода в различных компонентах ТБО, приводятся в таблице 2.2 для оценки выбросов CH₄ от СТО (см. главу 3 "Захоронение отходов") и CO₂ при сжигании отходов (см. главу 5 "Сжигание отходов").

Таблица 2.2

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНЕНТАХ ТБО: СУХОГО ВЕЩЕСТВА, DOC, ОБЩЕГО УГЛЕРОДА И ИСКОПАЕМОГО УГЛЕРОДА (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006; МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, 1989) <*>

<*> Значения, приведенные в процентах, при расчетах следует переводить в доли путем деления на 100. Рекомендуемые данные относительно усредненного состава отходов в ТБО в России приводятся в таблице 2.3.

Компонент ТБО	Содержание сухого вещества во влажных отходах <1>, %	DOC (сырые отходы), %	DOC (сухие отходы), %	С всего (сухие отходы), %	С ископаемый в общей массе С, %
Бумага/картон	75	27	36	37	2
Текстиль <2>	80	32	40	51	20
Пищевые отходы	28	13	45	45	-
Древесина	80 <3>	41	51	51	-
Отходы от парков и садов	40	20	49	49	-
Подгузники	40	24	60	70	10
Резина и кожа	95	- <4>	- <4>	68	20
Пластик	92	-	-	60	100
Кости <5>	76	41	54	54	-
Металл	100	-	-	Нет данных	Нет данных
Стекло	100	-	-	Нет данных	Нет данных
Отсев <5>	80	7	9	17	50
Другие отходы	92	-	-	51	100

<1> Приведенное здесь содержание влажности распространяется на определенные виды отходов при их образовании. В собранных отходах или, например, размещенных на СТО, содержание влажности может меняться.

<2> Предположительно 40 процентов текстиля является синтетическим.

<3> Данное значение имеет отношение к древесным изделиям по истечении срока годности.

<4> Натуральные резиновые изделия содержат DOC, но практически не разлагаются в анаэробных условиях на СТО.

<5> Данные основаны на экспертной оценке.

Таблица 2.3

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ УСРЕДНЕННЫЙ СОСТАВ КОМПОНЕНТОВ ТБО ЗА 1990
<1>, 2001 <2> И 2005 <3> ГОДЫ, % ПО МАССЕ <*>
(ДЛЯ ВЛАЖНОГО ВЕСА ОТХОДОВ)

<*> Значения, приведенные в процентах, при расчетах следует переводить в доли путем деления на 100.

	Средняя климатическая зона			Южная климатическая зона			Северная климатическая зона		
	1990	2001	2005	1990	2001	2005	1990	2001	2005
Бумага	27,5	33,5	39,0	24,0	26,0	27,5	22,5	30,5	31,0
Текстиль	5,5	4,0	4,0	5,5	4,0	4,0	6,0	5,0	5,0
Пищевые отходы	34,0	40,0	32,0	40,0	44,5	41,0	32,0	35,5	32,5
Древесина	2,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	3,0	3,5	3,5
Резина и кожа	3,0	0,7	0,7	2,0	1,0	1,0	5,0	2,5	2,5
Пластик	3,5	3,5	5,5	2,0	4,5	5,5	3,0	3,5	5,5
Кости	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	3,0	1,5	1,5
Металл, стекло, камни	11,5	6,5	8,2	8,0	7,0	7,5	13,5	11,5	12,0
Отсев менее 16 мм	10,0	6,0	6,0	14,0	7,0	7,0	10,0	5,0	5,0
Прочие	1,5	2,7	1,5	1,5	3,0	3,5	2,0	1,5	1,5
<1> (Мирный А.Н., 1990). <2> (Систер В.Г., 2001). <3> (Мирный А.Н., 2005).									

При проведении расчетов без учета изменения DOC и C по годам в расчете используются данные за 2005 год, а при невозможности учета климатических зон - значения для средней зоны.

Данные для конкретных регионов

Эффективная практика заключается в том, чтобы в качестве основы для оценки выбросов регионы использовали конкретные региональные данные по образованию ТБО, их составу и управлению ими (по возможности включая экспорт (ввоз) и импорт (вывоз)).

Такие данные ими могут быть получены из: ежегодной государственной статистики по обращению с отходами, отчетов (в т.ч. различных региональных государственных органов и компаний, ответственных за сбор и утилизацию отходов), утвержденных региональных документов по управлению отходами (нормативов, схем санитарной очистки и др.), а также прочих исследовательских проектов.

При отсутствии данных об образовании ТБО за длительный период для расчета при наличии

могут быть использованы характерные для данного региона значения по образованию ТБО на одного жителя. Образование отходов для более позднего или раннего периода при наличии ряда данных могут быть определены с помощью методов, рассматриваемых в общем разделе настоящих Методических рекомендаций.

Крупным регионам, имеющим значительные различия в образовании и обработке отходов внутри своих территорий, рекомендуется по мере возможности учитывать данные, полученные в этих областях.

Состав ТБО различается в разных районах одного и того же региона, также он будет отличаться в зависимости от дня недели, сезона и года в одном и том же городе. Данные по региональному составу и DOC отходов должны соответствовать друг другу и основываться на репрезентативных способах сбора образцов и периодически повторяться для того, чтобы отражать изменения в образовании отходов и управлении ими.

2.3 ОТСТОЙ СТОЧНЫХ ВОД

Отстой сточных вод из водоочистных сооружений рассматривается в данных Методических рекомендациях в качестве отдельной категории отходов. Следует иметь в виду, что в зависимости от выбранной системы сбора данных, отстой сточных вод из бытовых водоочистительных сооружений может быть включен в категорию отходов ТБО, а отстой из промышленных водоочистных сооружений - в категорию промышленных отходов.

Выбросы, образованные при переработке отстоя в системе очистки сточных вод рассматриваются в [главе 6](#) ("Очистка и сброс сточных вод"). [Главы 3, 4 и 5](#) содержат сведения о захоронении, компостировании и сжигании отстоя с другими отходами соответственно. Необходимо избегать двойного учета выбросов между различными категориями. Количество осадка, отделенного при очистке сточных вод (см. главу 6), подлежащего утилизации или вторичному использованию, должно быть согласовано со значениями, указанными в данных категориях.

Содержание DOC и влажности в образующемся отстое зависит от применяемого метода очистки сточных вод, а также отличается для бытового и промышленных осадков. По мере переработки отстоя и подготовки его к утилизации эти показатели могут значительно измениться.

Данные по образованию и составу осадка

При отсутствии региональных данных об образовании осадков от очистки бытовых сточных вод на городских станциях аэрации, можно принять, что их образование (смесь осадков первичных отстойников и уплотненного избыточного активного ила при средней влажности 96,2%) в среднем составляет 0,8% от объемов сточных вод или:

- 2,5 л/чел. в сутки исходного осадка и избыточного активного ила (влажность 96%);

- 0,9 л/чел. в сутки сброженный и уплотненный осадок сточных вод (влажность 92%) (Сборник удельных показателей, 1999; Коммунальная экология, 2007).

Рекомендуемое среднее значение DOC для отстоя бытовых сточных вод - 33% в сухом веществе осадка (Коммунальная экология, 2007).

DOC в отстое промышленных стоков может сильно изменяться в зависимости от отрасли.

Рекомендуемое значение DOC, равное 9 процентам (допуская, что содержание сухого вещества составит 35 процентов) может быть применимо по отношению ко всему отстою сточных вод промышленности, когда данные по региону и/или отрасли промышленности не доступны (Межправительственная, 2006).

2.4 ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ

В некоторых регионах в результате производственной деятельности образуется значительное количество промышленных отходов, как твердых, так и жидких. Образование и состав таких отходов варьируется в зависимости от типа промышленности и используемых методов/технологий. В зависимости от источника данных, некоторые виды промышленных отходов могут включаться в систему учета ТБО, а в некоторых случаях обособлены в качестве отдельной категории. Например, таким образом, могут учитываться отходы от строительных и демонтажных работ, а также медицинские и некоторые другие отходы (см. [раздел 2.5](#)).

Особенности продукции и/или деятельность каждой отрасли промышленности являются различными в каждом регионе. Лишь те виды промышленных отходов, которые могут содержать DOC и ископаемый углерод, представляют интерес для проведения оценки выбросов парниковых газов. В зависимости от наличия исходных данных учет объема их образования и утилизации можно проводить как по отдельным видам отходов, так и по типу промышленности.

Для промышленных отходов показатели переработки/повторного использования зачастую являются высокими, поэтому эффективной практикой является использование прямых данных об их захоронении, сжигании и компостировании для проведения оценки выбросов. Сжигание промышленных отходов является весьма распространенным видом обработки в данной категории, однако все зависит от конкретного региона. Компостирование и другие виды биологической обработки обычно ограничены и применимы к предприятиям, производящим продукты питания и другие подверженные разложению отходы.

Данные по образованию и утилизации промышленных отходов могут быть получены из государственной региональной статистической отчетности по обращению с отходами, а также следует использовать данные правительственных агентств и органов местного самоуправления, ответственных за управление промышленными отходами, а также самих промышленных организаций и объединений.

Данные по образованию и составу промышленных отходов

Эффективная практика заключается в использовании региональных данных по образованию и составу промышленных отходов, а также различных способов управления ими в качестве основы определения выбросов. По возможности, необходимо собирать данные как в зависимости от вида промышленности, так и по видам отходов. В том случае, если доступные данные учитывают лишь часть промышленности или некоторые виды промышленных отходов, то такие ограниченные сведения должны быть четко задокументированы в кадастре, также необходимо сделать все возможное, чтобы дополнить данные и охватить все виды отходов.

Некоторые из таких отходов, несмотря на их образование на производствах, могут быть включены в данные о сборе ТБО (например, канцелярские отходы). В этом случае необходимо принять меры для избегания двойного учета выбросов.

Состав промышленных отходов сильно различается по отраслям промышленности. DOC и ископаемый углерод в промышленных отходах, в основном, содержится в тех же типах отходов

(по составу), что и в ТБО. Для того чтобы определить DOC и ископаемый углерод в промышленных отходах можно использовать данные исследований по образованию и составу отходов в показательных отраслях промышленности, в том числе непосредственно перед их утилизацией. В таблице 2.4 указаны рекомендуемые значения относительно содержания DOC и ископаемого углерода в промышленных отходах в соответствии с типом промышленности. Разработчикам рекомендуется по возможности использовать региональные данные, так как рекомендуемые данные являются неточными.

Таблица 2.4

РЕКОМЕНДУЕМОЕ СОДЕРЖАНИЕ DOC И ИСКОПАЕМОГО УГЛЕРОДА
В ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДАХ (ДЛЯ ВЛАЖНОГО ВЕСА ОТХОДОВ
ПРИ ИХ ОБРАЗОВАНИИ) (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006) <*>

<*> Значения, приведенные в процентах, при расчетах следует переводить в доли путем деления на 100.

Вид промышленности	DOC, %	Общее содержание C, %	Содержание ископаемого C в общей массе C, %	Содержание сухого в-ва <1>, %
Продукты питания, напитки и табачные изделия (за исключением отстоя сточных вод)	15	15	0	40
Текстиль	24	40	40	80
Древесина и древесные изделия	43	43	0	85
Целлюлоза и бумага (за исключением отстоя сточных вод)	40	41	2	90
Нефтепродукты, растворители и пластик	0	80	100	100
Резина	- <2>	56	30	84
Строительство и демонтаж	4	24	83	100
Другое <3>	1	4	75	90

<1> Содержание влаги в промышленных отходах сильно различается, даже в рамках одной отрасли промышленности.

<2> Натуральные резиновые изделия содержат DOC, но практически не разлагаются в анаэробных условиях на СТО.

<3> Данные значения DOC также могут быть использованы в качестве рекомендуемых значений для всех отходов производственной промышленности, когда данные по объему отходов в соответствии с типом промышленности являются недоступными. Отходы из

горной промышленности и карьерных работ должны быть исключены из расчета, так как их объем может оказаться большим, а содержание DOC и ископаемого углерода обычно незначительно.

Отработанные масла и растворители также являются важным источником ископаемого углерода в жидких промышленных отходах (см. [таблицу 5.2](#)).

2.5 ДРУГИЕ ВИДЫ ОТХОДОВ

Некоторые виды отходов ввиду специфики их происхождения, состава и управления ими иногда выделяются в отдельные подкатегории, данные о которых могут включаться как в промышленные отходы (чаще всего), так и в ТБО, а также рассматриваться отдельно.

Особо опасные отходы - это отходы, относящиеся к любой категории, но имеющие 1 и 2-й классы опасности (с высокой степенью вредного воздействия на окружающую среду и человека). Основная часть таких отходов образована в виде отстоя или жидкого вещества, а также в виде золы и шлака, и кусков металла. Часть таких отходов сжигается, а остальные - размещаются в особых условиях, оценка выбросов от которых не рассматривается. Рекомендуемые значения относительно ископаемого углерода для общего количества опасных отходов приводятся в [таблице 2.5](#).

Отходы медицинских учреждений: Данная категория отходов включает такие материалы, как пластиковые шприцы, ткани животных, перевязочные материалы, одежда и другие. Данные о части таких отходов могут входить в категорию ТБО, часть - в промышленные отходы. Отходы медицинских учреждений обычно подвергаются сжиганию в мусоросжигающих установках, однако некоторые виды могут быть захоронены на СТО. Рекомендуемое содержание DOC и ископаемого углерода в отходах медицинских учреждений указано в [таблице 2.5](#).

Таблица 2.5

РЕКОМЕНДУЕМОЕ ПРОЦЕНТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ DOC И ИСКОПАЕМОГО УГЛЕРОДА В ДРУГИХ ОТХОДАХ (ВЛАЖНЫЙ ВЕС) <*> (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

<*> Значения, приведенные в процентах, при расчетах следует переводить в доли путем деления на 100.

Вид отхода	DOC, %	Общее содержание C, %	Содержание ископаемого C, %	Содержание ископаемого C в общей массе C, %	Содержание сухого в-ва, %
Отходы медицинских учреждений	15	40	25	62	65
Опасные отходы	Нет	Нет данных	40	Нет данных	77

	данных				
--	--------	--	--	--	--

Сельскохозяйственные отходы: Такие отходы образуются от деятельности сельскохозяйственных предприятий и могут включать навоз, сельскохозяйственные остатки, трупы скота и другие. Сельскохозяйственные отходы, которые подвергаются обработке и/или утилизации с другими твердыми отходами, обычно классифицируются как промышленные отходы, некоторые виды отходов могут быть включены при учете в категорию ТБО. Следует обратить внимание, что в методологии расчета выбросов выбросы от хранения и использование навоза, а также сжигание сельскохозяйственных остатков рассматриваются и учитываются в разделе "Сельское хозяйство".

Жидкие отходы, содержащие углерод ископаемого происхождения (жидкие отходы ископаемого топлива): определяются как промышленные и бытовые отработанные жидкие остатки, основанные на минеральных маслах, природном газе или другом ископаемом топливе. Сюда относятся отходы растворителей и смазочных материалов, но не относятся сточные воды, за исключением случаев, когда они сжигаются (например, из-за высокого содержания растворителей). Часть таких отходов сжигается, часть - подвергается предварительной обработке и затем либо очищается вместе с загрязненными сточными водами, либо размещается в специальных сооружениях, оценка выбросов от которых не производится согласно данным методологических рекомендациям.

Сельскохозяйственные отходы: Такие отходы образуются от деятельности сельскохозяйственных предприятий и могут включать навоз, сельскохозяйственные остатки, трупы скота и другие. Сельскохозяйственные отходы, которые подвергаются обработке и/или утилизации с другими твердыми отходами, обычно классифицируются как промышленные отходы, некоторые виды отходов могут быть включены при учете в категорию ТБО. Следует обратить внимание, что в методологии расчета выбросов выбросы от хранения и использование навоза, а также сжигание сельскохозяйственных остатков рассматриваются и учитываются в [разделе "Сельское хозяйство"](#).

Жидкие отходы, содержащие углерод ископаемого происхождения (жидкие отходы ископаемого топлива): определяются как промышленные и бытовые отработанные жидкие остатки, основанные на минеральных маслах, природном газе или другом ископаемом топливе. Сюда относятся отходы растворителей и смазочных материалов, но не относятся сточные воды, за исключением случаев, когда они сжигаются (например, из-за высокого содержания растворителей). Часть таких отходов сжигается, часть - подвергается предварительной обработке и затем либо очищается вместе с загрязненными сточными водами, либо размещается в специальных сооружениях, оценка выбросов от которых не производится согласно данным методологических рекомендациям.

ГЛАВА 3. ЗАХОРОНЕНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

3.1 ВВЕДЕНИЕ

Одним из способов утилизации твердых отходов является их захоронение на специально оборудованных площадках: полигонах бытовых и промышленных отходов, хвостохранилищах, отвалах горных пород и др. Некоторая часть отходов размещается на несанкционированных объектах - свалках. При захоронении твердых отходов на полигонах и свалках производится их размещение в грунте или специальных картах, а также уплотнение и покрытие изоляционным

материалом. В этих условиях происходит процесс анаэробного биологического разложения органического вещества отходов с образованием значительного количества CH_4 .

Помимо CH_4 , также на свалках твердых отходов (СТО) образуются летучие неметановые органические соединения (ЛНОС), закись азота (N_2O), оксиды азота (NO_x) и монооксиды углерода (CO), оценка выбросов которых в данной методологии не рассматривается из-за их незначительности. Выбросы CO_2 от разложения органического материала биологического происхождения (например, сельскохозяйственных культур, древесины) не включаются в оценку выбросов, потому что этот углерод имеет биогенное происхождение.

3.2 ВЫБОР МЕТОДА РАСЧЕТА

Методика расчета предназначена для оценки выбросов от биологического разложения в анаэробных условиях твердых органических отходов, размещенных на СТО или аналогичных сооружениях. Документ содержит методологию для оценки выбросов от следующих категорий отходов:

- твердые бытовые отходы;
- отстой сточных вод (как из коммунальных, так и из промышленных очистных сооружений);
- промышленные (в т.ч. от сельского хозяйства) твердые отходы (исключая особо опасные и радиоактивные);
- выбросы от обращения с навозом рассмотрены в секторе "Сельское хозяйство" (том 4).

Методология для оценки выбросов CH_4 с полигонов и свалок <2> основана на методе затухания первого порядка (ЗПП). Данный метод допускает, что способные к разложению органические компоненты в отходах медленно разлагаются на протяжении нескольких десятилетий, во время которых происходит формирование CH_4 и CO_2 . В результате выбросы CH_4 из отходов, удаленных на свалки, первые несколько лет остаются высокими, а затем постепенно уменьшаются, так как способные к разложению соединения углерода перерабатываются бактериями. CH_4 продолжает вырабатываться и на закрытых СТО. Эти данные автоматически учитываются при использовании метода ЗПП, так как при подсчетах используются исторические данные по удалению отходов.

<2> Далее в документе и полигоны и свалки объединены под названием "свалки".

Время, необходимое для разложения органического вещества в отходах до половины его первичной массы (период полураспада) для различных видов отходов, варьируется в диапазоне от нескольких лет до нескольких деkad или более длительного периода. Для получения приемлемых по точности результатов по методу ЗПП, необходимо использовать исторические данные об удалении отходов за период, насчитывающий от 3 до 5 "периодов полураспада". Таким образом, эффективная практика заключается в использовании данных по удалению за период не менее 30 лет. В случае, когда выбран более короткий временной отрезок, разработчики инвентаризации должны доказать отсутствие значительного недоучета выбросов. В данных методических рекомендациях представлено руководство по оценке данных относительно захоронения отходов (раздел 3.3 "Выбор данных о деятельности"), рекомендуемые значения для всех параметров модели ЗПП (раздел 3.3 "Выбор коэффициентов выбросов и параметров"), а также модель простых

табличных расчетов для оказания помощи в использовании метода ЗПП (раздел 3.2.2).

Использование непосредственных измерений количества газа, извлеченного для определения параметров модели ЗПП, является одной из опций для эффективной практики при составлении относящихся к конкретному региону значений. Если учитывающие местные условия данные по сбору CH_4 используются для определения параметров модели ЗПП для национального кадастра, эффективная практика заключается в том, чтобы убедиться, что используемые для проведения анализа СТО являются показательными из всех СТО региона. Более детально вопросы уточнения модели рассматриваются в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Ниже описаны три уровня оценки выбросов CH_4 со свалок твердых отходов (СТО):

Уровень 1: принцип оценки метода уровня 1 основан на методе ЗПП, в основном, использующем рекомендуемые в данном документе значения для данных о деятельности и параметров.

Уровень 2: использует метод ЗПП и некоторые рекомендуемые параметры, однако также предполагает наличие качественных применимых к конкретным регионам данных о деятельности относительно размещения отходов на СТО в настоящее время и в прошлом.

Уровень 3: основанный на использовании метода ЗПП и детализированных данных о деятельности и параметрах расчета (в том числе для отдельных СТО), приведен в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

Для расчета выбросов CH_4 из СТО эффективная практика предполагает следующие этапы:

Этап 1: Собрать региональные данные (в том числе исторические) о различных категориях отходов, размещаемых на СТО разной степени управляемости. Оценить скорость их разложения и необходимый период расчета согласно разделу 3.4.6.

Этап 2: Использовать уравнения 3.7 и 3.8 для оценки массы разложимого органического вещества в ежегодно захораниваемых на СТО отходах.

Этап 3: Использовать уравнения 3.5 и 3.6 для оценки количества накопленного каждый год расчета органического вещества отходов.

Этап 4: Использовать уравнение 3.2 и 3.1 для оценки выбросов в рассматриваемом году, с учетом рекуперации CH_4 .

3.2.1 Модель затухания первого порядка

Выбросы метана

Модель ЗПП основывается на экспоненциальной функции, описывающей ту часть разложимого органического вещества, захороненных в течение ряда лет отходов, которая каждый год распадается на CH_4 и CO_2 . Часть образованного при этом метана окисляется в верхних слоях СТО, либо может быть рекуперирована с целью получения энергии или сжигания в факельной установке. Таким образом, количество метана, выброшенного в атмосферу непосредственно со СТО, будет значительно меньше количества образовавшегося CH_4 . Выбросы CH_4 , образующиеся от мест захоронения твердых отходов, могут быть оценены с помощью уравнения 3.1.

Уравнение 3.1

Выбросы CH₄ от СТО

$$\text{Выбросы } CH_4 = \sum_{i,j} [(CH_4 \text{ образованный}_{i,j} - R_j) \cdot (1 - OX_j)],$$

где:

Выбросы CH₄ = CH₄, выброшенный в атмосферу от СТО, Гг;

CH₄ образованный_{i,j} = CH₄, образованный на определенном типе СТО (потенциал образования метана) от категории/вида отходов i, в год, Гг;

i = категория/вид отходов, принятые для расчета выбросов;

j = тип СТО;

R_j = рекуперированный CH₄ на определенном типе СТО, в год, для которого выполняется инвентаризация, Гг;

OX_j = коэффициент окисления на определенном типе СТО в год, для которого выполняется инвентаризация (дробь).

В зависимости от наличия исходных данных и удобства проведения расчетов, они могут проводиться как с использованием информации по видам отходов (пищевые, текстиль и т.д.), так и по более крупным их категориям (твердые бытовые отходы, промышленные отходы и др.). Так как расчеты для всех категорий/видов отходов и типов свалок и полигонов являются одинаковыми, то индексирование по ним (по i и по j) во всех представленных ниже уравнениях (3.2 - 3.7) не используется.

Количество метана, образующегося из биологически разложимых компонентов отходов, можно рассчитать через уравнение 3.2.

Уравнение 3.2

Потенциал образования CH₄

$$CH_4 \text{ образованный} = DDOCm \text{ decomp} \cdot F \cdot 16/12,$$

где:

CH₄ образованный = количество CH₄, образованного в год, учитываемый в кадастре, Гг;

DDOCm decomp = масса разложимого органического углерода, распавшегося в год, для которого выполняется инвентаризация, Гг;

F = доля CH₄, по объему, в образованном на свалках газе;

16/12 = соотношение молекулярного веса CH₄/C (соотношение).

Процесс разложения отходов

Общее уравнение ЗПП отражает активность протекания реакции разложения, которая пропорциональна количеству остающегося реагента, то есть массе нестойкого органического углерода отходов, находящегося в благоприятных для разложения условиях (DDOC_m). При этом масса такого вещества, которая останется неразложившейся за определенный период времени, в общем виде может быть выражена через уравнение 3.3.

Уравнение 3.3

Уравнение затухания первого порядка

$$\text{DDOC}_{m_t} = \text{DDOC}_{m_0} \cdot e^{-kt},$$

где:

DDOC_{m_t} = масса способного к разложению органического углерода, который останется ко времени t на СТО, Гг;

DDOC_{m_0} = масса нестойкого DOC, помещенного на свалку на момент начала реакции (во время 0), Гг;

k = постоянная реакции;

t = время, прошедшее с момента начала реакции, года.

Так как нас интересует метан, выделившийся в течение 1 расчетного года, то в общем случае значение DDOC_{m_t} , разложившегося на CH_4 и CO_2 за период T в промежутке между $(t-1)$ и t , выражено в уравнении 3.4.

Уравнение 3.4

Ddoc_{m_t} , разложившийся за год t

$$\text{DDOC}_{m_t} \text{ decomp}_T = \text{DDOC}_{m_0} - [e^{-k(t-1)} - e^{-kt}],$$

где:

$\text{DDOC}_{m_t} \text{ decomp}_T$ = масса органического углерода (DDOC_{m_t}), разложившегося в период между $(t-1)$ и t , Гг;

T = означает год, для которого производится расчет, относительно начального года 0;

DDOC_{m_0} = масса DOC, помещенного на СТО на момент начала реакции (во время 0), Гг;

k = постоянная реакции;

t = время, прошедшее с момента начала реакции, года.

В последующие десятилетия потенциал образования CH_4 (и, соответственно, его выброс) от размещенной ранее порции отходов будет постепенно снижаться. При этом следует учитывать, что размещение на СТО новых порций отходов (которые так же начинают разлагаться) происходит постоянно в течение времени действия свалки.

С реакцией первого порядка количество продукта (здесь $DDOC_m \text{ decomp}$) всегда пропорционально количеству реактивного материала (здесь $DDOC_m$). Это означает, что количество образующегося за год CH_4 соответствует не количеству помещенных в этот период отходов, а общему количеству оставшегося неразложившимся к этому году на свалке $DDOC_m$. Таким образом, если известно количество разлагающегося органического вещества на СТО в начале года, то при оценке выбросов каждый год может рассматриваться, как год номер 1. В этом случае в уравнениях общего вида 3.3 и 3.4 $t=1$, и расчеты могут быть произведены с помощью двух уравнений 3.5 и 3.6.

Уравнение 3.5

Масса способного к разложению органического углерода, накопленного в конце года t

$$DDOC_{mat\ t} = DDOC_{md\ t} + (DDOC_{mat\ t-1} \cdot e^{-k}),$$

Уравнение 3.6

Масса способного к разложению органического углерода, разложившегося в год T

$$DDOC_m \text{ decomp}_T = DDOC_{mat\ T-1} \cdot (1 - e^{-k}),$$

где:

$DDOC_m \text{ decomp}_T = DDOC_m$, разложившийся до CH_4 в расчетный год T , Гг;

$T =$ год, для которого производится расчет (учитываемый исторический год);

$DDOC_{mat\ t} = DDOC_m$, накопленный на СТО к концу года t , Гг;

$DDOC_{mat\ t-1} = DDOC_m$, накопленный на СТО к концу года предыдущего года ($T-1$), Гг;

$DDOC_{md\ t} = DDOC_m$, удаленный на СТО в год t , Гг;

$k =$ постоянная реакции.

Следует обратить внимание, что такие расчеты должны быть проведены для каждого года из ряда исторических лет, учитываемых в расчете выбросов метана. Количество таких лет зависит от длительности периода полураспада компонентов, размещаемых на СТО отходов (см. [разделы 3.3 и 3.4.6](#)).

В [уравнениях 3.5 и 3.6](#) расчетный год, принятый за начальный для всей серии расчетов по годам (год размещения первой порции отходов на СТО), считается нулевым. Последний расчетный год - это последний год, для которого производится инвентаризация.

На большинстве СТО отходы удаляются непрерывно в течение всего года, часто на ежедневной основе. Однако известно, что образование CH_4 начинается не сразу после помещения отходов на свалку. Значение времени задержки изменяется в зависимости от состава отходов и климатических условий. В представленном здесь методе предполагается, что реакция распада и образование CH_4 из всех отходов, удаленных в течение расчетного года, начинается по 1 января

следующего года, когда среднее время хранения отходов на СТО до начала реакции (ее задержка) составляет шесть месяцев. В реальности отходы, помещенные в начале года, начнут выделять CH_4 раньше, а отходы, помещенные на свалку в конце года, - позже. Однако считается, что ошибка, возникающая из-за наличия таких допущений в используемой методике, является незначительной по сравнению с другими неопределенностями в параметрах.

Разложимый органический углерод

Основой расчета является оценка массы разложимого органического углерода (DOC_m) в отходах, удаляемых на СТО (уравнение 3.7). Его значение зависит как от исходного количества захороненных отходов и их состава, так и от условий их размещения, определяющих возможность разложения органического вещества. В зависимости от выбранного способа проведения расчетов эти данные определяются на основании информации по захоронению различных категорий отходов и/или их компонентного состава.

Уравнение 3.7

Масса разложимого DOC в отходах, помещаемых на СТО в год T

$$\text{DDOC}_{mT} = W_T \cdot \text{DOC}_T \cdot \text{DOC}_f \cdot \text{MCF}_T,$$

где:

DDOC_{mT} = масса захороненного на СТО в год T разложимого органического вещества (DOC), Гг;

T = год, для которого производится расчет (учитываемый исторический год);

W_T = масса захороненных в год T на СТО отходов, Гг;

DOC_T = доля способного к разложению органического углерода в отходах, размещаемых в год T;

DOC_f = доля DOC, способного к разложению (дробь);

MCF_T = поправочный коэффициент CH_4 для анаэробного разложения в год T (дробь).

При проведении расчетов следует учесть, что при подразделении СТО на управляемые и неуправляемые типы с различными значениями MCF, оценку выбросов от них следует производить отдельно, а результаты суммировать.

Расчет по формуле 3.7 проводится для всех лет, которые учитываются при расчете выбросов парниковых газов от захоронения отходов на СТО.

3.2.2 Модели ЗПП для табличных расчетов

Специалистами МГЭИК для помощи в использовании метода ЗПП была разработана "Модель табличного расчета для определения выбросов метана со свалок твердых отходов" (таблицы в формате Excel). С ее описанием можно ознакомиться в тексте Руководящих принципов МГЭИК (Межправительственная, 2006), а саму модель можно загрузить с веб-сайта МГЭИК <3>.

<3> Официальный веб-сайт МГЭИК: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>.

При самостоятельном применении [уравнений 3.5](#) и [3.6](#) может быть использован компактный табличный подход к оценке выбросов. Этого можно добиться с помощью построения расчетной таблицы, содержащей значения $DDOC_m$, $DDOC_{mat}$, $DDOC_m\ decomp$.

Таблица основана на ежегодном количестве отходов, захороненных на СТО, в течение всего учитываемого периода времени. Из этих значений рассчитывается $DDOC_m$, помещаемый на свалку в течение каждого года ([уравнение 3.7](#)).

Оценка процесса разложения отходов с учетом ЗПП проводится с помощью прибавления $DDOC_m$, помещенного на свалку в течение одного года, к $DDOC_m$, оставшегося от отходов, размещенных за предыдущие годы ([уравнение 3.5](#)). Так как согласно ЗПП отходы, размещенные на СТО в текущем году, начнут разлагаться только на следующий год, расчет для следующего года $DDOC_m\ decomp$ и выбросов CH_4 ([уравнения 3.6](#), [3.2](#) и [3.1](#)) производится из этой "промежуточной суммы" $DDOC_m$, оставшегося на свалке. Таким образом, можно провести расчет выбросов для любого года.

Ниже в таблице 3.1 приведен пример расчета для шести лет удаления 100 единиц $DDOC_m$ в течение каждого года с постоянной реакцией в 0,1. Приведенные в последней колонке таблицы цифры - это разложившийся в каждом году $DDOC_m$, из которых можно рассчитать выбросы CH_4 .

Таблица 3.1

ПРИМЕР КРАТКОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ЗПП

Год (T)	Масса захороненного нестойкого органического углерода ($DDOC_m$)	Масса накопленного нестойкого органического углерода ($DDOC_{ma}$)	Масса разложившегося нестойкого органического углерода ($DDOC_m\ decomp$)
0	100	100	0
1	100	190,5	9,5
2	100	272,4	18,1
3	100	346,4	25,9
4	100	413,5	33,0
5	100	474,1	39,3
6	100	529,0	45,1

3.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Данные о деятельности состоят из ежегодных данных о массе и составе различных категорий/видов биологически разложимых твердых отходов, размещаемых на региональных СТО за период времени, выбранный для расчета ЗПП (см. [раздел 3.4.6](#)). Кроме того, эффективная

практика предполагает отдельную оценку количества таких отходов, размещаемых на разных типах СТО (см. [раздел 3.4.3](#)).

Исторические данные по удалению отходов должны основываться на применимой к конкретным регионам региональной государственной статистике по обращению с отходами, исследованиям и другим подобным источникам, с учетом их репрезентативности для всех учитываемых свалок региона и сезонов года.

Согласно руководству, приведенному в [главе 2](#), при отсутствии прямых данных может быть использована информация об образовании (а также импорте (ввозе) и экспорте (вывозе)) таких отходов и практике управлении ими. Эффективной практикой здесь является учет воздействия процессов сортировки, переработки или компостирования на количество и состав отходов, отправленных на СТО. Также следует учитывать изменения в практике обращения с отходами с годами (например, укрытие свалок, установление запрета на удаление опасных отходов вместе с ТБО).

Для регионов, располагающих данными по образованию и захоронению отходов, а также их составу за последние 2 года (уровень 2 ЗПП), рекомендуется провести анализ параметров, связанных с этими значениями. Исторические данные для разных категорий/видов могут быть пропорциональны экономическим показателям или сочетанию показателей населения и экономики, что может быть использовано для оценки отсутствующих исторических данных о деятельности. В анализе необходимо учитывать изменение политики обращения с отходами, направленной на уменьшение образования и захоронения отходов.

Исторические данные по городскому населению (или общему населению), ВРП (или другие экономические показатели) и статистика по промышленному производству могут быть получены из государственных региональных статистических данных, отчетов соответствующих ведомств и местных администраций.

Для периода времени, когда данные не доступны, можно также применять интерполирование и экстраполирование. Более детальное описание различных методов интерполирования и экстраполирования в качестве средств получения отсутствующих данных приводится в общем [разделе](#) Методических рекомендаций. Выбор метода восстановления данных, а также его мотивировка, должны быть четко зафиксированы в докладе о кадастре.

При оценке выбросов необходимо убедиться в том, чтобы все вводимые в модель данные составляли согласованный временной ряд. Эффективная практика заключается в использовании региональных данных там, где это является возможным. Там, где рекомендуемые и региональные данные смешаны во временных рядах, проверка согласованности является весьма важным этапом. Также возможно использование обратной экстраполяции или сплайсинговых технологий для согласования двух наборов данных. Сведения по данным технологиям приводятся в общем [разделе](#) методических рекомендаций.

Твердые бытовые отходы

Рекомендуемый период расчета для оценки выбросов от захоронения ТБО на СТО составляет 30 лет (см. [раздел 3.2.3.6](#)). Ежегодные данные о захоронении ТБО на СТО могут быть получены из региональной государственной статистической отчетности по управлению отходами и вывозе ТБО. При необходимости, может быть использовано рекомендуемое значение плотности ТБО (см. [раздел 2.2](#)). Дополнительно могут быть использованы данные об образовании и удалении отходов из утвержденных районных нормативов и схем очистки территорий, отчетов (муниципалитетов

или других соответствующих административных органов), компаний по управлению отходами.

Рекомендованные показатели для оценки образования ТБО указаны в [таблице 2.1](#). При проведении такой оценки с использованием численности населения, выбор между городским населением и общей численностью населения должен определяться охватом сбора отходов в регионе. Когда данные по охвату сбора отходов не доступны, рекомендуется использование в качестве показателя городское население. При отсутствии региональных данных о доле ТБО, удаленной на СТО, и данных об их утилизации другим путем рекомендуется принять, что все такие отходы захораниваются на СТО.

При использовании региональных данных о захоронении ТБО следует учитывать особенности такой отчетности по охвату всех отходов, размещаемых на СТО в регионе. Эффективной практикой является как выбор отчетности, наиболее полно отражающей такую информацию, так и оценка недоучтенного количества отходов (в том числе захороненных на незаконных свалках) по косвенным данным.

Представленные в главе 2 ([таблица 2.3](#)) данные по усредненному составу ТБО в России могут быть использованы при отсутствии региональных для оценки компонентного состава таких отходов, удаленных на СТО.

Промышленные отходы

Период расчета для оценки выбросов от захоронения промышленных отходов на СТО (и, соответственно, число лет для сбора данных) определяется их составом (см. [раздел 3.3](#)).

Данные по промышленному производству (количество или объем продукции, предпочтительно, в соответствии с видом производства) рекомендуются в качестве суррогата для проведения оценки захоронения промышленных отходов только при наличии данных о доле отходов, утилизируемых путем захоронения на СТО. В том случае, когда данные по производству недоступны, историческое образование промышленных отходов может быть оценено пропорционально валовому региональному продукту (ВРП) или другим экономическим показателям. ВРП используется в качестве показателя в методе уровня 1.

Осадки сточных вод

Следует обратить внимание, что при проведении расчета выбросов парниковых газов от сооружений очистки сточных вод по уровню 1 выбросы от сточных вод и их отстоя оцениваются совместно (см. [раздел 6.2.1.2](#) и [6.2.2.2](#)). Таким образом, при использовании этой методики выбросы метана от ила считаются происходящими в водоочистных сооружениях, и выбросы от их захоронения на СТО не должны рассматриваться в разделе "Захоронение отходов". В этом случае, отстой включается в расчет только при отсутствии учета выбросов от соответствующих стоков или в том случае, когда отстой из промышленных стоков не проходит биологическую обработку со стоками на водоочистных сооружениях до его извлечения.

При отдельном учете ила рекомендуемый период расчета для оценки выбросов от захоронения осадка на СТО составляет 20 лет. При отсутствии данных о количестве захораниваемого осадка/активного ила для расчета можно применять рекомендованные данные об их образовании (см. [раздел 2.3](#)). При отсутствии данных об их утилизации другим путем принимается, что вся масса таких отходов полностью размещается на СТО.

3.4 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ И ПАРАМЕТРОВ

3.4.1 Способный к разложению органический углерод (DOC)

Способный к разложению органический углерод (DOC) - это углерод биологического происхождения в составе отходов, который способен к биохимическому разложению под воздействием анаэробных условий на СТО. Его содержание измеряется как ГгС/Гг различных отходов, выражаемое в расчетах в массовых долях DOC. Оценка средневзвешенного значения содержания DOC для различных многокомпонентных категорий отходов (например, ТБО) основывается на их составе (по типам отходов) и может быть рассчитана согласно уравнению 3.8.

Уравнение 3.8

Оценка DOC для многокомпонентных отходов

$$DOC = \sum_x (DOC_x \cdot W_x),$$

где:

DOC = доля способного к разложению органического углерода в многокомпонентных отходах;

x = вид (тип) отходов;

DOC_x = доля способного к разложению органического углерода в виде отходов i;

W_x = доля вида отходов x в категории отходов.

Значения рекомендуемого для расчета содержания DOC можно найти в [таблицах 2.2](#) (для ТБО) и [2.4](#) (для промышленных отходов) в [главе 2](#). Рекомендуемые значения для отстоя сточных вод приведены в [разделе 2.4](#). Похожий подход может быть использован для оценки содержания DOC в других отходах, удаленных в регионе. Следует обратить внимание, что неактивная часть отходов (стекло, пластик, металл и другие неразлагающиеся отходы, см. таблицу 2.2, глава 2) является значимой при определении общего количества DOC в общей массе захороненных отходов.

При наличии необходимых данных рекомендуется использовать применимые к конкретным регионам значения DOC для каждого компонента отходов. Эта информация может быть получена из исследований процесса захоронения отходов и взятия проб со СТО, наряду с анализом содержания способного к разложению углерода в каждом компоненте таких отходов. В случае использования региональных значений следует указывать в докладе о кадастре год проведения исследований.

3.4.2 Доля фактически разложившегося способного к разложению органического углерода (DOC_f)

Доля фактически разложившегося способного к разложению органического углерода (DOC_f) - это оценочное значение той доли углерода, которая практически разложилась на СТО. В этой оценке учтено, что некоторая часть органического углерода на СТО не разлагается или разлагается очень медленно. Значение DOC_f зависит от многих факторов, таких как температура, влажность, pH, состав отходов и др. Рекомендуемое значение для DOC_f соответствует 0,5 (допуская, что среда

на СТО является анаэробной и значение DOC включает лигнин) (Межправительственная, 2006).

Региональные значения DOC_f или значения из схожих регионов могут быть использованы для DOC_f, однако они должны быть основаны на хорошо задокументированном исследовании. В расчете уровня 2 также могут быть использованы отдельные значения DOC_f, полученные для различных видов отходов, однако эффективная практика заключается в использовании этих значений только при наличии репрезентативных данных по составу отходов.

3.4.3 Поправочный коэффициент для метана (MCF) <4>

<4> Термин "поправочный коэффициент для метана" (MCF) в данном контексте нельзя путать с коэффициентом преобразования метана (MCF), упоминаемым в секторе "Сельское хозяйство".

Условия разложения отходов различаются в зависимости от условий места расположения отходов на СТО. Поправочный коэффициент для CH₄ (MCF) применяется в связи с тем фактом, конструктивные особенности свалки и применяемые на ней методы управления процессами складирования и разложения отходами, в том числе для контроля состояния свалки, определяют степень анаэробности условий. Таким образом, MCF отражает практику управления твердыми отходами на СТО.

Эффективная практика предполагает, чтобы регионы использовали отдельные данные или оценочные значения для количества отходов, захороненных на СТО различных категорий (Таблица 3.2). Только в том случае, когда регионы не могут классифицировать свои СТО, можно использовать MCF для "СТО вне категории".

Таблица 3.2

КЛАССИФИКАЦИЯ СТО И РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПОПРАВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ МЕТАНА (MCF) (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Тип свалки	Поправочный коэффициент для метана (MCF)
Управляемая - анаэробная	1,0
Управляемая - полу-анаэробная <2>	0,5
Неуправляемая <3> - глубокая (> 5 м отходов) и/или с высоким уровнем грунтовых вод	0,8
Неуправляемая <4> - неглубокие (< 5 м отходов)	0,4
СТО вне категории <5>	0,6

<1> Должны присутствовать находящиеся под контролем места для удаления отходов (т.е. отходы отправляются на специальные площадки, на которых в той или иной мере имеются контролируемая "продувка" отходов и контролируемая защита от возгорания) и при этом должно соблюдаться хотя бы одно из перечисленных условий:

(i) отходы чем-либо укрываются, (ii) осуществляется их механическая спрессовка, или (iii) или отходы укрываются послойно.

<2> Необходимо наличие находящихся под контролем мест для удаления отходов и при этом должно соблюдаться хотя бы одно их перечисленных условий: (i) отходы укрываются негерметичным материалом, (ii) имеются сточные дренажные системы, и (iii) вентиляционные системы.

<3> Глубокие и/или с высоким уровнем грунтовых вод: все СТО, не соответствующие критериям управляемых СТО и на которых глубина отходов превышает или равна 5 метрам и/или имеется высокий уровень грунтовых вод в верхнем уровне земли.

<4> Все СТО, не соответствующие критериям управляемых СТО и глубина которых не превышает 5 метров.

<5> Только в том случае, когда регионы не могут классифицировать свои СТО на четыре категории управляемых и неуправляемых СТО, можно использовать МСФ для "СТО вне категории".

Доля твердых отходов, удаленных на СТО и МСФ, отображают способ управления отходами и влияние структуры свалки и практики управления на образование CH_4 . Рекомендованные значения МСФ, приведенные в таблице 3.2, относятся к каждой из четырех категорий СТО. Следует учитывать, что классификация свалок в регионе на управляемые и неуправляемые может изменяться в течение лет при изменении способов обращения с отходами.

3.4.4 Доля CH_4 в газе, образованном на свалках (F)

Большинство отходов на СТО образуют свалочный газ (биогаз) с приблизительным 50-процентным содержанием CH_4 . Только материалы, включающие в свой состав значительное количество жира и масла, могут производить газ с содержанием CH_4 в размере более 50 процентов. Таким образом, значение доли CH_4 в биогазе, равное 0,5, может быть использовано как рекомендуемое значение для расчетов (Межправительственная, 2006).

При выборе региональных значений F следует учесть, что долю CH_4 в образованном газе со свалок нельзя путать с измерением CH_4 в газе, выброшенном со СТО. На СТО CO_2 поглощается фильтрационными водами, поэтому эффективная практика заключается в учете этого процесса при использовании таких данных.

3.4.5 Коэффициент окисления (OX)

Коэффициент окисления (OX) отражает количество, образовавшееся на СТО метана, которое окисляется в почве или в другом материале, покрывающем отходы. Этот процесс происходит с помощью метанотрофных микроорганизмов в поверхностных слоях и может затрагивать от пренебрежимо малого процента до 100 процентов произведенного CH_4 . Толщина, физические свойства и содержание влаги в поверхностных слоях напрямую влияют на этот процесс. Исследования показывают, что на хорошо организованных и управляемых СТО уровень окисления выше, чем на неуправляемых свалках.

Рекомендуемое значение для OX соответствует нулю (таблица 3.3). Использование коэффициента окисления в 0,1 оправдано для покрытых, хорошо контролируемых свалок, и определяет проникновения сквозь укрывной материал и просачивание через трещины. Важно помнить о том, что любые количества CH_4 , которые были рекуперированы из тела СТО, должны вычитаться из общего образовавшегося количества до того, как будет применен коэффициент

окисления.

Таблица 3.3

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОКИСЛЕНИЯ (ОХ)
(МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Тип свалки	Коэффициент окисления (ОХ)
Управляемая <1>, неуправляемая и СТО вне категории	0
Управляемая, укрытая СН ₄ окисляющим материалом <2>	0,1
<1> Управляемые, но не укрытые проветриваемым материалом. <2> Примеры: почва, компост.	

3.4.6 Период полураспада и постоянная реакции ЗПП (k)

Значение полураспада $t_{1/2}$ является временем, достаточным для разложения органического вещества в отходах до половины его первичной массы. Значение полураспада определяет скорость протекания реакции разложения на каждой СТО и зависит от широкого спектра факторов, связанных с составом отходов, климатическими условиями на ее территории, характеристикой СТО, практикой обращения с отходами и другими.

Для получения приемлемых по точности результатов по методу ЗПП, необходимо использовать исторические данные об удалении отходов за период, насчитывающий от 3 до 5 "периодов полураспада".

В модели ЗПП и уравнениях в данном разделе используется постоянная интенсивности реакции k . Отношение между временем полураспада и постоянной коэффициента протекания реакции k определяется уравнением 3.9:

Уравнение 3.9

Соотношение между полураспадом и постоянная реакции ЗПП

$$k = \ln(2) / t_{1/2},$$

где:

k = постоянная реакции (г^{-1});

$t_{1/2}$ = время периода полураспада (годы).

Существует два альтернативных подхода, чтобы выбрать период полураспада (или k) для проведения расчетов:

(а) рассчитать средневзвешенную $t_{1/2}$ для смешанных разных видов отходов (например, компонентов ТБО), этот подход предполагает, что разложение различных типов отходов полностью зависит друг от друга. Вариант (а) также подходит для регионов, не располагающими

достаточными данными по составу ТБО.

(b) разделить поток отходов на виды в соответствии с их скоростью разложения. Второй подход предполагает, что разложение различных видов отходов не зависит друг от друга и может применяться регионами, располагающими данными по составу отходов.

Для обоих вариантов рекомендуемые значения полураспада определяются как функция климатической зоны, так как содержание влаги на СТО является существенным элементом анаэробного разложения и образования CH_4 . С помощью региональных климатических данных возможно проведение оценки образования CH_4 в различных регионах (или районах региона). Например, уровень распада будет различным для регионов с жарким и влажным климатом и с жарким и сухим климатом.

Рекомендуемые значения k и соответствующий период полураспада приводятся ниже в таблице 3.4. Эти значения k основываются на характеристиках, используемых в развитых странах с умеренным климатом, поэтому разработчикам инвентаризации рекомендуется установить значения полураспада, применимые для конкретных регионов.

Таблица 3.4

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ k И СООТВЕТСТВУЮЩИХ ПЕРИОДОВ ПОЛУРАСПАДА ($T_{1/2}$) (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

		Климатическая зона <*>							
		Арктическая и умеренная (МАТ < 20 °С)				Тропическая <1> (МАТ > 20 °С)			
Тип отходов		Сухая (МАР/РЕТ < 1)		Влажная (МАР/РЕТ > 1)		Сухая (МАР < 1000 мм)		Сухая и влажная (МАР > 1000 мм)	
		k	$t_{1/2}$	k	$t_{1/2}$	k	$t_{1/2}$	k	$t_{1/2}$
Медленно разлагающиеся отходы	Бумажные/текстильные отходы	0,04	17	0,06	12	0,045	15	0,07	10
	Древесные отходы/солома	0,02 <2>	35 <2>	0,03	23	0,025	28	0,035	20
Умеренно разлагающиеся отходы	Другие (непищевые) органические/разложимые отходы из садов и парков	0,05	14	0,1	7	0,065	11	0,17	4
Быстро разлагающиеся	Пищевые отходы/отстой	0,06	12	0,185	4	0,085	8	0,4	2

ся отходы	сточных вод								
ТБО (в целом)		0,05	14	0,09	7	0,065	11	0,17	4
<p><*> Установлено из главы 3 Том 4 "Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования" (Межправительственная, 2006).</p> <p><1> Доступная информация по определению k и полураспада в тропических условиях ограничена.</p> <p><2> В данном диапазоне не включены в таблицу более длительные значения периода полураспада (до 231 года), полученные на свалках со средней ежедневной температурой < 0 °С.</p> <p>МАТ - среднегодовая температура; МАР - среднегодовая норма осадков; РЕТ - потенциальная эвапотранспирация. МАР/РЕТ - соотношение МАР к РЕТ. Среднегодовые региональные (районные) МАТ, МАР и РЕТ во временных рядах могут быть выбраны для проведения оценки выбросов.</p>									

3.4.7 Рекуперация метана (R)

Количество рекуперированного метана - это масса CH_4 , извлеченного из СТО в составе биогаза для сжигания в факелах или использования для получения энергии и тепла. Рекомендуемое значение для рекуперации CH_4 соответствует нулю. Рекуперация CH_4 должна быть учтена лишь в тех случаях, когда есть достоверные данные о деятельности соответствующих проектов. Эффективной практике соответствует подготовка отчетности, основанной на измерении количества всего рекуперированного газа и его состава или основанная на контроле количества полученного из газа электричества. Во всех случаях следует учитывать, что при оценке выбросов используется значение рекуперированного метана, а не биогаза. С учетом технологии извлечения метана, рекуперированный CH_4 должен вычитаться из количества, образовавшегося CH_4 до его окисления в верхнем слое СТО.

ГЛАВА 4. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

4.1 ВВЕДЕНИЕ

Методика расчета предназначена для оценки выбросов CH_4 и N_2O от биологической переработки твердых органических отходов в специально организованных местах. Документ содержит методологию для оценки выбросов от следующих категорий отходов:

- бытовые твердые отходы;
- отстой сточных вод (как из коммунальных, так и из промышленных очистных сооружений);
- промышленные (в т.ч. от сельского хозяйства) твердые отходы (исключая особо опасные и радиоактивные).

Компостирование навоза рассмотрено в [секторе "Сельское хозяйство"](#) (том 4) методических рекомендаций.

Компостирование и анаэробная переработка органических отходов применяется в некоторых регионах в качестве технологии обезвреживания и утилизации этих отходов. Преимущества биологической обработки включают: уменьшение объема отходов, их стабилизацию, уничтожение

патогенных микроорганизмов и выработку биогаза для дальнейшего использования. Образующиеся при этом конечные продукты могут, в зависимости от их качества, быть переработаны, либо использованы для улучшения почв, либо удалены на СТО.

Сведения по обработке отстоя совместно со стоками на водоочистных сооружениях содержатся в [главе 6](#) (Очистка и сброс сточных вод), и выбросы, образующиеся при этом процессе, относятся к категории "Очистка сточных вод". Однако, когда отстой, образующийся при очистке загрязненных стоков, переносится в сооружения биологической переработки, оценка выбросов от них производится в категории "Биологическая переработка твердых отходов", за исключением случаев, когда выбросы от сточных вод и их отстоя оцениваются совместно (см. [раздел 6.2.1.2](#), [6.2.2.2](#) и [6.3.2](#)).

Компостирование является в основном аэробным процессом, при котором в результате разложения отходов образуется CO_2 . Метан образуется в анаэробных участках компоста, однако, в большинстве случаев он окисляется до CO_2 перед выходом в атмосферу. Выбросы CO_2 имеют биогенное происхождение и поэтому в отчетность не включаются. При компостировании также могут образовываться выбросы N_2O . В плохо разлагающемся компосте более вероятно образование, как CH_4 , так и N_2O .

Анаэробное сбраживание органических отходов ускоряет естественное разложение органического материала без участия кислорода с помощью поддержания показателей температуры, содержания влаги и уровня pH, близких к их оптимальным значениям. В большинстве случаев эта технология используется в биогазовых установках, где образовавшийся при такой обработке отходов CH_4 рекуперируется и сжигается, в основном, с целью производства энергии. Таким образом, учитываемые выбросы CH_4 невелики и образуются в результате случайных утечек или других непредвиденных ситуаций. Выбросы N_2O , образующиеся при анаэробном сбраживании, являются незначительными, и эффективная практика не предполагает их учета в данной методологии.

При сжигании выделившегося в составе биогаза метана с целью получения энергии, образующиеся выбросы парниковых газов должны учитываться в секторе "Энергетика". В противном случае, они учитываются в текущей категории. Выбросы CO_2 имеют биогенное происхождение и поэтому регистрируются только в качестве дополнительной информации при учете выбросов в секторе "Энергетика". Тем не менее, выбросы при сжигании рекуперированного газа не являются значительными, так как выбросы CO_2 имеют биогенное происхождение, а выбросы CH_4 и N_2O очень малы, и поэтому эффективная практика [раздела "Отходы"](#) в методологии не предполагает их оценки.

В целом, биологическая обработка влияет на объем и состав отходов, подлежащих удалению на СТО, что должно быть учтено при расчете выбросов, образующиеся на СТО (глава 2 "Выбросы от захоронения отходов").

Оценка выбросов CH_4 и N_2O , образующихся при биологической обработке твердых отходов, включает следующие этапы:

Этап 1: Подготовить данные по количеству и категориям/видам твердых отходов, подвергающихся биологической переработке. Там, где данные недоступны, биологическая переработка твердых отходов может быть приравнена к нулю.

Этап 2: Оценить выбросы CH_4 и N_2O , образующиеся при биологической переработке твердых отходов, используя [уравнения 4.1](#) и [4.2](#). По возможности, использовать региональные

коэффициенты выбросов.

Этап 3: В случае, когда выбросы CH_4 от анаэробной переработки подвергаются рекуперации, необходимо вычесть количество рекуперированного газа из количества образованного CH_4 .

Разработчикам инвентаризации необходимо проверять отсутствие двойного учета между выбросами CH_4 и N_2O , от биологической переработки отстоя и выбросами от анаэробной обработки отстоя, приведенными в категории "Очистка и сброс сточных вод". Также, если выбросы, образованные в результате анаэробной переработки, подвергаются учету в рамках раздела "Биологическая обработка твердых отходов", разработчикам инвентаризации необходимо убедиться, что данные выбросы не включены также и в сектор "Энергетика".

Рабочие формуляры, подготовленные для определения выбросов парниковых газов при биологической переработке отходов, включены в [приложение](#) к данному тому.

4.2 ВЫБОР МЕТОДА РАСЧЕТА

Выбросы CH_4 и N_2O при биологической переработке отходов могут быть оценены с помощью метода, указанного в уравнениях 4.1 и 4.2.

Уравнение 4.1

Выбросы CH_4 при биологической переработке отходов

$$\text{Выбросы } \text{CH}_4 = \sum_j (BW_j \cdot EF_j) \cdot 10^{-3} - R,$$

где:

Выбросы CH_4 = общее количество выбросов CH_4 от биологической переработки отходов, Гг CH_4 ;

BW_j = масса органических отходов, подвергшихся переработке в соответствии с ее типом j , Гг;

EF_j = коэффициент выбросов для типа переработки j , г CH_4 /кг обрабатываемых отходов;

j = тип биологической переработки: компостирование или анаэробное сбраживание;

R = общее количество рекуперированного CH_4 , Гг CH_4 .

Уравнение 4.2

Выбросы N_2O при биологической переработке отходов

$$\text{Выбросы } \text{N}_2\text{O} = \sum_j (BW_j \cdot EF_j) \cdot 10^{-3},$$

где:

Выбросы N_2O = общее количество выбросов N_2O от биологической переработки отходов, Гг

N_2O ;

BW_j = масса органических отходов, подвергшихся биологической обработке в соответствии с ее типом j , ГГ;

E_{F_j} = коэффициент выбросов для переработки типа j , г N_2O /кг обрабатываемых отходов;

j = тип биологической переработки: компостирование или анаэробная.

Расчет может быть проведен по уровням:

Уровень 1: при расчетах используются рекомендуемые коэффициенты выбросов.

Уровень 2: при расчетах используются коэффициенты выбросов для конкретного региона.

Уровень 3: при расчетах используются данные непрерывных или периодических измерений, проводимых на конкретных установках или объектах.

4.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.3.1 Масса биологически переработанных отходов (BW)

Данные о деятельности по биологической переработке отходов могут основываться на региональной государственной статистической отчетности по управлению отходами, данных муниципальных или региональных властей, ответственных за управление отходами или от компаний по управлению отходами, а также от промышленных предприятий. Там, где данные недоступны, биологическая переработка твердых отходов может быть приравнена к нулю.

Должна быть предоставлена информация по видам/типам отходов (например, пищевые отходы и отходы, образующиеся в садах и парках), подвергшимся компостированию или анаэробной обработке в регионе, если таковая является доступной. Там, где это является возможным, данные по компостированию и анаэробной обработке должны быть собраны отдельно. Там, где данные недоступны, анаэробная переработка твердых отходов может быть приравнена к нулю.

Следует обратить внимание, что при проведении расчета выбросов парниковых газов от сооружений очистки сточных вод по уровню 1 выбросы от сточных вод и их отстоя оцениваются совместно (см. [раздел 6.2.1.2](#), [6.2.2.2](#) и [6.3.2](#)). Таким образом, при использовании этой методики выбросы CH_4 (для отстоя бытовых и промышленных стоков) и N_2O (для отстоя бытовых стоков) от захоронения отстоя на СТО не должны рассматриваться в разделе "Биологическая переработка отходов". В этом случае, отстой включается в расчет только при отсутствии учета выбросов от соответствующих стоков или в том случае, когда отстой из промышленных стоков не проходит биологическую обработку со стоками на водоочистных сооружениях до его извлечения.

4.3.2 Рекуперированный метан (R)

Количество рекуперированного метана от процесса анаэробного сбраживания должно быть вычтено из количества, образовавшегося CH_4 . В случае отсутствия дополнительной информации о выбросах CH_4 , образующихся в результате случайных утечек или других непредвиденных ситуаций в работе биогазовой установки, рекомендуется использовать 5 процентов в качестве значения для выбросов CH_4 (то есть 95 процентов образующегося метана рекуперируется)

(Межправительственная, 2006).

4.4 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Выбросы, образующиеся при компостировании и анаэробной переработке отходов на биогазовых установках, будут зависеть от таких факторов, как вид обрабатываемых отходов, количество и вид используемых вспомогательных материалов (таких как древесные стружки и торф), а также технологических особенностей процесса и параметров установки. В [таблице 4.1](#) приведены рекомендуемые МГЭИК факторы для выбросов CH_4 и N_2O при биологической обработке.

В расчетах уровня 2 коэффициенты выбросов должны основываться на данных, учитывающих соответствующие варианты биологической переработки, применяемые в конкретном регионе.

Рекомендуемые коэффициенты выбросов основываются на ограниченном количестве исследований. Эффективная практика заключается в последующем использовании современных данных для их улучшения. Затем, должны быть пересчитаны соответствующим образом оценочные показатели для всех расчетных лет.

Таблица 4.1

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH_4 И N_2O ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ОТХОДОВ (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Вид биологической переработки	Коэффициенты выбросов CH_4 (г CH_4 /кг отходов)		Коэффициенты выбросов N_2O (г N_2O /кг отходов)	
	на основе сухого веса	на основе сырого веса	на основе сухого веса	на основе сырого веса
Компостирование	10	4	0,6	0,3
Анаэробное сбраживание в биогазовых установках	2	1	Не учитываем	Не учитываем

Допущения для обрабатываемых отходов: 25 - 50% DOC в сухом веществе, 2% N в сухом веществе, Содержание влаги - 60%. Коэффициенты для сухих отходов рассчитаны на основании коэффициентов для влажных отходов, допуская, что содержание влаги соответствует 60% во влажных отходах.

ГЛАВА 5. СЖИГАНИЕ ОТХОДОВ

5.1 ВВЕДЕНИЕ

Методика расчета предназначена для оценки выбросов CO_2 и N_2O от сжигания отходов в специальных установках. Документ содержит методологию для оценки выбросов от следующих

категорий отходов:

- бытовые твердые отходы;
- отстой сточных вод (как из коммунальных, так и из промышленных очистных сооружений);
- промышленные твердые и жидкие отходы (исключая радиоактивные);
- Сжигание отходов сельского хозяйства рассматриваются в секторе "Сельское хозяйство" (том 4).

Сжигание отходов является одним из методов их обезвреживания и утилизации, а также одним из способов получения энергии и тепла. В предлагаемой методике сжигание отходов подразделяется на инсинерацию и открытое сжигание.

Инсинерация отходов - сжигание твердых и жидких отходов на контролируемых мусоросжигательных предприятиях. Чаще всего таким способом сжигают ТБО, промышленные отходы (в том числе особо опасные отходы и отходы медицинских учреждений) и отстой сточных вод.

Открытое сжигание отходов - в данной методологии к нему относятся сжигающие установки, в которых подача воздуха в камеру сгорания для поддержания необходимой температуры не контролируется, а время выдержки недостаточно для полного сгорания.

Как и любое другое сжигание, инсинерация и открытое сжигание мусора являются источниками выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O . Обычно, при инсинерации отходов CO_2 выделяется значительно больше, чем CH_4 и N_2O . Выбросы CH_4 при сжигании отходов являются результатом неполного сгорания и считаются незначительными, поэтому эффективная практика не предполагает их оценки в секторе "Отходы".

В секторе "Отходы" необходимо учитывать выбросы CO_2 только, если они образовались в результате сжигания отходов, содержащих углерод ископаемого происхождения (например, пластмасса, определенные виды текстиля, резина, жидкие растворители и отработанное масло). Выбросы CO_2 при сжигании биомассы (например, бумаги, продуктов питания и древесных отходов), содержащейся в отходах, являются биоэнергетическими выбросами и не включаются в оценку выбросов.

Выбросы при сжигании отходов с получением энергии или тепла включаются в сектор "Энергетика". В этом секторе учитываются выбросы CO_2 как ископаемого, так и биологического типа, но последние включаются только в качестве дополнительной информации.

В настоящей главе выбросы от использования газа, нефти или других видов топлива в процессе сжигания отходов не рассматриваются, так как данный вопрос освещен в разделе ("Энергетика").

Выбросы N_2O при сжигании ископаемых жидких отходов можно считать незначительными, и эффективная практика не предполагает их оценки в рамках предлагаемой методики.

Выбросы при сжигании отходов сельского хозяйства рассматриваются в секторе "Сельское хозяйство", том 4.

Общим подходом для расчета выбросов парниковых газов является оценка количества

сожженных сухих отходов (предпочтительно с разделением отходов по типу) и изучение связанных с данным процессом коэффициентов выбросов парниковых газов (предпочтительно исходя из информации для конкретного региона по содержанию углерода и доли ископаемого углерода). Для инсинерации отходов самые точные оценочные значения выбросов могут быть получены при разделении отходов на отдельные категории (например, ТБО, канализационные осадки, промышленные и другие отходы). Выбросы N_2O больше зависят от использованной технологии и условий инсинерации.

Оценка выбросов, связанных с сжиганием отходов, проводится в несколько этапов:

Этап 1. Подготовить данные по количеству и категориям/видам отходов, подвергшихся инсинерации и открытому сжиганию. При невозможности разделения данных все сжигание считается инсинерацией, а при полном отсутствии данных о деятельности сжигание отходов может быть приравнено к нулю.

Этап 2. Использовать рекомендуемые данные для определения содержания ископаемого углерода в различных категориях отходов, а также коэффициентов выбросов. По возможности, подобрать региональные данные о составе ТБО и коэффициентах выбросов.

Этап 3. Оценить выбросы CO_2 , используя [уравнения 5.1 - 5.3](#), и N_2O , используя [уравнение 5.4](#).

При совместном сжигании в печах нескольких категорий/видов отходов, эффективная практика заключается в проведении оценки выбросов для каждой категории/вида отходов отдельно.

Рабочие формуляры для оценки выбросов парниковых газов от сжигания отходов представлены в [приложении](#) к настоящему тому.

5.2 ВЫБОР МЕТОДА РАСЧЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫБРОСОВ CO_2

Метод оценки выбросов CO_2 при сжигании отходов основывается на оценке эффективности процесса окисления ископаемого углерода в сжигаемых отходах, зависящего от применяемых технологий сжигания.

Необходимо отметить наличие возможности двойного учета выбросов CO_2 в связи с тем, что отходы часто сжигаются на предприятиях для получения энергии или тепла.

5.2.1 Выбросы CO_2 от сжигания твердых отходов

Метод уровня 1 используется, когда выбросы CO_2 при сжигании отходов не являются ключевой категорией. Расчет выбросов CO_2 производится согласно уравнению 5.1 и базируется на оценке количества отходов, подвергнутого инсинерации или открытому сжиганию, с использованием рекомендуемых значений для содержания сухого вещества, общего содержания углерода, доли ископаемого углерода и коэффициента окисления.

Уравнение 5.1

Выбросы CO_2 от сжигания отходов

$$\text{Выбросы CO}_2 = \sum_{i,j} (ISW_{i,j} \cdot dm_{i,j} \cdot FCF_{i,j} \cdot OF_{i,j}) \cdot 44 / 12,$$

где:

Выбросы CO₂ = выбросы CO₂ в год, для которого выполняется инвентаризация, Гг/год;

ISW_{ij} = масса твердых отходов категории/вида i (вес влажного вещества), подвергнутых разным способам сжигания, Гг/год;

dm_{ij} = доля сухого вещества в отходах (во влажном весе), подвергнутых разным способам сжигания;

CF_{ij} = доля углерода в сухом веществе (общее содержание углерода) сжигаемых отходов;

FCF_{ij} = доля ископаемого углерода в общем количестве углерода сжигаемых отходов;

OF_{ij} = коэффициент окисления;

44/12 = коэффициент преобразования из C в CO₂;

i = категории отходов, подвергаемых сжиганию;

j = способ сжигания: инсинерация или открытое сжигание.

Для смешанных отходов известного компонентного состава (например, категории ТБО или промышленные), сжигаемых совместно, эффективная практика заключается в расчете выбросов CO₂ на основании данных о составе составляющих его видов (типов) отходов, как указано в уравнении 5.2.

Уравнение 5.2

Выбросы CO₂ от многокомпонентных отходов

$$\text{Выбросы CO}_2 = IWX \cdot \sum_x (WF_x \cdot dm_x \cdot FCF_x \cdot FCF_x \cdot OF_x) \cdot 44 / 12,$$

где:

Выбросы CO₂ = выбросы CO₂ от сжигания многокомпонентного отхода, Гг/год;

IWX = общая масса многокомпонентного отхода (влажный вес), подвергнутого инсинерации или открытому сжиганию, Гг/год;

WF_x = доля компонента x (по типу отходов) в отходе (во влажном весе), подвергнутого инсинерации или открытому сжиганию);

dm_x = доля сухого вещества в компоненте x в отходе, подвергнутого инсинерации или открытому сжиганию;

CF_x = доля углерода в сухом веществе (например, содержание углерода) компонента x;

FCF_x = доля ископаемого углерода в общем количестве углерода в компоненте x ;

OF_x = коэффициент окисления (доля);

$44/12$ = коэффициент преобразования из C в CO_2 ;

x = вид (тип) отходов, составляющий многокомпонентный отход.

Следует отметить, что при этом должно соблюдаться следующее условие:

$$\sum_x WF_x = 1$$

Если данные о деятельности по отходам доступны на основании сухого вещества, что предпочтительно, то можно использовать то же уравнение без указания содержания сухого вещества и влажности. Также, если используются данные по доле ископаемого углерода в сухом веществе, то CF_i и FCF_i необходимо объединить в один компонент.

При наличии отдельных данных по инсинерации и открытому сжиганию отходов эффективная практика заключается в проведении оценки выбросов отдельно для каждого типа сжигания и суммирование их итоговых результатов.

Расчет может быть проведен на следующих уровнях:

Уровень 1: использование данных по общему количеству отходов по категориям, рекомендуемых значений для коэффициентов выбросов.

Уровень 2: использование региональных значений для состава отходов и коэффициентов выбросов (уровень 2а, уровень 2б). В данном случае, [уравнения 5.1](#) и [5.2](#) применяются так же, как и для метода уровня 1.

Эффективная практика заключается в использовании метода уровня 2, когда выбросы CO_2 при сжигании отходов являются ключевой категорией или в случае если может быть получена или собрана более подробная информация.

Уровень 2а требует использования региональных данных о деятельности и рекомендуемых значений для других параметров ([уравнение 5.2](#)).

Для уровня 2б помимо использования региональных данных по составу отходов, требуется пользоваться данными по количеству сожженных отходов, разделенных по видам (типам) ([уравнение 5.1](#)) или составу ТБО (или других многокомпонентных отходов, [уравнение 5.2](#)), содержанию сухого вещества и углерода, доле ископаемого углерода и коэффициенту окисления. В случае наличия таких данных уровень неточности будет ниже, чем при использовании уровня 2а.

Уровень 3: используются данные по конкретным предприятиям, подробнее описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

5.2.2 Выбросы CO_2 при инсинерации жидких отходов

Жидкие отходы ископаемого топлива рассматриваются как особый тип отходов, сжигание которых является принятой практикой управления. Такие отходы не учитываются в разделе с

5.2.1.1, т.к. для данного типа отходов указанные формулы неприменимы. Если жидкие отходы ископаемого топлива не включены в другие типы отходов (например, промышленные отходы), то выбросы от них необходимо рассчитывать отдельно. Выбросы CO₂ при инсинерации жидких отходов ископаемого топлива можно оценить при помощи уравнения 5.3.

Уравнение 5.3

Выбросы CO₂ при инсинерации ископаемых жидких отходов

$$\text{Выбросы CO}_2 = \sum_i (ILW_i \cdot CLW_i \cdot OF_i) \cdot 44 / 12,$$

где:

Выбросы CO₂ = Выбросы CO₂ при инсинерации ископаемых жидких отходов, Гг;

ILW_i = количество сожженных ископаемых жидких отходов вида i, Гг;

CLW_i = доля углерода в ископаемых жидких отходах типа i;

OF_i = коэффициент окисления для ископаемых жидких отходов вида i (доля);

i = вид сжигаемых жидких отходов;

44/12 = коэффициент преобразования из C в CO₂.

При использовании в расчете рекомендованных коэффициентов выбросов, жидкие отходы не подразделяются на отдельные типы/виды.

Уровни оценки выбросов CO₂ при инсинерации жидких отходов ископаемого топлива приводятся ниже:

Уровень 1: при расчетах используются региональные данные о количестве сжигаемых жидких отходов и рекомендуемые коэффициенты выбросов.

Уровень 2: при расчетах используются региональные данные по видам сожженных отходов, содержанию в них углерода и коэффициенту окисления.

Уровень 3: необходимо использовать данные по каждому предприятию, подробнее описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

5.2.3 Выбор метода для определения выбросов N₂O

Закаись азота выделяется при относительно низких температурах сжигания - 500 - 950 °С. Другими важными факторами, влияющими на выбросы, являются тип системы контроля загрязнения воздуха, тип отходов и содержание в них азота, доля избыточного воздуха. Выбросы N₂O при сжигании ископаемых жидких отходов можно считать незначительными, и эффективная практика не предполагает их оценки в рамках данной методики.

Расчет выбросов N₂O основан на количестве отходов, подвергнутых инсинерации или открытому сжиганию, а также на коэффициентах выбросов, зависящих от применяемых технологий. Данная связь отражена в уравнении 5.4:

Уравнение 5.4

Выбросы N₂O, основанные на оценке общей массы сжигаемых отходов

$$\text{Выбросы N}_2\text{O} = \sum_{i,j} (IW_i \cdot EF_{i,j}) \cdot 10^{-6},$$

где:

Выбросы N₂O = выбросы N₂O от сжигания отходов в учитываемом в год, для которого выполняется инвентаризация, Гг/год;

IW_i = количество отходов типа i (вес влажного вещества), подвергнутого инсинерации или открытому сжиганию, Гг/год;

EF_i = Коэффициент выбросов N₂O (кг N₂O/Гг отходов) для отходов типа i, подвергаемых инсинерации или открытому сжиганию;

10⁻⁶ = коэффициент перевода килограмма в гигаграммы;

i = категории отходов, подвергаемых инсинерации/открытому сжиганию;

j = тип сжигания.

Оценка выбросов N₂O при сжигании отходов может проводиться на следующих уровнях расчета:

Уровень 1: использование региональных данных по общему количеству отходов, рекомендуемых коэффициентов выбросов и параметров.

Уровень 2: использование региональных значений количества сжигаемых отходов по категориям/видам (уровень 2a, уровень 2b) и коэффициентов выбросов для них. На этом уровне используется тот же метод расчета, что и на уровне 1. Если выбросы N₂O при инсинерации или открытом сжигании отходов являются ключевыми категориями, то эффективная практика заключается в использовании уровня 2.

Уровень 3: необходимо использовать данные по каждому предприятию, подробнее описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006).

5.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Данные о деятельности представляют количество отходов, сожженных с применением различных технологий. В [главе 2](#) (Данные об образовании отходов, их составе и управлении ими), приводится общее руководство по сбору данных о деятельности по управлению отходами, в том числе сжиганию. В контексте сжигания отходов, данные о деятельности должны включать в себя: количество и состав отходов, технологию сжигания, и содержание сухого вещества.

Так как категории/вид сжигаемых отходов и применяемая практика управления относится как к выбросам CO₂, так и N₂O, то выбор данных о деятельности не разделяется отдельно по каждому газу.

5.3.1 Количество сожженных отходов

Получение данных по количеству и категориям/видам сожженных на территории региона отходов (ISW, ILW, IWX) является основой для оценки выбросов. Использование данных об образовании отходов, указанных в [главе 2](#), возможно только при наличии информации о доле сжигаемых отходов. При отсутствии данных о такой деятельности сжигание отходов может быть приравнено к нулю. При невозможности разделения данных по каждой практике сжигания все сжигание считается инсинерацией. Данные об открытом сжигании отходов сельского производства следует исключить, так как они учитываются в секторе "Сельское хозяйство" (том 4).

Для исключения двойного учета выбросов с сектором "Энергетика", количество отходов, сожженных для получения энергии или тепла, должно быть исключено из общей массы сжигаемых отходов.

Данные по сжиганию отходов могут быть получены из государственной региональной статистической отчетности по обращению с отходами, а также следует использовать данные правительственных агентств и органов местного самоуправления, ответственных за управление отходами, а также промышленных организаций - источников таких отходов и организаций, специализирующихся на их утилизации путем сжигания.

При сборе данных стоит учитывать, что ТБО обычно сжигается без разделения на отдельные компоненты, а разные виды промышленных отходов часто утилизируются отдельно. Для определения состава ТБО при отсутствии конкретных данных о составе сжигаемых компонентов рекомендуется использовать данные [таблицы 2.3](#) из главы 2.

Более точная оценка выбросов может быть сделана при наличии данных по составу сжигаемых отходов (уровень 2). При наличии данных, эффективная практика заключается в разделении отходов, сожженных в печах и открыто и определении их состава там, где это возможно. При недоступности таких данных следует использовать региональные данные без разделения по типу отходов или способу сжигания.

При использовании данных о деятельности для оценки выбросов CO₂ и N₂O следует учитывать, что количество и состав отходов должен быть одинаков для обоих расчетов, за исключением данных о жидких отходах.

Жидкие отходы ископаемого топлива

Жидкие отходы рассматриваются как особая категория отходов (см. [раздел 2.5](#)). В секторе "Отходы" учитываются только выбросы CO₂ ископаемого происхождения, поэтому нет необходимости учитывать жидкие отходы биогенного происхождения (например, отработанное масло пищевой индустрии), за исключением случаев, когда биогенные и ископаемые масла смешаны, с преобладанием последних. Следует учесть, что жидкие отходы ископаемого топлива учитываются не во всех системах учета отходов. Если количество таких отходов выражено в объеме, то данное значение необходимо перевести в массу, используя данные по плотности.

5.3.2 Содержание сухого вещества (dm)

Содержание воды в отходах может быть значительным, поэтому при использовании данных о деятельности и коэффициентов разделяют сухой и влажный вес отходов. Содержание сухого

вещества в отходах является важным параметром для его определения. Если коэффициенты выбросов относятся к сухому весу, то вес сжигаемых отходов необходимо перевести из влажного веса в сухой. При отсутствии региональных данных в расчетах предлагается использовать данные по содержанию сухого вещества, для различных категорий/видов отходов приводимые в [таблице 5.1](#) и в [таблицах 2.2, 2.4 и 2.5](#).

5.4 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Коэффициенты выбросов в контексте инсинерации или открытого сжигания отходов соотносят объем выделенных парниковых газов с весом отходов, подвергнутых такому типу сжигания. В случае CO₂, также применяются данные по долевого содержанию углерода и ископаемого углерода в отходах. Для N₂O уровень выбросов главным образом зависит от типа обработки и технологии сжигания.

5.4.1 Коэффициенты выбросов CO₂

При инсинерации и открытом сжигании отходов следует оценивать выбросы CO₂ по расчетному содержанию ископаемого углерода в отходах. Рекомендуемые значения для параметров, связанных с коэффициентами выбросов, приводятся в [таблице 5.1](#), подробнее каждый параметр рассмотрен далее.

Таблица 5.1

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ CO₂ ПРИ СЖИГАНИИ ОТХОДОВ <*> (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006; КОММУНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ 2007)

<*> Значения, приведенные в процентах, при расчетах следует переводить в доли путем деления на 100.

Параметры	ТБО <1>	Промышленные отходы <2> (%)	Отходы мед. учреждений (%)	Осадки сточных вод <4> (%)	Ископаемые жидкие отходы <5> (%)
Содержание сухого вещества в % во влажном весе	Прим. 1	Нет данных	Нет данных	4 - 8	Нет данных
Содержание С в % в сухом весе	Прим. 1	50	60	33	80
Содержание ископаемого С % в общей массе углерода	Прим. 1	90	40	0	100
Коэффициент окисления в % от					

углерода					
- инсинерация	100	100	100	100	100
- открытое сжигание <3>	58	Не применяетс я	Не применяетс я	Не применяетс я	Не применяется
<p><1> Используйте рекомендуемые значения из таблиц 2.2 и 2.3 раздела 2.2 и уравнения 5.4, 5.5 и 5.6.</p> <p><2> Рекомендуемые значения по каждому виду промышленных отходов приводятся в таблице 2.5 в разделе 2.5. Для оценки выбросов используйте уравнения, указанные в Примечании 1.</p> <p><3> Когда отходы сжигаются открыто, вес остатков уменьшается примерно на 47 - 67 процентов. Рекомендуется использовать значение 58%.</p> <p><4> См. раздел 2.3.2 (Отстой сточных вод), глава 2.</p> <p><5> Общее содержание углерода в ископаемых жидких отходах представлено в процентном отношении к влажному весу, а не к сухому.</p>					

5.4.1.1 Общее содержание углерода (CF)

В то время как содержание углерода в сожженных отходах рассчитывается по их исходной массе, часть общего содержания углерода приходится на пластмассу и другие материалы, произведенные из ископаемого топлива. В [таблице 5.2](#) данного раздела и в [разделах 2.2, 2.4 и 2.5 главы 2](#) приводятся рекомендуемые значения содержания углерода для различных категорий/видов отходов. Дальнейшая информация по долям ископаемого углерода приведена ниже. Параметры общего содержания углерода в процентном отношении сухого веса и доли ископаемого углерода можно объединить в один параметр: содержание ископаемого углерода в процентном отношении к сухому весу.

5.4.1.2 Доля ископаемого углерода (FCF)

При определении выбросов от сжигания отходов желательно разделить углерод в отходах согласно его происхождению на биологический и ископаемый. Для расчета выбросов CO₂ при сжигании отходов используется количество ископаемого углерода в отходах. Доля ископаемого углерода будет отличаться в зависимости от категории и вида отходов. В общем, пластик содержит наивысшую долю содержания ископаемого углерода.

При наличии данных следует учитывать, как компонентный, так и элементный состав сжигаемых в печах отходов и использовать полученные данные при расчете выбросов. При отсутствии подобных данных, следует использовать рекомендуемые данные из [разделов 2.2, 2.4 и 2.5 главы 2](#) по процентному содержанию по массе ископаемого углерода для наиболее распространенных компонентов ТБО, а также для определенных категорий/видов промышленных и прочих отходов.

На уровне 2а, для оценки выбросов от ТБО при помощи [формулы 5.2](#), разработчикам инвентаризации рекомендуется использовать конкретные для региона данные по составу ТБО и рекомендуемые значения, которые приводятся в [разделе 2.2 главы 2](#).

5.4.1.3 Коэффициент окисления углерода (OF)

При сжигании отходов, большая часть содержащегося в них углерода окисляется до CO_2 . Незначительная часть C может окислиться не полностью в связи с недостатками процесса сжигания, в результате часть его не сгорает или частично окисляется до золы. Предполагается, что у мусоросжигательных печей эффективность близка к 100%, в то время как эффективность открытого сжигания значительно ниже. В [таблице 5.1](#) приводятся рекомендуемые МГЭИК коэффициенты окисления в зависимости от применяемой практики утилизации и типа отходов.

Если выбросы CO_2 определяются в регионе на основании используемой технологии или конкретного предприятия, то для определения коэффициента окисления эффективная практика заключается в использовании как количества золы (зольный остаток и зольная пыль), так и содержания углерода в золе.

5.4.2 Коэффициенты выбросов N_2O

Выбросы N_2O при сжигании отходов зависят от технологии и условий сжигания, использованной технологии уменьшения выбросов NO_x , а также состава таких отходов. При отсутствии региональных данных эффективная практика состоит в применении приведенных в [таблице 5.2](#) рекомендуемых коэффициентов выбросов N_2O для различных категорий отходов и практик управления. Также могут быть использованы данные регионов, в которых применяются аналогичные технологии.

Следует отметить, что указанные выше коэффициенты выбросов N_2O при сжигании отходов имеют относительно высокий уровень погрешности и рекомендуется использовать данные по конкретному региону. Данные могут быть получены из отчетов конкретных предприятий и исследовательских проектов. При необходимости, коэффициенты выбросов N_2O могут быть получены из измерений выбросов. Коэффициенты выбросов N_2O отражают технологию очистки выбросов и отличаются в зависимости от предприятия и химического состава сжигаемых отходов.

Таблица 5.2

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ N_2O ПРИ СЖИГАНИИ ОТХОДОВ (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Категория отходов	Технология/практика управления	Коэффициент выбросов ($\text{г N}_2\text{O/т отходов}$)	Тип веса
КТО	печи постоянного и полупостоянного режима работы	50	влажный вес
КТО	печи периодического действия	60	влажный вес
КТО	открытое сжигание	150	сухой вес
Промышленные отходы	все типы инсинерации	100	влажный вес

Осадки сточных вод (за исключением канализационных осадков)	все типы инсинерации	450	влажный вес
Канализационные осадки	инсинерация	990	сухой вес
		900	влажный вес

ГЛАВА 6. ОЧИСТКА И СБРОС СТОЧНЫХ ВОД

6.1 ВВЕДЕНИЕ

В настоящей методологии, оценка выбросов парниковых газов от обработки и сброса сточных вод включает выбросы от следующих категорий источников:

- выброс CH_4 от очистки бытовых сточных вод;
- выброс CH_4 от очистки промышленных стоков;
- выброс N_2O от сточных вод.

Выбросы от отстоя сточных вод, утилизированных путем захоронения на СТО, компостирования и сжигания, рассматриваются в соответствующих главах 3 "Захоронение отходов", 4 "Биологическая переработка отходов" и 5 "Сжигание отходов";

В методических рекомендациях не учитываются следующие выбросы:

- выбросы CO_2 из очищаемых сточных вод, так как углерод в таких выбросах имеет биогенное происхождение;
- выбросы CO_2 и N_2O при рекуперации и сжигании биогаза от систем очистки сточных вод;
- выбросы N_2O от систем нитрификации и денитрификации сточных вод на очистных сооружениях.

Под сточными водами в России понимаются воды, образующиеся в результате хозяйственно-бытовой деятельности людей (бытовые сточные воды, в том числе сток с территорий) и деятельности производств (производственные сточные воды). Сточные воды могут быть удалены в необработанном виде в окружающую среду, а могут подвергнуться обработке, снижающей ее загрязненность. И в том и в другом случае стоки могут быть предварительно собраны через систему водоводов или нет.

Коллекторы для сбора стоков (в некоторых случаях и сброса) могут быть открытого или закрытого типа. Считается, что закрытые системы в виде трубопроводов и закрытых каналов являются незначительным источником CH_4 . С открытыми коллекторами в виде каналов и канав дело обстоит иначе, поскольку они подвергаются воздействию солнечных лучей, в них вода может застаиваться, тем самым позволяя CH_4 выделяться в анаэробных условиях.

Для снижения вредного воздействия стоков на окружающую среду и здоровье человека, сточные воды собирают и пропускают через специальные системы очистки сточных вод. Состав таких сооружений зависит от характеристики и количества поступающих на очистку стоков,

требуемой степени их очистки, метода обработки осадка и местных условий. При создании анаэробных условий в сточных водах они могут стать источником метана (CH_4), а также закиси азота (N_2O). Выбросы диоксида углерода (CO_2) из них в секторе "Отходы" не учитываются, поскольку имеют биогенное происхождение.

Системы сбора, очистки и сброса сточных вод могут отличаться в разных регионах, а также в сельских и городских населенных пунктах и на отдельных предприятиях в зависимости от доступного технического оснащения и необходимого уровня очистки стоков. В отдельных случаях, возможен сброс (в том числе несанкционированный) стоков в водные объекты без очистки.

Наиболее распространенным методом очистки стоков является использование централизованных аэробных водоочистных сооружений и отстойников для бытовых и промышленных сточных вод. Для очистки высоко загрязненных промышленных стоков используют специализированные установки (в том числе анаэробные) в зависимости от уровня и состава загрязнений. Централизованные водоочистные системы обычно организованы в населенных пунктах как комплекс инженерных и биологических сооружений для сбора, очистки и отведения бытовых сточных вод в водные объекты. В эту систему очистки могут приниматься и стоки промышленных предприятий, отвечающие по их физико-химическим характеристикам правилам их приема в системы канализации этих населенных пунктов.

Промышленные предприятия могут как организовывать свою систему очистки стоков (в том числе для предварительной очистки стоков перед их сбросом в бытовую канализационную систему), так и передавать стоки в коммунальную систему очистки. Сточные воды, не загрязненные в процессе производства, используются в системах производственного водоснабжения предприятия или передаются другому потребителю.

Бытовые сточные воды от одного или нескольких домашних хозяйств так же могут очищаться на локальных системах септической очистки, состоящих из анаэробных подземных резервуаров и дренажной области для сточных вод из них.

Очищенные стоки могут быть переданы для вторичного использования или поступают в водные объекты, как поверхностные, так и подземные, а также фильтруются в почву.

Для очистки сточных вод применяют 3 основных метода обработки: механический, биологический (основан на способности биологических организмов разлагать загрязняющие вещества) и химический (с применением реагентов), а также их комбинации. При механической обработке физически устраняют более крупные твердые загрязнители и макрочастицы. Биологическая обработка состоит из комбинации различных анаэробных и аэробных процессов, способствующих разложению загрязняющих веществ с помощью микроорганизмов. На третьем этапе проводится доочистка и дезинфекция стоков от оставшихся загрязнений различными методами.

На всех этапах очистки сточных вод возможно образования осадка (отстоя) сточных вод. Его обычно подвергают дальнейшей обработке перед утилизацией, в том числе стабилизации, высушиванию и некоторым другим методам. Отстой, содержащий большое количество биологически разложимых веществ (образованный при вторичной и третичной обработке) подвергают анаэробному сбраживанию в метантенках либо анаэробному в реакторах перед его утилизацией. На сооружениях очистки сточных вод используют различные конструкции метантенков, в том числе оснащенные системами отведения, сбора и утилизации биогаза.

Выбросы при сжигании биогаза в факелах не являются значительными, так как выбросы CO_2 имеют биогенное происхождение и не входят в отчетность сектора "Отходы", а выбросы CH_4 и N_2O очень малы, поэтому эффективная практика раздела "Отходы" не предполагает их оценки.

На рисунке 6.1 показаны различные пути очистки и сброса сточных вод.

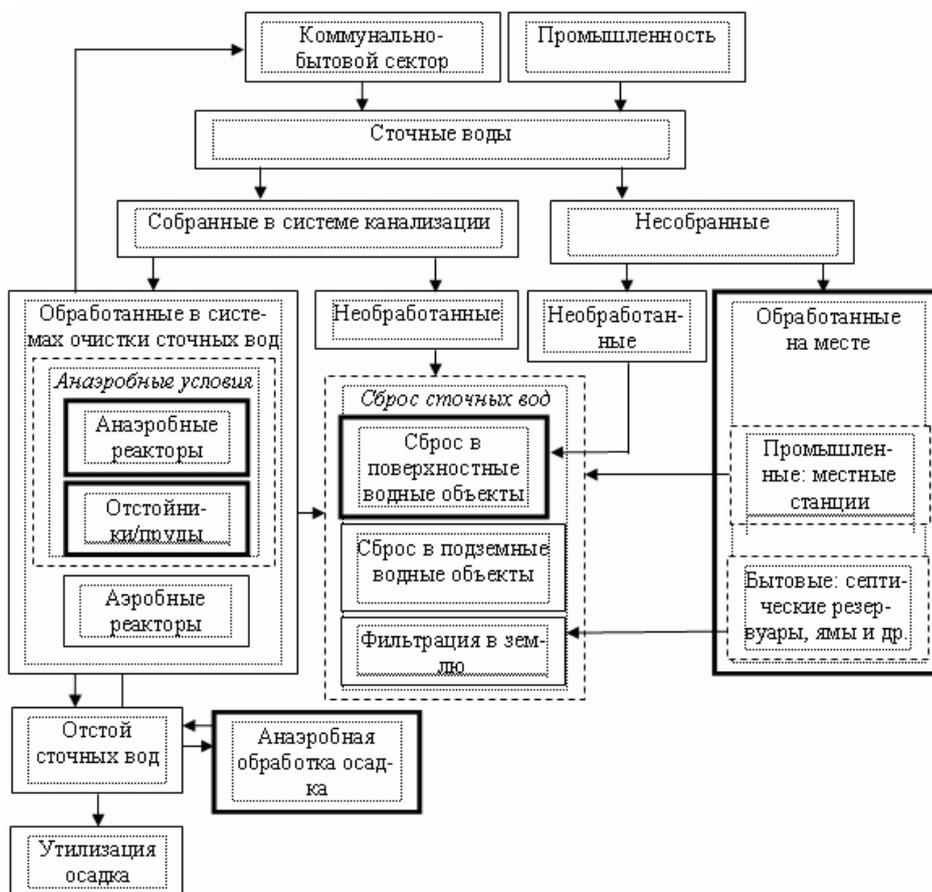


Рисунок 6.1 - Основные системы очистки сточных вод и пути сброса <*>

<*> Выбросы, указанные в блоках, выделенных жирной линией, учитываются в данной главе. Для промышленных стоков весь цикл очистки может проходить в рамках одного крупного предприятия. На любом этапе обращения со стоками может быть задействован экспорт/импорт стоков из другого региона.

Выделение метана (CH_4)

Сточные воды, а также компоненты их отстоя при анаэробном распаде могут выделять CH_4 . Объем выделяемого метана в первую очередь зависит от количества разлагаемых органических материалов в стоках, температуры и особенностей системы обработки. При повышении температуры увеличивается также и количество выделяемого метана, а при температуре ниже 15°C значительные выделения CH_4 маловероятны.

Стандартными характеристиками для измерения количества органического компонента в сточных водах являются Биохимическая потребность в кислороде (БПК) и Химическая потребность в кислороде (ХПК). Концентрация БПК указывает только на количество углерода, способного к аэробному биологическому разложению. Стандартным методом измерения для определения БПК является пятидневный тест, обозначенный как БПК₅. Термин "БПК" в данной главе относится к БПК₅. ХПК измеряет общее количество материала, доступного для химического окисления (как разлагаемого, так и неразлагаемого) <5>. Как правило, БПК используется для бытовых сточных вод, а ХПК для промышленных.

<5> В настоящем руководстве ХПК понимается как химическая потребность в кислороде, измеренная бихроматным методом.

Выделение закиси азота (N₂O).

Закись азота (N₂O) сопутствует распаду азотных компонентов в сточных водах, таких как мочевина, соль азотной кислоты и белок. Прямые выбросы N₂O могут возникать на очистных станциях с удалением биогенных элементов, а косвенные - в водоемах, принимающих стоки. Бытовые сточные воды включают сточные воды, полученные в результате деятельности человека, смешанные с другими хозяйственными отходами, которые могут включать отходы из душевых водостоков, сливных систем, стиральных машин и т.д. Прямые выбросы N₂O могут возникать как в ходе нитрификации, так и в ходе денитрификации присутствующего азота. Оба эти процесса могут происходить как на очистных станциях, так и в водоемах, принимающих стоки. Нитрификация является аэробным процессом, преобразовывающим аммиак и другие азотные соединения в соль азотной кислоты, в то время как денитрификация происходит при анаэробных условиях (без свободного кислорода), и включает биоконверсию соли азотной кислоты в молекулярный азот. Закись азота может стать продуктом обоих процессов, но чаще его ассоциируют с процессом денитрификации.

Системы очистки и сброса и потенциал выработки CH₄ и N₂O

Системы очистки и различные пути сброса органических загрязняющих веществ, которые обеспечивают анаэробные условия, как правило, выделяют CH₄, в то время как системы, обеспечивающие аэробные условия, как правило, выделяют незначительное количество CH₄, или вообще не выделяют его. В [таблице 6.1](#) представлены основные системы очистки и сброса и их потенциал к выделению CH₄, выделяемые по главным сооружениям.

Основное количество CH₄ выделяется в процессе биологической очистки стоков и обработки осадков при деятельности метанообразующих микроорганизмов в анаэробной среде. При этом сооружения аэробной биологической очистки (в том числе аэротенки, отстойники и др.) применяют как основные для очистки сточных вод от органических загрязнений, поддающихся биохимическому разложению, и соединений азота. Для сточных вод, высококонцентрированных по органическим загрязнениям, используют сооружения анаэробной биологической очистки. Выделяющийся CH₄ в составе биогаза может быть рекуперирован и сожжен, снизив общее его выделение в атмосферу.

Выбросы N₂O от из загрязненных стоков, сбрасываемых в водные объекты, считаются более значительными, чем выбросы от очистных станций (из-за их незначительности они не рассматриваются в методологических рекомендациях).

ПОТЕНЦИАЛ ВЫБРОСОВ CH_4 И N_2O ДЛЯ СИСТЕМ ОЧИСТКИ И СБРОСА
СТОЧНЫХ ВОД И ОТСТОЯ (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Типы систем очистки и утилизации		Потенциал выбросов CH ₄ и N ₂ O		
Собран ные	Необраб отанные	Сброс сточных вод в моря, реки и озера		Стоячие поверхностные водные объекты с недостатком кислорода могут теоретически привести к анаэробному разложению и производству CH ₄ . Реки, озера и лиманы - вероятные источники N ₂ O
		Канализации (закрытые и подземные каналы и трубы)		Не являются источником CH ₄ /N ₂ O.
		Канализации (сети открытых каналов, желобов и канав)		Стоячие канавы, переполненные коллекторы или желоба/каналы вероятный источник значительного количества CH ₄ .
	Обработ анные	Аэробная обработка	Централизованные аэробные водоочистные сооружения	Могут вырабатывать небольшое количество CH ₄ из анаэробных карманов и отстойных бассейнов Плохо оснащенные или контролируемые аэробные водоочистные сооружения становятся источником CH ₄ . Современные очистные сооружения с удалением биогенных элементов (нитрификация и денитрификация) являются источниками небольших, но постоянных выбросов N ₂ O.
			Анаэробная обработка отстоя в централизованных аэробных водоочистных сооружениях	Отстой может стать источником значительного количества CH ₄ , в том случае, если выделяемый CH ₄ не рекуперруется для сжигания.
			Аэробные неглубокие пруды-усреднители	Маловероятный источник CH ₄ /N ₂ O. Плохо оснащенные или контролируемые аэробные водоочистные сооружения становятся источником CH ₄ .

		Анаэробная обработка	Анаэробные отстойники	Вероятный источник CH_4 . Не являются источником N_2O .
			Анаэробные реакторы	Могут стать источником значительного количества CH_4 , в том случае, если выделяемый CH_4 не рекуперруется для сжигания.
Несобранные	Резервуары септической очистки			Частое удаление отходов уменьшает выбросы CH_4
	Открытые ямы/Отхожие места			Выгребные ямы/Отхожие места могут быть источником CH_4 при благоприятной температуре и времени пребывания.
	Сброс сточных вод в моря, реки и озера			Смотри выше.

Выбросы от сточных вод, повторно используемых (в т.ч. для орошения) и в водооборотных системах в методике не рассматриваются. Выбросы от захоронения, компостирования и инсинерации отстоя сточных вод не включаются в категорию "Очистка и сброс сточных вод", а рассматриваются в [главе 3](#) ("Захоронение твердых отходов"), [главе 4](#) ("Биологическая переработка твердых отходов") и в [главе 5](#) ("Сжигание отходов") соответственно.

6.2 ВЫБРОСЫ МЕТАНА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Расчет для определения выбросов CH_4 из сточных вод может быть проведен по уровням:

Уровень 1: используются региональные данные о распределении сточных вод по системам очистки, для определения коэффициента выбросов и других параметров деятельности используются рекомендуемые значения. При использовании этого подхода выбросы от сточных вод и их отстоя оцениваются совместно, и количество удаленного отстоя считается равным нулю.

Уровень 2: предусматривает использование региональных данных о деятельности и коэффициентов выбросов, в том числе основанных на эксплуатационных измерениях выбросов из водоочистных систем. Эффективная практика на этом уровне расчетов предполагает учет количества органического компонента, извлеченного в качестве осадка сточных вод и удаленного из водоочистных сооружений для дальнейшей утилизации.

Уровень 3: подробнее описан в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006). Для расчета используются региональные данные и параметры, а также методики, основанные на конкретных данных для установок на крупных водоочистных сооружениях.

Метан, собранный на анаэробных сооружениях, может быть рекуперирован и сожжен в факеле или использован в энергетической установке. Количество CH_4 , извлеченного для этих целей, должно быть вычтено из общего количества выбросов метана.

6.2.1 Бытовые сточные воды

6.2.1.1 Выбор метода

Бытовые сточные воды очищаются как в централизованных аэробных очистных сооружениях, так и в локальных - отхожих ямах или системах септической очистки, а также, в некоторых случаях сбрасываются без очистки в водные объекты. Для расчета выбросов CH_4 из бытовых сточных вод эффективная практика предполагает следующие этапы:

Этап 1: Выбрать путь и систему (см. [рисунок 6.1](#)) в соответствии с региональными данными о деятельности. Использовать [уравнение 6.4](#) для определения коэффициента выбросов для каждой системы очистки/сброса бытовых сточных вод.

Этап 2: Использовать [уравнение 6.2](#) или [6.3](#) для оценки количества способного к органическому разложению вещества в сточных водах.

Этап 3: Использовать [уравнение 6.1](#) для оценки выбросов, с учетом удаления отстоя и/или рекуперации CH_4 .

Как упоминалось ранее, количество выбросов метана зависит как от массы поступивших в сточные воды органических веществ, так и от характеристик систем их сбора, очистки и сброса.

Оценка выбросов CH_4 основана на определении доли сточных вод, обработанных или удаленных каждой определенной системой. При расчете может учитываться удаление органических веществ с отстоем сточных вод. Следует обратить внимание, что выбросы CH_4 из утилизированных или использованных осадков не входят в категорию "Очистка и сброса сточных вод".

Применяемые водоочистные сооружения/пути сброса обычно отличаются в сельских и городских районах, а также в зависимости от объема сточных вод, подлежащих очистке. Эффективная практика заключается в рассмотрении трех категорий по отдельности: сельского населения, городского населения и городского населения, проживающего на высоко урбанизированных территориях.

Рабочие формуляры представлены в [приложении](#) к настоящему тому.

Общее уравнение для оценки выбросов CH_4 из сточных вод по уровню 1 выглядит следующим образом:

Уравнение 6.1

Общее количество выбросов CH_4 из бытовых сточных вод

$$\text{Выбросы } \text{CH}_4 = \sum_{i,j} [(U_i \cdot T_{i,j} \cdot EF_j) \cdot (TOW - S_i) - R_i],$$

где:

Выбросы CH_4 = выбросы CH_4 от бытовых сточных вод, CH_4 кг/год;

TOW = общее количество органических веществ в сточных водах, БПК кг/год;

$T_{i,j}$ = степень применения систем очистки/сброса j , для каждой группы населения i ;

U_i = доля населения в группах по урбанизации i ;

i = группы населения по степени урбанизации: сельское, городское и городское, проживающее на высоко урбанизированных территориях;

j = каждый путь или система очистки/сброса;

EF_j = коэффициент выбросов от каждой использованной системы очистки/сброса, кг CH_4 /кгБПК;

R = количество рекуперированного метана, CH_4 кг/год.

6.2.1.2 Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности для данной категории источников представляют собой массу разлагаемого органического вещества в сточных водах, собираемых и очищаемых в различных системах, а также количество рекуперированного метана. Основу для оценки этих значений представляют данные о населении или сбросе сточных вод.

Общая статистика народонаселения должна быть доступна из демографических региональных статистических данных. Остальные данные могут быть получены из данных

региональной статистической отчетности о водоотведении и очистке сточных вод, отчетов организаций коммунального комплекса, осуществляющих очистку сточных вод, региональных органов власти, отвечающих за управление водными ресурсами, а также научных исследований.

Общее количество органически разлагаемого вещества в сточных водах (TOW)

Общее количество биологически разлагаемого вещества в сточных водах (TOW) зависит как от численности населения (использующего региональные системы очистки/сброса), так и от средней величины образования БПК на 1 человека. Для уровня 1 его значение может быть получено согласно уравнению 6.2:

Уравнение 6.2

Общая масса органически разлагаемых веществ
в бытовых сточных водах

$$TOW = P \cdot BOD \cdot 0,001 \cdot 365 \cdot I,$$

где:

TOW = Общая масса органических веществ в сточных водах, БПК кг/год;

P = количество населения год, человек/год;

BOD = образование БПК на одного жителя, г/человек/сутки;

0,001 = перевод из граммов БПК в килограммы БПК;

365 = перевод из суток в год;

I = поправочный коэффициент для дополнительных промышленных сбросов БПК в систему коммунально-бытовой канализации.

Рекомендованное значение загрязняющих веществ, приходящихся на одного жителя, для расчета по уровню 1, составляет 60 БПК г/человек/сутки (СП 42.13330.2011, 2010).

Показатель I в [уравнении 6.2](#) определяет количество БПК в стоках различных предприятий общественного назначения (например, рестораны или продуктовые магазины), которые также смешаны с бытовыми сточными водами. При наличии экспертной оценки или информации о таких сбросах, например, из разрешений на промышленные выбросы, рекомендуется улучшить этот показатель. В противном случае, рекомендуемое значение для I составляет для собранных сточных вод 1,1, а для несобранных - 1,0 (СП 32.13330.2012, 2012; Межправительственная, 2006).

Для оценки TOW по уровню 2 могут быть использованы региональные данные о поступлении загрязняющих веществ в каждую систему очистки/стока, их значения могут быть получены согласно уравнению 6.3. В этом случае [уравнение 6.1](#) должно быть модифицировано для их учета.

Уравнение 6.3

Масса органически разлагаемых веществ в системах

очистки бытовых сточных водах

$$TOW_j = V_j \cdot C_j \cdot 0,001,$$

где:

TOW_j = масса органических веществ в сточных водах системы j , БПК кг/год;

j = каждый путь или система очистки;

V_j = объем очищаемых/сбрасываемых сточных вод, м³/год;

C_j = концентрация органических веществ в сточных водах, г БПК/м³;

0,001 = перевод из граммов БПК в килограммы БПК.

При отсутствии отдельных региональных данных об объемах определенного стока (например, очищаемого на месте в неканализованных районах) могут быть использованы рекомендованные значения по водоотведению и загрязнению из СП 32.13330.2012 "Канализация. Наружные сети и сооружения" (СП 32.13330.2012, 2012) и СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений (СП 42.13330.2011, 2010) или аналогичные региональные значения.

Количество органического компонента, извлеченного в качестве осадка (S)

Под величиной извлеченного осадка (S) понимается то его количество отстоя и ила, которое утилизируется путем захоронения на СТО, сжигания и компостирования, а также используется для других целей. Выбросы CH₄ из этих осадков в этом случае не включаются в категорию "Очистка и сброс сточных вод". Данные об осадках (в том числе его массе и количестве органического вещества), используемые в этих главах и настоящем разделе, должны быть согласованы между собой.

Отстой образуется при всех этапах обработки. Образованный на втором и третьем этапе ил, содержащий много органических веществ, обычно используют для очистки сточных вод и подвергают дополнительной обработке, в том числе в анаэробных (метантенки) и аэробных сооружениях станций очистки перед конечной утилизацией.

При использовании рекомендованных коэффициентов выбросов при расчете по уровню 1, выбросы метана от осадков, обрабатываемых непосредственно на аэробных и анаэробных (метантенки) сооружениях очистки сточных вод совместно с загрязненными стоками, учитываются совместно со стоками. Таким образом, масса удаляемого ила принимается равной нулю.

Эффективная практика при расчете на уровне 2 предполагает учет количества органического компонента, извлеченного в качестве осадка. Количество органического компонента (БПК кг/год), извлеченного в составе осадка при обработке сточных вод, должно быть вычтено из его общего количества в загрязненных стоках. При отсутствии данных об образовании осадка сточных вод в расчетах используется рекомендованное значение его образования на 1 жителя или на объем образующихся стоков из [раздела 2.3 главы 2](#) "Данные об образовании отходов, их составе и управлении ими" (в зависимости от исходных параметров расчета). Также может быть принят во внимание объем жидких отходов, вывозимых из выгребных ям и прочих сооружений сбора и

очистки стока на неканализованных территориях.

Количество рекуперированного CH_4 (R)

Метан, собранный в составе биогаза на отдельных сооружениях очистки стоков (чаще всего это метантенки), может быть рекуперирован и сожжен, в том числе для получения энергии и тепла. Количество CH_4 , утилизированного таким образом, должно быть вычтено из общего количества его выбросов. При отсутствии информации по рекуперации CH_4 , для расчетов принимается значение, равное нулю.

При наличии сведений о сборе и сжигании биогаза от метантенков, но отсутствии точных данных о его количестве, рекомендуется принимать, что доля времени работы метантенков без сжигания (со сбросом биогаза в атмосферу) в общем фонде рабочего времени составляет 0,01 (Гюнтер, 1996). При этом считается, что весь образованный газ используется для получения энергии. При использовании региональных данных об объеме (или массе) рекуперированного биогаза их следует пересчитывать для получения данных о соответствующей массе метана.

Степень применения систем очистки/сброса (T) для жителей территорий с разной степенью урбанизации (U)

С учетом зависимости конструктивных особенностей системы сбора и очистки/сброса бытовых сточных вод от объема и уровня загрязнения очищаемого стока, а также финансовых и технических возможностей населенных пунктов, оценить степень их применения в регионе возможно различными способами.

В России в широких масштабах применяются только аэробные методы централизованной очистки коммунально-бытовых стоков. По ряду причин, в том числе из-за климатических условий, анаэробные пруды и подобные им сооружения почти не применяются. В этих системах водоочистки объектами, от которых возможна эмиссия метана, являются плохо работающие аэробные сооружения и сооружения по анаэробной обработке осадков (метантенки), входящие в комплекс очистных сооружений (Гюнтер, 1996).

В связи с этим, выброс метана от бытовых сточных вод для расчетов рекомендуется определять, как выброс от следующих типов систем очистки и сброса (см. [таблицу 6.2](#) и источники метана на [рисунке 6.1](#)):

- централизованных систем с аэробной биологической очисткой стоков и анаэробной обработкой осадков в метантенках (система 1);
- централизованных систем с аэробной биологической очисткой стоков, не оборудованных метантенками (система 2);
- системы с обработкой стока на месте и использованием септических резервуаров (система 3);
- различных систем с обработкой стока на месте и использованием сливных ям/отхожих мест (система 4).

Основной косвенной характеристикой, отражающей пути очистки сточных вод в России, является обеспечение жилого фонда канализацией (водоотведением). Жилая площадь считается оборудованной канализацией, если внутри дома имеется канализационное устройство для стока

хозяйственно-фекальных вод как в уличную канализационную сеть, так и в поглощающие колодцы или местный отстойник. В первом случае сточные воды могут транспортироваться на станцию централизованной очистки бытовых стоков.

Для оценки степени применения в регионе централизованных систем очистки/сброса (системы типа 1 и 2) рекомендуется использовать значение доли площади жилого фонда (как городского, так и сельского), оборудованного централизованной канализацией (водостоком).

Системы типа 2 по умолчанию используются для населения, проживающего в городах с численностью жителей, более 100000 человек (и все население таких городов считается охваченным системами централизованной канализации) (СП 32.13330.2012, 2012).

Системы с обработкой стока на месте и использованием септических резервуаров рекомендуется определять, как используемые для домов, имеющих канализацию, но не централизованную. При сложностях с разделением канализационных систем на местные и центральные может быть использована как экспертная оценка, так и принадлежность домов к городским и сельским населенным пунктам и их численность.

Для всех остальных домов и квартир принимается, что они используют сливные ямы/отхожие места для утилизации бытовых сточных вод.

При наличии данных о сливе сточных вод без очистки в окружающую среду этот путь сброса включается в расчет как отдельная система очистки/сброса (система 4).

При оценке исходных данных следует обратить внимание, что суммарный поток сточных вод должен составлять 100% от всех сточных вод в регионе. Промышленные сточные воды, обработанные в системах очистки бытовых сточных вод, должны также включаться в расчет.

Количество органических загрязнений, поступающих в такие системы, определяет количество городских и сельских жителей, проживающих в таких условиях. Так как плотность населения в сельских и городских районах отличается, в расчете используется показатель U , отражающий урбанизацию региона, т.е. доли городских и сельских жителей, пользующихся каждой системой очистки/сброса. Эффективная практика заключается в рассмотрении трех категорий по отдельности: сельского населения, городского населения и городского населения, проживающего на высоко урбанизированных территориях.

На всех уровнях расчета эффективной практикой является разделение стоков по путям очистки/сброса с учетом региональных условий. Для того чтобы определить, какой тип системы очистки или сброса использовать, эффективная практика состоит в том, чтобы обратиться к региональной статистике по водопользованию и водоотведению, а также данным региональных водоканалов и ассоциаций по проблемам сточных вод. В иных случаях можно применить экспертную оценку (см. [том 1](#)). Остальные данные могут быть получены из региональной государственной статистики по благоустройству жилого фонда и демографии региона.

6.2.1.3 Выбор коэффициентов выбросов

Коэффициенты выбросов для разных источников парниковых газов от сточных вод (блоки, выделенные жирной рамкой на [рисунке 6.1](#)) отражают максимальный потенциал выбросов CH_4 (B_0) и поправочный коэффициент для метана (MCF) для каждого них, как показано в уравнении 6.4.

Уравнение 6.4

Коэффициент выбросов CH_4 для каждого пути
или системы очистки/сброса сточных вод

$$EF_j = V_o \cdot MCF_j,$$

где:

EF_j = коэффициент выбросов кг CH_4 /кг БПК;

j = каждый путь или система очистки/сброса;

V_o = максимальная способность образования CH_4 , кг CH_4 /кг БПК;

MCF_j = поправочный коэффициент для метана (дробь).

Значение V_o - это максимальное количество CH_4 , которое может быть выделено из определенного количества органических веществ (оцененного в БПК или ХПК) в сточных водах, отражает химический состав этих компонентов.

Коэффициент MCF отражает предел, до которого реализуется способность образования CH_4 (V_o) для каждого типа систем очистки и сброса, т.е. является показателем степени анаэробности и эффективности деятельности метаногенных бактерий. Рекомендуемые значения MCF приведены в [таблице 6.2](#), а рекомендуемые для использования в расчетах системы очистки/сброса (Т) подробно рассмотрены выше. Для системы 1 рекомендуется использовать значение 0,8 (для метантенков), для систем 2 - коэффициент 0,1 (централизованные аэробные системы с небольшим выделением метана), для 3 системы - 0,5 (септические системы). Для 4-й системы регионам рекомендуется выбрать коэффициент для отхожего места в зависимости от местных условий (или взять усредненное значение).

При использовании рекомендуемых коэффициентов MCF , выбросы сточных вод и их отстоя должны оцениваться совместно.

Эффективная практика заключается в использовании конкретных для региона данных для V_o и MCF , там, где они доступны, например, на основании эксплуатационных измерений. При этом разработчики инвентаризации должны согласованность единицы измерения, используемые для разлагаемого углерода в стоках и для V_o . Оба параметра должны основываться на одинаковых единицах (либо БПК, либо ХПК) для расчета выбросов. При необходимости, в отношении бытовых сточных вод значение V_o , основанное на ХПК, можно перевести в значение, основанное на БПК, умножив его на коэффициент 2,4. Если конкретных для региона данных не существует, можно использовать рекомендуемые значения максимальной производительности образования CH_4 , равное 0,6 кг CH_4 /кг БПК.

6.2.2 Промышленные сточные воды

Промышленные сточные воды могут обрабатываться на месте, либо сбрасываться в бытовые канализационные системы. В последнем случае данные выбросы должны включаться в категорию выбросов бытовых сточных вод. В данном разделе рассматривается вопрос оценки выбросов CH_4 в результате очистки сточных вод на территории предприятий. Только промышленные стоки со значительным содержанием органических компонентов при намеренных, или ненамеренных

анаэробных условиях будут вырабатывать CH_4 .

Анаэробные реакторы, обрабатывающие промышленные стоки, обычно связаны с рекуперацией CH_4 в составе биогаза, часто используемого далее для получения энергии и тепла.

Рабочие формуляры для оценки выбросов парниковых газов от промышленных сточных вод представлены в приложении к данному тому.

Таблица 6.2

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ MCF ДЛЯ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД
(МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Тип пути или системы очистки и сброса	Примечания	MCF
Системы без обработки стоков		
Море, реки и озера	Поверхностные водные объекты с большим содержанием органических веществ могут стать анаэробными.	0,1
Отстойники/пруды	Открытые и теплые	0,5
Проточные коллекторы (открытые или закрытые)	Быстротечные, чистые	0
Системы обработки стоков		
Централизованные аэробные водоочистные сооружения	Хорошо управляемые	0
Централизованные аэробные водоочистные сооружения	Плохо управляемые и/или перегруженные	0,3
Установка для анаэробного сбраживания отстоя сточных вод (метантенк)	Рекуперация CH_4 здесь не рассматривается.	0,8
Анаэробные реакторы	Рекуперация CH_4 здесь не рассматривается.	0,8
Анаэробные неглубокие отстойники/пруды	Глубина менее 2 метров, использовать экспертную оценку	0,2
Анаэробные глубокие отстойники	Глубина более 2 метров	0,8

Септические системы	Половина БПК оседает в анаэробных резервуарах.	0,5
Отхожее место	Сухой климат, уровень грунтовых вод ниже, чем отхожее место, небольшие семьи (3 - 5 человек)	0,1
Отхожее место	Сухой климат, уровень грунтовых вод ниже, чем отхожее место, общественное (для большого количества людей)	0,5
Отхожее место	Влажный климат/использование промывных вод, уровень грунтовых вод выше, чем отхожее место	0,7
Отхожее место	Регулярное удаление отстоя.	0,1

6.2.2.1 Выбор метода

Оценка потенциала образования CH_4 из промышленных сточных вод основывается на концентрации содержащихся в них органически разлагаемых веществ, их объеме и потребности в очистке таких стоков в анаэробных условиях. При использовании этих критериев, основные источники сточных вод с большим потенциалом образования CH_4 могут быть определены следующим образом:

- производство бумажной массы и бумаги;
- обработка мяса и птицы (скотобойни);
- производство алкоголя, пива, крахмала;
- производство органических химикатов;
- обработка других видов пищевых продуктов и напитков.

Метод оценки выбросов из промышленных сточных вод аналогичен методу, предусмотренному для бытовых сточных вод. Определение коэффициентов выбросов и данных о деятельности при этом более сложно, поскольку существует множество типов сточных вод и различных отраслей промышленности, за которыми надо следить. Разработчикам инвентаризации рекомендуется использовать нисходящий подход, включающий следующие этапы:

Этап 1: Выбрать сектора промышленности, в которых будет происходить заметное выделение метана. Использовать [уравнение 6.6](#) для определения общего количества органически разлагаемого углерода в сточных водах (TOW) для промышленного сектора i .

Этап 2: Использовать [уравнение 6.7](#) для получения коэффициента выбросов. Определить коэффициент выбросов для каждого промышленного сектора, основываясь на максимальном значении способности образования метана и среднем конкретном для отрасли поправочном коэффициенте для метана.

Этап 3: Использовать [уравнение 6.5](#) для оценки выбросов, по возможности учесть удаление отстоя сточных вод и/или рекуперацию CH_4 и суммировать результаты.

Общее уравнение для определения выбросов CH_4 из промышленных сточных вод выглядит

следующим образом:

Уравнение 6.5

Общее количество выбросов из промышленных сточных вод

$$\text{Выбросы } CH_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i) \cdot EF_i - R_i],$$

где:

Выбросы CH_4 = Выбросы CH_4 от очистки промышленных сточных вод, кг CH_4 /год;

TOW_i = общее количество органически разложимого материала в промышленных сточных водах i , кг ХПК/год;

i = тип сточных вод в зависимости от сектора промышленности и соответствующая ему система очистки;

S_i = количество органического компонента удаленного как отстой кг ХПК/год;

EF_i = коэффициент выбросов для систем очистки/сброса сточных вод промышленности i , кг CH_4 / кг ХПК (если в отраслях промышленности используется более одного метода очистки, то этот показатель нужно будет привести к взвешенному среднему значению);

R_i = количество рекуперированного кг CH_4 /год.

6.2.2.2 Выбор данных о деятельности

Количество органически разлагаемых веществ в промышленных сточных водах

Данными о деятельности для данной категории источников является количество органически разлагаемых веществ в сточных водах (TOW), зависящих от объема промышленного производства продукции и концентрации таких веществ в сточных водах (См. [уравнение 6.6](#)). Для определения TOW необходимо предпринять следующие шаги:

Этап 1. Определить секторы промышленности, образующие сточные воды с большим количеством органического углерода, путем оценки общего объема производства, разлагаемых органических веществ в сточных водах, и полученных сточных вод.

Этап 2. Определить секторы промышленности, которые используют анаэробную очистку. Включить те из них, в которых может иметь место ненамеренная анаэробная очистка в результате перегрузки очистной системы.

Этап 3. Оценить общее количество органически разлагаемого углерода (TOW).

В большинстве регионов, примерно 3 - 4 промышленных сектора учитывают преобладание объемов органических промышленных сточных вод, поэтому разработчики инвентаризации должны обеспечить их охват. Периодически, разработчики инвентаризации должны проводить повторные исследования промышленных источников, особенно в том случае, когда некоторые отрасли быстро развиваются.

Уравнение 6.6

Органически разлагаемый материал
в промышленных сточных водах

$$TOW_i = P_i \cdot W_i \cdot COD_i,$$

где:

TOW_i = общее количество органически разлагаемого материала в промышленных сточных водах i , кг ХПК/год;

i = промышленный сектор;

P_i = общий объем производства промышленного сектора i , т/год;

W_i = собранные сточные воды, м³/т продукта;

COD_i = содержание разлагаемых промышленных органические компоненты в сточных водах кг ХПК/м³.

Данные о промышленной деятельности и объем образования сточных вод можно получить из региональной статистической отчетности о промышленном производстве и использовании воды, из отчетов органов региональных государственных органов, ответственных за качество вод, а также ассоциаций очистки сточных вод или промышленных ассоциаций. В некоторых случаях количественное определение ХПК в сточных водах может потребовать экспертной оценки.

В качестве альтернативы можно использовать данные по объему промышленного производства и тоннам выработанного ХПК на тонну продукции из литературы. В [таблице 6.3](#) приводятся примеры, которые можно использовать в качестве рекомендованных значений. Применять их следует осторожно, поскольку они индивидуальны для отдельных стран, промышленных отраслей и процессов. При использовании данных о содержании ХПК в стоках следует учитывать, что некоторое количество отстоя сточных вод может быть излечено из водоочистных сооружений до их биологической очистки и, таким образом, не участвовать в процессе выделения CH_4 .

Рекуперация метана (R)

Рекуперация CH_4 должна быть учтена только при наличии достоверных данных о соответствующих проектах. При использовании региональных данных об объеме (или массе) рекуперированного биогаза их следует пересчитывать для получения данных о соответствующей массе метана. При отсутствии данных о рекуперации метана она считается равной нулю (Межправительственная, 2006).

Таблица 6.3

ПРИМЕРЫ ДАННЫХ О ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ (МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Тип производства	Образование сточных вод	ХПК (кг/м ³)
------------------	-------------------------	--------------------------

	(м ³ /тонн)	
Перегонка спирта	24	11
Пиво и солодовые напитки	6,3	2,9
Молочная продукция	7	2,7
Рыбопереработка	13	2,5
Мясо и птица	13	4,1
Органические химические вещества	67	3
Нефтепереработка	0,6	1,0
Пластик и смола	0,6	3,7
Бумажная масса и бумага <1>	162	9
Мыло и моющие средства	3	0,8
Производство крахмала	9	10
Рафинирование сахара	11	3,2
Растительные масла	3,1	0,8
Овощи, фрукты, соки	20	5,0
Вино и уксус	23	1,5
<1> Расчет производится только при наличии данных об отсутствии предварительной утилизации осадка.		

Удаление отстоя сточных вод (S)

Некоторое количество отстоя после очистки сточных вод может быть утилизировано или передано для вторичного использования. Это составляет количество органических отходов, которые следует вычесть из существующего показателя TOW, если используются коэффициенты выбросов, отличные от рекомендованных МГЭИК. Эффективная практика заключается в обеспечении согласованности между секторами: количество отстоя сточных вод, извлеченного из TOW, должно совпадать с количеством отстоя, переданного на СТО, или утилизированного каким-либо иным способом, а также использованного вторично. Соответствующие выбросы от отстоя должны быть рассмотрены в [главах 3, 4 и 5](#). При этом следует учитывать, что при использовании рекомендованных коэффициентов выбросов, выбросы метана от осадков, обрабатываемых на водоочистных сооружениях совместно с загрязненными стоками, учитываются совместно с ними. В этом случае, масса удаляемого ила принимается равной нулю.

6.2.2.3 Выбор коэффициента выбросов

Коэффициенты выбросов для разных систем очистки промышленных сточных вод отражают

максимальный потенциал выбросов CH_4 (V_0) и поправочный коэффициент для метана (MCF) для каждой из них, как показано в уравнении 6.7.

Уравнение 6.7

Коэффициент выбросов CH_4 для промышленных сточных вод

$$EF_i = V_0 \cdot MCF_i,$$

где:

EF_i = коэффициент выбросов для каждого пути или системы очистки/сброса, кг CH_4 /кг ХПК;

i = путь или система очистки/сброса для сточных вод сектора промышленности;

V_0 = максимальная способность образования CH_4 , кг CH_4 /кг ХПК;

MCF_i = поправочный коэффициент для метана (дробь).

Существует огромная разница потенциала выбросов CH_4 между различными типами промышленных сточных вод. Насколько это возможно, необходимо собрать данные для определения V_0 в каждой отрасли. Если таких данных нет, эффективная практика состоит в том, чтобы использовать рекомендуемое МГЭИК значение ХПК для V_0 , составляющее 0,25 кг CH_4 /кг ХПК (Межправительственная, 2006).

Как уже упоминалось выше, MCF является показателем предела потенциала образования $\text{CH}_4(V_0)$, реализуемого в каждом типе метода очистки и указывает на степень анаэробности системы. При определении MCF рекомендуется обратиться к независимой экспертной оценке. Подобные оценки должны проводиться каждые 3 - 5 лет с целью отслеживания основных направлений в промышленной практике. Таблица 6.4 включает рекомендуемые значения для MCF различных систем очистки. При отсутствии такой информации о применении систем очистки используется значение MCF, равное 0,4.

Эффективная практика заключается в использовании конкретных данных для региона и сектора промышленности, которые можно получить у органов власти, промышленных организаций, или промышленных экспертов.

6.3 ВЫБРОСЫ ЗАКИСИ АЗОТА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

6.3.1 Выбор метода расчета

Выбросы закиси азота (N_2O) могут происходить на водоочистных станциях или из азотосодержащих сточных вод после сброса их в реки, озера или моря. Прямые выбросы от нитрификации и денитрификации на водоочистных сооружениях рассматриваются в методических рекомендациях как незначительный источник, и эффективная практика не предполагает их учет. Оценку таких выбросов можно выполнять только в тех регионах, в которых преобладают централизованные системы очистки сточных вод с этапами нитрификации и денитрификации на уровне оценки выбросов от каждой станции, что подробнее описано в Руководящих принципах МГЭИК (Межправительственная, 2006). Далее раздел посвящен выбросам N_2O , происходящим после отвода сточных вод в водоемы.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ MCF ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД
(МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Типы путей или систем очистки и сброса сточных вод	Примечания	MCF
Системы без обработки стоков		
Сброс в моря, реки и озера	Водные объекты с большим содержанием органических веществ могут стать анаэробными, однако здесь это не учитывается.	0
Системы очистки сточных вод		
Аэробные очистные сооружения	Хорошо управляемые. Некоторое количество CH ₄ может выделяться из отстойников и других зон.	0
Аэробные очистные сооружения	Плохо управляются. Перегружены	0,3
Установка для анаэробного сбраживания отстоя сточных вод	Рекуперация CH ₄ здесь не учитывается	0,8
Анаэробный реактор	Рекуперация CH ₄ здесь не учитывается	0,8
Анаэробные неглубокие отстойники	Глубина менее 2 метров	0,2
Анаэробные глубокие отстойники	Глубина более 2 метров	0,8

Данная методология не включает выбросы N₂O из промышленных источников, за исключением промышленных сточных вод, которые сбрасываются в канализационную систему совместно с бытовыми сточными водами. Считается, что по сравнению с эмиссиями из бытовых сточных вод выделение N₂O из промышленных источников незначительно.

Методология оценки выбросов из сточных вод основывается на численности населения и на предположении, что весь азот, относящийся к потреблению и бытовому использованию, а также азот из сбрасываемых промышленных сточных вод в конце концов попадает в водотоки. В этом случае такой подсчет является заниженным и охватывает весь сектор бытового водопользования.

Методология для определения выбросов из стоков аналогична методике для определения косвенных выбросов N₂O, описанной в [разделе "Сельское хозяйство"](#) (том 4). Упрощенное уравнение 6.8 имеет следующий вид:

Уравнение 6.8

Выбросы N₂O из отвода сточных вод

$$\text{Выбросы N}_2\text{O} = N_{\text{СТОК}} \cdot E_{\text{СТОК}} \cdot 44/28,$$

где:

Выбросы N₂O = Выбросы N₂O от сточных вод, кг N₂O/год;

N_{СТОК} = азот в отводе сточных водах, сброшенных в водную среду, кг N/год;

E_{СТОК} = коэффициент выбросов N₂O выбросов при сбросе сточных вод кг N₂O-N /кг N;

44/28 = коэффициент для преобразования кг N₂O-N в кг N₂O.

6.3.2 Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности, необходимые для определения выбросов N₂O, представляют собой содержание азота в отводе сточных вод, количество населения региона и среднее значение образования протеина на душу населения (кг/человек/год). Образование протеина на одного жителя заключается в значении его поступления (потребления), умноженном на коэффициенты для учета дополнительного "непотребленного" протеина и количества промышленного протеина, сброшенного в канализационные системы.

Пища (отходы), которая не потребляется, может быть смыта в канализацию (например, в результате применения уборки мусора), а также стоки из сантехнических устройств и после стирки могут участвовать в образовании азота. Сточные воды из промышленных и коммерческих источников, которые сбрасываются в канализационные системы, могут содержать протеин (например, из продовольственных магазинов). Общее количество азота в отводе очищенных сточных вод оценивается согласно уравнению 6.9:

Уравнение 6.9

Общее количество азота в отводе очищенных сточных вод

$$N_{\text{СТОК}} = (P \cdot \text{Протеин} \cdot F_{\text{NPR}} - F_{\text{NON-COM}} \cdot F_{\text{IND-COM}}) -$$

- N_{отстой},

где:

N_{СТОК} = общее годовое количество азота в отводе сточных вод, кг N/год;

P = численность населения;

Протеин = годовое потребление протеина на душу населения, кг/человек/год;

F_{NPR} = доля азота в протеине;

F_{NON-COM} = коэффициент для непотребленного протеина, сброшенного в сточные воды;

F_{IND-COM} = коэффициент для промышленного и коммерческого количества протеина, попутно сброшенного в канализационную систему;

$N_{отстой}$ = азот, удаленный с отстоем сточных вод, кг N/год.

Рекомендуемые значения F_{NPR} , $F_{NON-COM}$, $F_{IND-COM}$ и $N_{отстой}$ для расчета приведены в [таблице 6.5](#).

Эффективная практика не предполагает учет удаления азота с отстоем и его рекомендуемое значение равно нулю (Межправительственная, 2006).

При отсутствии региональных данных о потреблении протеина могут быть использованы национальные данные по Российской Федерации, полученные из федеральной государственной отчетности о потреблении протеина жителями страны.

Таблица 6.5

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ N_2O
(МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ, 2006)

Показатель	Значение	Размерность
F_{NPR}	0,16	кг N/кг протеина
$N_{отстой}$	0	кг N/год
$F_{NON-COM}$	1,2	коэффициент
$F_{IND-COM}$	1,25	коэффициент
$EF_{сток}$	0,005	кг N_2O-N /кг N

Региональные данные о численности населения и потребления протеина можно получить из государственной региональной демографической статистической отчетности и отчетности о потреблении протеина, остальные необходимые данные - из отчетов организаций, занимающихся вопросами охраны вод или эксплуатирующих очистные сооружения.

В том случае, когда регион решает включить показатели выбросов N_2O из очистных станций, количество азота, связанного с данными выбросами, должно быть рассчитано и вычтено из $N_{сток}$.

6.3.3 Выбор коэффициентов выбросов

Рекомендуемый коэффициент выбросов N_2O из оттока азота бытовых сточных вод приведен в [таблице 6.5](#). Его значение основывается на том, что весь азот сбрасывается вместе с отводом сточных вод.

Список литературы

1. Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л. Отчет по теме: "Определение количества и характеристик бытовых и промышленных (от различных отраслей хозяйства) сточных вод для оценки эмиссии CH_4 в атмосферу и утилизации биогаза, образующегося при обработке сточных вод в России", НПФ "БИФАР", - М., 1996.

2. Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2006.

Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 г. Подготовлены Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. С. Игглестона, Л. Буэндиа, К. Мива, Т. Нгара и К. Танабе. Т. 1 - 5. ИГЕС, Япония (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html>).

3. "Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов". - М., АКХ им. Памфилова, 1989.

4. Мирный А.Н., Скворцов Л.С., Пупырев Е.И., Корецкий В.Е. Коммунальная экология. Энциклопедический справочник. - М., Прима-Пресс Экспо, 2007, 806 с.

5. Российская Федерация, 2006-... Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. М., 2006 - 2014

(http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php).

6. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления - М.: Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 1999, - 65 с.

7. Справочник "Твердые бытовые отходы: сбор, транспорт и обезвреживание". В.Г. Систер, А.Н. Мирный, Л.С. Скворцов и др. - М., Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова, 2001, - 319 с.

8. Справочник "Санитарная очистка и уборка населенных мест". Мирный А.Н., Абрамов Н.Ф., Беньямовский Д.Н. и др. Под ред. А.Н. Мирного, - 2-е изд., перераб., и доп., - М: Стройиздат, 1990, 413 с.

9. Справочник "Санитарная очистка и уборка населенных мест". Мирный А.Н., Абрамов и др. Под ред. А.Н. Мирного, Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова, - М., 2005, - 315 с.

10. Справочник "Санитарная очистка и уборка населенных мест". Мирный А.Н., Скворцов Л.С., Пупырев Е.И. и др. - М.: Акад. коммун. хоз-ва им. К.Д. Памфилова, 2010, - 367 с.

11. Справочник "Санитарная очистка и уборка населенных мест". А.Н. Мирный, Д.Н. Беньямовский и др.; под ред. А.Н. Мирного. - М.: Стройиздат, 1985, - 245 с.

12. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Москва, ООО "РОСЭКОСТРОЙ", ОАО "НИЦ "Строительство", 2012, - 106 с.

13. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений, - М.: Минрегион России, 2010, - 114 с.

Приложение

РАБОЧИЕ ФОРМУЛЯРЫ

Сектор		Отходы				
Категория		Биологическая переработка твердых отходов				
Код категории		4В				
Лист		1 из 1 Оценка выбросов CH ₄ от биологической переработки твердых отходов				
Тип биологической переработки отходов	Категория отходов/Тип отходов <1>	A	B	C	D	E
		Количество отходов, поступающих на сооружения биологической переработки <2> (М) (Гг/год)	Коэффициент выбросов (EF) (г CH ₄ /кг переработанных отходов)	Выбросы метана всего (Гг CH ₄ /год)	Рекуперация и сжигание в факеле метана (R) (Гг CH ₄ /год)	Итоговые выбросы метана (Гг CH ₄ /год)
				$C = (A * B) * 10^{-3}$		$E = (C - D)$
Компостирование						
Анаэробное сбраживание в биогазовых установках <2>						
					Всего:	
<1> Информация о категории отходов, должны включать в себя информацию о происхождении отходов (ТБО, промышленных или другое) и тип отходов. <2> Указать в расчете на сухой или сырой вес приведены данные.						

Сектор		Отходы		
Категория		Биологическая переработка твердых отходов		
Код категории		4В		
Лист		1 из 1 Оценка выбросов N ₂ O в результате биологической переработки твердых отходов		
Тип биологической переработки отходов	Категория отходов/Тип отходов <1>	A	B	C
		Количество отходов, поступающих на сооружения биологической переработки <2> (M) (Гг/год)	Коэффициент выбросов (EF) (g N ₂ O/кг переработанных отходов)	Выбросы закиси азота (Гг N ₂ O/год)
				$E = (C - D) * 10^{-3}$
Компостирование				
Анаэробное сбраживание в биогазовых установках <2>				
Всего:				
<1> Информация о категории отходов, должны включать в себя информацию о происхождении отходов (ТБО, промышленных или другое) и тип отходов. <2> Указать в расчете на сухой или сырой вес приведены данные.				

Сектор	Отходы
--------	--------

Категория		Инсинерация и открытое сжигание отходов						
Код категории		4C1						
Лист		1 из 1 Оценка выбросов CO ₂ в результате инсинерации отходов						
Тип отходов		A	B	C	D	E	F	G
		Количество отходов, подвергнутых инсинерации (сырой вес) (SW) (Гт/год)	Содержание сухого вещества <1> (dm) (доля)	Содержание углерода в сухом веществе <1> (CF) (доля)	Содержание ископаемого углерода в общем количестве углерода <1> (FCF) (доля)	Коэффициент Окисления (OF) (доля)	Коэффициент пересчета	Выбросы ископаемого CO ₂ (Гт CO ₂ /год)
							44/12	$G = A * B * C * D * E * F$
Твердые бытовые отходы (ТБО) <2>, <3>								
Состав <2>, <3>	Пластик							
	Текстиль							
	Резина							
	и др.							
Твердые промышленные отходы								
Опасные отходы								

Медицинские отходы							
Осадки сточных вод							
Прочее (указать)							
Всего:							

<1> Для рекомендованных значений и соответствующих уравнений для оценки этих параметров в ТБО и других отходах см. [раздел 5.3](#) в главе 5.

<2> Пользователь может вводить значения либо для общей массы сжигаемого ТБО, либо для каждого его компонента (путем добавления соответствующих строк). Все соответствующие доли ископаемого углерода и выбросы ископаемого CO₂ должны быть учтены в зависимости от выбранного метода учета многокомпонентных отходов.

<3> Для согласованности в отчетности с выбросами N₂O общее количество отходов, подвергающихся инсинерации, должны совпадать в соответствующих расчетных листах.

Сектор	Отходы						
Категория	Инсинерация и открытое сжигание отходов						
Код категории	4C2						
Лист	1 из 1 Оценка выбросов CO ₂ при открытом сжигании отходов						
Тип отходов	F	G	H	I	J	K	L
	Количество отходов, сжигаемых открытым способом (сырой вес) (SW) (Гг/год)	Содержание сухого вещества <1> (dm) (доля)	Содержание углерода в сухом веществе <1> (CF) (доля)	Содержание ископаемого углерода в общем количестве углерода <1> (FCF) (доля)	Коэффициент окисления (OF) (доля)	Коэффициент пересчета	Выбросы CO ₂ (ископаемого) (Гг CO ₂ /год)

						44/12	$L = F * G * H * I * J * K$
Твердые бытовые отходы (ТБО) <2>, <3>							
Состав <2>, <3>	Пластик						
	Текстиль						
	Резина						
	и др.						
Прочее (указать)							
Всего:							

<1> Для рекомендованных значений и соответствующих уравнений для оценки этих параметров в ТБО и других отходах см. [раздел 5.3](#) в главе 5.

<2> Пользователь может вводить значения либо для общей массы сжигаемого ТБО, либо для каждого его компонента (путем добавления соответствующих строк). Все соответствующие доли ископаемого углерода и выбросы ископаемого CO₂ должны быть учтены в зависимости от выбранного метода учета многокомпонентных отходов.

<3> Для согласованности в отчетности с выбросами N₂O общее количество отходов, подвергающихся инсинерации, должны совпадать в соответствующих расчетных листах.

Сектор	Отходы				
Категория	Инсинерация и открытое сжигание отходов				
Код категории	4C1				
Лист	1 из 1 Оценка выбросов CO ₂ при инсинерации жидких отходов				
Тип отходов	А	В	С	Д	Е

	Количество жидких отходов, подвергаемых инсинерации (вес) (AL) (Гг/год)	Содержание ископаемого углерода в жидких отходах (CL) (доля)	Коэффициент окисления для жидких отходов вида i (OF) (доля)	Коэффициент пересчета	Выбросы CO ₂ от инсинерации жидких отходов (Гг CO ₂ /год)
				44/12	$E = A * B * C * D$
Смазочные материалы					
Растворители					
Отработанное масло					
Прочее (указать)					
				Всего:	

Сектор	Отходы		
Категория	Инсинерация и открытое сжигание отходов		
Код категории	4C1		
Лист	1 из 1 Оценка выбросов N ₂ O в результате инсинерации отходов		
Тип отходов	A	B	C
	Количество сжигаемых отходов (сырой вес <1>) (IW) (Гг/год)	Коэффициент выбросов закиси азота (EF) (кг N ₂ O/Гг сырых отходов) <1>	Выбросы закиси азота (Гг N ₂ O/год)
			$C = A * B * 10^{-6}$ <2>

Твердые бытовые отходы			
Твердые промышленные отходы			
Опасные отходы			
Медицинские отходы			
Осадки сточных вод			
Прочее (указать)			
Всего:			
<p><1> Если общее количество отходов выражено в единицах сухого веса, то коэффициент выброса CH₄ также должен быть в расчете на сухой вес.</p> <p><2> Коэффициент 10⁻⁶ для перевода выбросов из кг в тыс. т.</p>			

Сектор	Отходы		
Категория	Инсинерация и открытое сжигание отходов		
Код категории	4C2		
Лист	1 из 1 Оценка выбросов N ₂ O в результате открытого сжигания отходов		
Тип отходов	F	G	H
	Количество отходов сжигаемых открытым способом (сырой вес) <1> (IW) (Гг/год)	Коэффициент выбросов закиси азота (EF) (кг N ₂ O/Гг сухих отходов) <2>	Выбросы закиси азота (Гг N ₂ O/год)
			$H = F * G * 10^{-6}$ <3>

Твердые бытовые отходы			
Прочее (указать)			
Всего:			
<p><1> Если общее количество отходов выражается в пересчете на сухие отходы, доля сухого вещества не должна применяться.</p> <p><3> Коэффициент 10^{-6} для перевода выбросов из кг в тыс. т.</p>			

Сектор	Отходы			
Категория	Бытовые сточные воды очистка и сброс			
Код категории	4D1			
Лист	1 из 3 Оценка органически разлагающегося вещества в бытовых сточных водах			
Регион	А	В	С	D
	Население (P) (чел.)	Биоразлагаемое органическое вещество (BOD) (кг БПК/чел./год) <1>	Поправочный коэффициент для БПК промышленных стоков, сбрасываемых в канализацию (I)	Органически разлагающийся материал в сточных водах TOW (кг БПК/год)
				$D = A * B * C$
Всего:				
<p><1> г БПК на 1 жителя в день * 0,001 * 365 = кг БПК на 1 жителя в год.</p>				

Сектор	Отходы
--------	--------

Категория	Бытовые сточные воды очистка и сброс		
Код категории	4D1		
Лист	2 из 3 Оценка коэффициента выбросов CH ₄ для бытовых сточных вод		
Тип системы очистки/стока	А	В	С
	Максимальная метанообразующая способность (B ₀) (кг CH ₄ /кг BOD)	Коэффициент преобразования метана для каждой системы обработки (MCF)	Коэффициент выбросов (EF _j) (кг CH ₄ /кг БПК)
			$C = A * B$
Централизованные аэробные системы с метантенками			
Централизованные аэробные системы без метантенков			
Обработка стока на месте с использованием септических резервуаров			
Обработка стока на месте с использованием сливных ям/отхожих мест			
Сброс без очистки			
добавить по мере необходимости			

Сектор		Отходы						
Категория		Бытовые сточные воды очистка и сброс						
Код категории		4D1						
Лист		3 из 3 Оценка выбросов CH ₄ от бытовых сточных вод						
Уровень урбанизированности территории		A	B	C	D	E	F	G
	Тип системы очистки и или сброса	Доля населения, проживающего на территории (U) (доля)	Степень применения систем (T) (доля)	Коэффициент выбросов (EF) (кг CH ₄ /кг БПК)	Органически разлагаемый материал в сточных водах (TOW) (кг БПК/год)	Количество удаленного осадка сточных вод (S) (кг БПК/год)	Рекуперированный и сожженный в факеле метан (R) (кг CH ₄ /год)	Чистые выбросы метана (CH ₄) (кг CH ₄ /год)
				Лист 2 из 3	Лист 1 из 3			$G = [(A * B * C) * (D - E)] - F$
Сельские поселения								
Городские поселения								
Городские высокоурбанизированные поселения								
Всего:								

Сектор	Отходы			
Категория	Промышленные сточные воды очистка и сброс			
Код категории	4D2			
Лист	1 из 3 Общее количество органически разлагающегося вещества в сточных водах для каждой отрасли промышленности			
Отрасль промышленности	A	B	C	D
	Количество промышленной продукции (P) (т продукции/год)	Образование сточных вод (W) (м ³ /т продукции)	Химическая потребность в кислороде (COD) (кг ХПК/м ³)	Общее количество органически разлагаемого материала в сточных водах для каждой отрасли промышленности (TOW) (кг COD/год)
				$D = A * B * C$
Отрасль промышленности 1				
Отрасль промышленности 2				
Отрасль промышленности 3				
добавить по мере необходимости				
			Всего:	

Сектор	Отходы
Категория	Промышленные сточные воды очистка и сброс

Код категории	4D2		
Лист	2 из 3 Оценка коэффициента выбросов CH ₄ для промышленных сточных вод		
Тип системы очистки или стока	A	B	C
	Максимальная метанообразующая способность (B ₀) (кг CH ₄ /кг COD)	Коэффициент преобразования метана для каждой системы обработки (MCF)	Коэффициент выбросов (EF _j) (кг CH ₄ /кг BOD)
			$C = A * B$
добавить по мере необходимости			

Сектор	Отходы					
Категория	Промышленные сточные воды очистка и сброс					
Код категории	4D2					
Лист	3 из 3 Оценка выбросов CH ₄ из промышленных сточных вод					
Отрасли промышленности		A	B	C	D	E
	Тип системы обработки или сброса (T)	Общее количество органически разлагаемого материала в сточных водах для каждой отрасли	Удаление осадка сточных вод в каждой отрасли промышленности и (S) (кг COD/год)	Коэффициент выбросов для каждой системы очистки (EF) (кг CH ₄ /кгBOD)	Рекуперированный и сожженный CH ₄ в каждой отрасли промышленности (R) (кг CH ₄ /год)	Чистые выбросы метана (CH ₄) (кг CH ₄ /год)

		промышленности (TOW) (кг COD/год)				
		Лист 1 из 3		Лист 2 из 3		$E = [(A - B) * C] - D$
Отрасль промышленности 1						
Отрасль промышленности 2						
Отрасль промышленности 3						
добавить по мере необходимости						
Всего:						

Сектор	Отходы						
Категория	Бытовые сточные воды очистка и сброс						
Код категории	4D1						
Лист	1 из 2 Оценка количества азота в сточных водах						
	А	В	С	Д	Е	Ф	Н
Регион	Населени	Потреблени	Доли азота	Доля без	Доля	Азот,	Суммарный азот в сточных

	е (Р) (человек)	е белка на душу населения (кг/чел./год)	в белке (F _{прг}) (кг N/кг белка)	потребления белка (F _{non-con})	промышленного и коммерческого белка, попутно сброшенного в канализацию (F _{ind-com})	удаленный с осадком сточных вод (N _{отстой}) (кг)	водах (Neffluent) (кг N /год)
							$H = (A * B * C * D * E) - F$
Всего:							

Сектор	Отходы			
Категория	Бытовые сточные воды очистка и сброс			
Код категории	4D1			
Лист	2 из 2 Оценка коэффициента выбросов и косвенных выбросов N ₂ O из сточных вод			
Регион	А	В	С	D
	Количество азота в сточных водах (Neffluent) (кг N/год)	Коэффициент выбросов (кг N ₂ O-N/кг N)	Коэффициент пересчета из кг N ₂ O-N в кг N ₂ O	Выбросы N ₂ O (кг N ₂ O-N/год)
			44/28	$E = A * B * C$
Всего:				

ТАБЛИЦЫ К МЕТОДИЧЕСКИМ РЕКОМЕНДАЦИЯМ

Таблица 1

ПОТЕНЦИАЛЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Химическая формула газа	Название газа	Потенциал глобального потепления <2>
CO ₂	диоксид углерода	1
CH ₄	метан	25
N ₂ O	оксид азота	298
SF ₆	гексафторид серы (элегаз)	22800
NF ₃	трифторид азота	17200
ГФУ (гидрофторуглероды)		
CHF ₃	ГФУ-23	14800
CH ₂ F ₂	ГФУ-32	675
CH ₃ F	ГФУ-41	92
CF ₃ CHFCHFCF ₂ CF ₃	ГФУ-43-10mee	1640
C ₂ HF ₅	ГФУ-125	3500
C ₂ H ₂ F ₄ (CHF ₂ CHF ₂)	ГФУ-134	1100
C ₂ H ₂ F ₄ (CH ₂ FCF ₃)	ГФУ-134a	1430
C ₂ H ₃ F ₃ (CHF ₂ CH ₂ F)	ГФЭ-143	353
C ₂ H ₃ F ₃ (CF ₃ CH ₃)	ГФЭ-143a	4470
CH ₂ FCH ₂ F	ГФУ-152	53
C ₂ H ₄ F ₂ (CH ₃ CHF ₂)	ГФУ-152a	124
CH ₃ CH ₂ F	ГФУ-161	12
C ₃ HF ₇	ГФУ-227ea	3220

$\text{CH}_2\text{FCF}_2\text{CF}_3$	ГФУ-236cb	1340
$\text{CHF}_2\text{CHF}_2\text{CF}_3$	ГФУ-236ea	1370
$\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_2$	ГФУ-236fa	9810
$\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_5$	ГФУ-245ca	693
$\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$	ГФУ-245fa	1030
$\text{CH}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$	ГФУ-365mfc	794
ПФУ (перфторуглероды)		
CF_4	перфторметан	7390
C_2F_6	перфторэтан	12200
C_3F_8	перфторпропан	8830
C_4F_{10}	перфторбутан	8860
c- C_4F_8	перфторциклобутан	10300
C_5F_{12}	перфторпентан	9160
C_6F_{14}	перфторгексан	9300
$\text{C}_{10}\text{F}_{18}$	перфтордекалин	7500
c- C_3F_6	перфторциклопропан	17340

Таблица 1.1

КАТЕГОРИИ ВЫБРОСОВ ПРИ СТАЦИОНАРНОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Наименование категории источников	Описание
1. ЭНЕРГЕТИКА	Все выбросы парниковых газов, возникающие при сжигании, и фугитивные выбросы. Выбросы от неэнергетического использования топлива сюда не включаются; они учитываются в секторе "Промышленные процессы и использование продукции"
1А. Деятельность, связанная со сжиганием топлива	Выбросы в результате преднамеренного окисления топлива в оборудовании, предназначенном для производства тепла, энергии или механической работы для того или иного процесса или для использования за пределами такого оборудования.

1A1. Энергетические отрасли	Выбросы от сжигания топлива при производстве топливной продукции и в электро- и теплоэнергетике.
1) Основные производители тепла и электроэнергии	Выбросы при сжигании топлива предприятиями тепло- и электроэнергетики, для которых основным видом деятельности является производство тепловой и электрической энергии для централизованного снабжения предприятий, организаций и населения (выбросы от производства энергии для собственного пользования следует относить к сектору, в котором указанная продукция была произведена).
- Производство электроэнергии	Выбросы от сжигания топлива, используемого для производства электричества, предприятиями, для которых это является основным видом деятельности, кроме комбинированных предприятий по производству тепла и электричества
- Комбинированное производство электроэнергии и тепла	Выбросы от сжигания топлива при производстве тепла и электроэнергии предприятиями, комбинированного типа, для которых основным видом деятельности является коммерческое производство тепла и электроэнергии (для продажи).
- Тепловые станции (котельные)	Выбросы при сжигании топлива производителями тепла для передачи по теплотрассам, для которых это является основным видом деятельности.
2) Производство нефтепродуктов	Вся деятельность, связанная со сжиганием топлива при переработке нефти и производстве нефтепродуктов, в том числе сжигание на месте в целях выработки электроэнергии и тепла для собственных нужд. Не включает фугитивные выбросы, происходящие на нефтеперерабатывающих предприятиях.
3) Производство твердых топлив и другие отрасли энергетики	Выбросы от сжигания топлива при производстве вторичных и третичных продуктов из твердых видов топлива, включая производство древесного угля. Следует включить также выбросы от производства топлива, тепла и энергии для собственного потребления.
- Производство твердого топлива	Выбросы, возникающие от сжигания топлива при производстве кокса, брикетированного бурого угля и каменноугольных брикетов.
- Другие энергетические отрасли	Включает выбросы от сжигания топлива в энергетических целях при добыче угля, нефти и газа, для отбора природного газа, его обработки и подготовки.

	Выбросы от сжигания топлива предприятиями энергетической отрасли, для которых невозможно выделить данные о деятельности, распределенные по отдельным подкатегориям, либо не попадающих ни в одну из перечисленных выше категорий. Выбросы от сжигания в трубопроводном транспорте должны фиксироваться в категории "Другой транспорт"
1A2. Промышленное производство и строительство	Выбросы от сжигания топлива в отраслях промышленности. Также включает выбросы от сжигания топлива при производстве электричества и тепла для собственного использования на промышленных предприятиях и в строительстве.
	Производство чугуна, стали и готовых металлических изделий. (Выбросы от сжигания топлива в коксовых печах на сталелитейных и металлургических предприятиях должны учитываться в категории 1A1 "Энергетические отрасли")
	Цветная металлургия
	Химическое производство
	Целлюлозно-бумажное производство, издательство и полиграфическая деятельность
	Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака
	Производство прочей неметаллической продукции (стекло, керамика, цемент и т.д.)
	Производство транспортных средств и оборудования
	Производство машин и оборудования
	Горнодобывающая (кроме топлива) промышленность
	Обработка древесины и производство изделий из дерева
	Строительство
	Текстильное и швейное производство
	Другие отрасли промышленного производства Выбросы, связанные с деятельностью дорожных транспортных средств в указанных выше отраслях промышленности, должны учитываться в категории 1A3 "Транспорт"
1A4. Другие секторы	Выбросы от сжигания, включая сжигание при

	производстве электричества и тепла для собственного использования.
1) Коммерческий сектор и общественные здания	Выбросы от сжигания топлива в коммерческих и общественных зданиях.
2) Жилой сектор	Все выбросы от сжигания топлива в жилом секторе.
3) Сельское/Лесное/Рыбное хозяйство/Рыбоводство	Выбросы от сжигания топлива в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, рыбном хозяйстве и рыбоводстве, например на рыбных фермах. Сельскохозяйственный автотранспорт сюда не включается (должен быть учтен в категории 1А3).
- Стационарные источники	Выбросы от сжигания топлива в насосах, при сушке зерна, садоводческие парниковые газы и прочие сельские виды деятельности, сжигание в лесном хозяйстве или стационарное сжигание в рыбной промышленности.
- Внедорожный транспорт и другие машины	Выбросы от сжигания топлива в тяговом транспорте в сельском и лесном хозяйстве.
- Рыболовство (мобильное сжигание)	Выбросы от сжигания топлива при внутренней, прибрежной и глубоководной рыбной ловле. Рыбная ловля охватывает суда под всеми флагами, осуществляющие заправку топлива в данном регионе (включая рыбную ловлю в международных водах).
1А5. Другое сжигание топлива (не учтенное в других категориях)	Все оставшиеся выбросы от сжигания топлива, не учтенные более нигде.
- Стационарные источники	Все оставшиеся виды выбросов при сжигании топлива в стационарных источниках, не учтенные в других категориях.
- Мобильные источники	Выбросы транспортных средств и прочих механизмов, включая морской и воздушный транспорт, не учтенные в категории 1А3 или в других категориях.

Таблица 1.2

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕСЧЕТА
В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА
УГЛЕРОДА (Т СО₂/ТДЖ), МЕТАНА (КГ СН₄/ТДЖ) И ОКСИДА ДИАЗОТА
(КГ N₂O/ТДЖ) ПРИ СТАЦИОНАРНОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Наименование вида топлива	Единица измерения	Коэффициент перевода натуральных единиц в энергетические		Коэффициент выброса CO ₂ (т/ТДж)	Коэффициент выброса CH ₄ и N ₂ O (кг/ТДж)							
					Энергетические отрасли		Отрасли производства и строительства		Коммерческий сектор и общественные здания		Жилой сектор/ сельское/ лесное/ рыбное хозяйство и рыболовство	
					CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
		тыс. т/ед.	ТДж/ед.									
ЖИДКОЕ ТОПЛИВО (НЕФТЬ И ПРОДУКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ)												
Нефть, вкл. Промысловый газоконденсат	тыс. т	1,430	41,91	73,3	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Природный газоконденсат	тыс. т	1,508	44,20	64,2	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Автомобильный бензин	тыс. т	1,490	43,67	69,3	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Авиационный бензин	тыс. т	1,490	43,67	70,0	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Авиационный керосин	тыс. т	1,470	43,08	71,5	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Другие виды керосина	тыс. т	1,470	43,08	71,9	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Дизельное топливо	тыс. т	1,450	42,50	74,1	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Мазут топочный	тыс. т	1,370	40,15	77,4	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Мазут флотский	тыс. т	1,430	41,91	77,4	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Топливо печное бытовое	тыс. т	1,450	42,50	77,4	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6

Сжиженный нефтяной газ	тыс. т	1,570	46,01	63,1	1	0,1	1	0,1	5	0,1	5	0,1
Другие моторные топлива	тыс. т	1,470	43,08	71,9	5	0,6	5	0,6	5	0,6	5	0,6
Нефтебитум	тыс. т	1,350	39,57	80,7	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Этан	тыс. т	1,583	46,40	61,6	1	0,1	1	0,1	5	0,1	5	0,1
Нафта (лигроин)	тыс. т	1,536	45,01	73,3	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Смазочные материалы, парафины	тыс. т	1,372	40,20	73,3	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Газ нефтеперерабатываю щих заводов	тыс. т	1,500	43,96	57,6	1	0,1	1	0,1	5	0,1	5	0,1
Нефтяной кокс	тыс. т	1,080	31,65	97,5	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Другие нефтепродукты	тыс. т	1,430	41,91	73,3	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
ТВЕРДОЕ ТОПЛИВО (УГОЛЬ И ПРОДУКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ)												
Уголь месторождений:												
уголь донецкий	тыс. т	0,876	25,67	90,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь кузнецкий	тыс. т	0,867	25,41	91,9	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь карагандинский	тыс. т	0,726	21,28	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь подмосковный	тыс. т	0,335	9,82	95,0	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь воркутинский	тыс. т	0,822	24,09	92,6	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5

уголь интинский	тыс. т	0,649	19,02	93,1	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь челябинский	тыс. т	0,552	16,18	94,9	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь свердловский	тыс. т	0,330	9,67	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь башкирский	тыс. т	0,264	7,74	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь нерюнгринский	тыс. т	0,987	28,93	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь якутский	тыс. т	0,751	22,01	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь черемховский	тыс. т	0,752	22,04	94,0	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь азейский	тыс. т	0,483	14,16	93,9	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь читинский	тыс. т	0,483	14,16	98,9	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь гусиноозерский	тыс. т	0,506	14,83	94,9	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь хакасский	тыс. т	0,727	21,31	94,4	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь канско-ачинский	тыс. т	0,516	15,12	98,1	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь тувинский	тыс. т	0,906	26,55	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь тунгусский	тыс. т	0,754	22,10	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь магаданский	тыс. т	0,701	20,54	93,1	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь арктический (шпицбергенский)	тыс. т	0,669	19,61	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь норильский	тыс. т	0,761	22,30	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь огоджинский	тыс. т	0,447	13,10	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь камчатский	тыс. т	0,323	9,47	93,1	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5

уголь Приморья	тыс. т	0,506	14,83	93,1	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь экибастузский	тыс. т	0,628	18,41	94,6	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь алтайский	тыс. т	0,782	22,92	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь тугнуйский	тыс. т	0,692	20,28	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь прочих месторождений	тыс. т	0,768	22,51	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
уголь импортный	тыс. т	0,768	22,51	94,2	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
Антрацит <1>	тыс. т	0,911	26,70	98,3	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
Коксующийся уголь <1>	тыс. т	0,962	28,20	94,6	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
Каменный уголь <1> (Другие виды битуминозного угля)	тыс. т	0,768	22,51	94,6	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
Бурый уголь/Лигнит <1>	тыс. т	0,467	13,69	101,0	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
Горючий сланец и битуминозные пески	тыс. т	0,300	8,79	107,0	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
Брикетированный бурый уголь	тыс. т	0,706	20,7	97,5	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
Каменноугольные брикеты	тыс. т	0,706	20,7	97,5	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
Газ горючий искусственный коксовый	млн. м ³	0,570	16,71	44,4	1	0,1	1	0,1	5	0,1	5	0,1
Газ горючий	млн. м ³	0,430	12,60	260,0	1	0,1	1	0,1	5	0,1	5	0,1

искусственный доменный												
Кокс металлургический	тыс. т	0,990	29,01	107,0	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
Газовый кокс	млн. м ³	0,570	16,71	44,4	1	0,1	1	0,1	5	0,1	5	0,1
Смола каменноугольная коксохимических заводов	тыс. т	1,300	38,10	80,7	1	1,5	10	1,5	10	1,5	300	1,5
ГАЗОВОЕ ТОПЛИВО												
Природный газ	млн. м ³	1,154	33,82	54,4	1	0,1	1	0,1	5	0,1	5	0,1
ТОРФ												
Торф	тыс. т	0,340	9,96	106,0	1	1,5	2	1,5	10	1,4	300	1,4
Брикеты торфяные	тыс. т	0,600	17,58	106,0	1	1,5	2	1,5	10	1,4	300	1,4
ДРУГИЕ ВИДЫ ИСКОПАЕМОГО ТОПЛИВА												
Бытовые отходы (небиологические фракции)	тыс. т	0,341	10,00	91,7	30	4	30	4	300	4	300	4
Промышленные отходы	тыс. т у.т.	1,000	29,31	143,0	30	4	30	4	300	4	300	4
Нефтяные отходы	тыс. т	1,372	40,20	73,3	30	4	30	4	300	4	300	4
БИОТОПЛИВО												
Дрова для отопления	плот. тыс. м ³	0,266	7,80	112,0	30	4	30	4	300	4	300	4

Древесные отходы	плот. тыс. м ³	0,266	7,80	112,0	30	4	30	4	300	4	300	4
Кора (на 1 складской куб. м)	тыс. м ³	0,420	12,31	100,0	30	4	30	4	300	4	300	4
Сучья, хвоя, щепа (на 1 складской куб. м)	тыс. м ³	0,050	1,47	100,0	30	4	30	4	300	4	300	4
Пни (на 1 складской куб. м)	тыс. м ³	0,120	3,52	100,0	30	4	30	4	300	4	300	4
Древесные опилки (на 1 складской куб. м)	тыс. м ³	0,110	3,22	100,0	30	4	30	4	300	4	300	4
Камыш, солома, льняная костра, подсолнечная лузга, рисовая лузга (при условной влажности 10%)	тыс. т	0,500	14,65	100,0	30	4	30	4	300	4	300	4
Щелок (черный щелок) <3>	тыс. т	0,403	11,80	95,3	3	2	3	2	3	2	3	2
Другие виды первичной биомассы	тыс. т	0,360	10,55	100,0	30	4	30	4	300	4	300	4
Древесный уголь	тыс. т	0,930	27,26	112,0	200	4	200	4	200	1	200	1
Биобензин	тыс. т	0,921	27	70,8	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Био-дизтопливо	тыс. т	0,921	27	70,8	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6
Другие виды жидкого биотоплива	тыс. т	0,935	27,4	79,6	3	0,6	3	0,6	10	0,6	10	0,6

Газ из органических отходов	тыс. т	1,720	50,4	54,6	1	0,1	1	0,1	5	0,1	5	0,1
Канализационный газ	тыс. т	1,720	50,4	54,6	1	0,1	1	0,1	5	0,1	5	0,1
Другие биогазы	тыс. т	1,720	50,4	54,6	1	0,1	1	0,1	5	0,1	5	0,1
Бытовые отходы (фракция биомассы)	тыс. т	0,396	11,6	100,0	30	4	30	4	300	4	300	4

<1> Теплотворная способность угля зависит от структуры добычи по маркам и месторождениям и может изменяться от года к году, поэтому рекомендуется рассчитывать коэффициент пересчета, используя данные по месторождениям или использовать для каждого года коэффициент пересчета, рассчитываемый Росстатом и входящим в отчетность по [форме 4-ТЭР](#).

Таблица 1.3

**КАТЕГОРИИ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ
СЕКТОРА "ТРАНСПОРТ"**

Наименование категории источников	Описание
1А3. Транспорт	Выбросы от сжигания и испарения топлива на всех видах транспорта.
1) Гражданская авиация	Выбросы от гражданской авиации, включая взлеты и посадки. Исключается использование топлива для наземного транспорта, которое относится к категории "Прочие перевозки". Также исключается топливо для стационарного сжигания в аэропортах, эти данные следует отнести к соответствующей категории стационарного сжигания.
- Внутренняя авиация	Выбросы в результате деятельности внутренней авиации охватывают все полеты между аэропортами в пределах территории Российской Федерации, независимо от национальной принадлежности перевозчика.
2) Дорожный транспорт	Все выбросы при сжигании и испарении, происходящие при использовании топлива в наземных автотранспортных средствах, включая использование сельскохозяйственных транспортных средств на дорогах общего пользования.
- Легковые автотранспортные средства	Выбросы от автомобилей, зарегистрированных в регионе как легковые транспортные средства, предназначенные, в первую очередь, для перевозки людей, вместимостью до 12 человек.
- Грузовые автотранспортные средства малой грузоподъемности	Выбросы от автомобилей, зарегистрированных в регионе как предназначенные, в первую очередь, для перевозки легких грузов. Максимальной массой до 3500 кг.
Грузовые автотранспортные средства большой	Выбросы от любых транспортных средств, зарегистрированных в регионе, как грузовые АТС с максимальной массой от 3500 кг; автомобили

грузоподъемности и автобусы	вместимостью более 12 человек и автобусы.
Мототехника	Выбросы от любых средств передвижения с мотором, перемещающихся не более чем на 3 касающихся поверхности колеса и весом до 680 кг.
Утечки и испарения от автомобилей	Сюда включаются утечки и испарения автомобильного топлива. Выбросы, происходящие при заправке автомобилей топливом, исключаются.
3) Железнодорожный транспорт	Выбросы от железнодорожного транспорта, как от пассажирских, так и от грузовых перевозок
4) Водный транспорт	Выбросы при использовании топлива для водного транспорта.
- Внутренний водный транспорт	Выбросы от водного транспорта, осуществляющего грузопассажирские перевозки в пределах территории Российской Федерации, независимо от национальной юрисдикции судна.
5) Прочие перевозки	Выбросы от сжигания топлива при любом из оставшихся видов транспортной деятельности, включая транспортировку по трубопроводам, наземное передвижение в аэропортах и гаванях, внедорожное передвижение, не относящееся к категории 1А4 (Сельское хозяйство) или 1А2 (Производственные отрасли и строительство)
- Трубопроводный транспорт	Связанные со сжиганием выбросы при работе насосных станций и техническом обслуживании трубопроводов. Распределение природного или заводского газа, воды или пара от дистрибьютора к потребителям исключается и относится к категориям 1А1 или 1.А5.
- Внедорожный транспорт	Выбросы от других видов транспорта, кроме трубопроводного и транспорта, и внедорожного транспорта, отнесенного к категории 1А4 (Сельское/Лесное/Рыбное хозяйство/Рыбоводство).

Таблица 1.4

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МГЭИК КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ

Вид топлива	Рекомендуемые коэффициенты выбросов (кг/ТДж)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Автомобильный бензин			

Неконтролируемые выбросы	69300	33	3,2
С окислительно-восстановительным нейтрализатором	69300	25	8,0
Грузовые АТС малой грузоподъемности	69300	3,8	5,7
Сельское хозяйство (внедорожный транспорт)			
- для четырехтактных двигателей	69300	80	2
- для двухтактных двигателей	69300	140	0,4
Лесное хозяйство (внедорожный транспорт)			
- для четырехтактных двигателей	69300		
- для двухтактных двигателей	69300	170	0,4
Промышленность (внедорожный транспорт)			
- для четырехтактных двигателей	69300	50	2
- для двухтактных двигателей	69300	130	0,4
Домашнее хозяйство (внедорожный транспорт)			
- для четырехтактных двигателей	69300	120	2
- для двухтактных двигателей	69300	180	0,4
Дизтопливо			
- дорожный транспорт	74100	3,9	3,9
- внедорожный транспорт	74100	4,15	28,6
Сжиженный нефтяной газ	63100	62	0,2
Другое моторное топливо	73300	5	0,6
Сжатый природный газ <1>	54400	92	3
Сжиженный природный газ <1>	54400	92	3

<1> Коэффициент выбросов для сжатого природного газа и сжиженного природного газа равен национальному коэффициенту выбросов от природного газа, разработанному для Национального кадастра выбросов парниковых газов.

Таблица 1.5

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ МГЭИК ДЛЯ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ
ВИДОВ ТОПЛИВА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ
ТРАНСПОРТОМ, КГ/ТДЖ**

Парниковый газ	Вид топлива					
	Дизельное топливо			Полубитуминозный уголь		
	Рекомендуемая величина коэффициента	Нижний предел величины	Верхний предел величины	Рекомендуемая величина коэффициента	Нижний предел величины	Верхний предел величины
CO ₂	74100	72600	74800	96100	72800	100000
CH ₄	4,15	1,67	10,4	2	0,6	6
N ₂ O	28,6	14,3	85,8	1,5	0,5	5

Таблица 1.6

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂, CH₄, N₂O ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, КГ/ТДЖ**

Топливо	Величина коэффициента выбросов CO ₂	Величина коэффициента выбросов CH ₄	Величина коэффициента выбросов N ₂ O
Бензин	69300	7	2
Газойль/дизтопливо	74100		
Топочный мазут	77400		

Таблица 1.7

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CO₂, CH₄ И N₂O ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ, КГ/ТДЖ**

Вид используемого топлива	Парниковый газ		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Авиационный бензин	70000	0,5	2
Керосин для реактивных двигателей	71500		

Таблица 1.8

РЕГИОНАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЯ

Федеральный округ	Угольные бассейны	Величина коэффициента выбросов по типу добычи угля, м ³ /т		
		Добыча подземным способом		Открытая добыча
		Добыча	Последующее обращение	Добыча
Центральный	Подмосковный	8,0	0,6	2,0
Северо-Западный	Печорский	32,1	1,1	6,0
Южный	Донецкий	28,4	7,3	-
Приволжский	Кизеловский, Урало-Каспийский <2> и Южно-Уральский <2>	13,8	0,6	2,0
Уральский	Махневско-Каменский и Челябинский	13,8	0,6	2,0
Сибирский	Горловский, Иркутский, Канско-Ачинский, Кузнецкий, Минусинский, Таймырский, Тунгусский и Улухемский <2>	15,7	3,0	5,5
Дальневосточный	Беринговский, Буреинский, Зырянский, Ленский, Омсукчанский, Партизанский, Раздольненский, Сахалинский, Угловский, Ханкайский, Южно-Уссурийский,	18,9	2,6	5,6

	Южно-Якутский <2> и Западно-Камчатск ий <2>			
--	--	--	--	--

<2> Угольные бассейны, где осуществляется добыча угля только открытым способом.

Таблица 1.9

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ МГЭИК <3>

<3> Значения коэффициентов выбросов приведены при стандартных условиях 15 °С и 1 атм.

Категория (вид деятельности)	Подкатегория (вид операции)	Источник выбросов	Величина коэффициента выбросов CH ₄	Величина коэффициента выбросов CO ₂	Величина коэффициента выбросов N ₂ O	Единицы измерения
Бурение скважин	Все	Сжигание в факелах, продувки и отведение	2,97 10 ⁻⁰⁴	9,00 10 ⁻⁴	-	Гг на 10 ³ м ³ добытой нефти
Опробование скважин	Все	Сжигание в факелах, продувки и отведение	4,51 10 ⁻⁴	7,95 10 ⁻²	5,84 10 ⁻⁷	
Обслуживание скважин	Все	Сжигание в факелах, продувки и отведение	9,55 10 ⁻⁴	1,70 10 ⁻⁵	-	
Добыча газа	Все	Утечки испарения	1,22 10 ⁻²	9,70 10 ⁻⁵	-	Гг на 10 ⁶ м ³ добытого газа
		Сжигание факелах <3>	8,80 10 ⁻⁷	1,40 10 ⁻³	2,50 10 ⁻⁸	
Подготовка газа	Средневзвеш. значения по категории	Утечки испарения	2,50 10 ⁻⁴	2,00 10 ⁻⁵	-	Гг на 10 ⁶ м ³ добытого газа
		Сжигание факелах	2,40 10 ⁻⁶	3,55 10 ⁻³	3,90 10 ⁻⁸	
		Удаление сырого CO ₂	NA	6,75 10 ⁻²	-	
Транспорт и хранение газа	Транспорт	Утечки испарения	6,33 10 ⁻⁴	1,44 10 ⁻⁶	-	Гг на 10 ⁶ м ³ товарного газа
		Продувки отведение	3,92 10 ⁻⁴	5,20 10 ⁻⁶	-	

	Хранение	Все	$4,15 \cdot 10^{-5}$	$1,85 \cdot 10^{-07}$	-	
Распределение газа	Все	Все	$1,80 \cdot 10^{-3}$	$9,55 \cdot 10^{-5}$	-	Гг на 10^6 м ³ потребления газа по сетям среднего и низкого давления
Добыча нефти	Средневзвеш. значения по категории	Утечки испарения и	$1,96 \cdot 10^{-2}$	$2,49 \cdot 10^{-3}$	-	Гг на 10^3 м ³ общей добычи нефти
		Продувки отведение и	$1,04 \cdot 10^{-2}$	$2,15 \cdot 10^{-3}$	-	
		Сжигание факелах в	$2,50 \cdot 10^{-5}$	$4,05 \cdot 10^{-2}$	$6,40 \cdot 10^{-7}$	
Транспорт нефти	Трубопроводы	Все	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$4,9 \cdot 10^{-7}$	-	Гг на 10^3 м ³ переданной нефти

Таблица 1.10

**НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ПЕРЕСЧЕТА МАССОВЫХ ЕДИНИЦ
В ОБЪЕМНЫЕ <4>**

<4> При стандартных условиях 20 °С и 1 атм.

Параметр	Значение, т/м ³
Средневзвешенная плотность нефти	857,8
Средняя плотность газового конденсата	758,9

Таблица 1.11

**ПЕРЕСЧЕТНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ПРИВЕДЕНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ОБЪЕМОМ
К ТРЕБУЕМЫМ УСЛОВИЯМ**

Требуемые условия \ Исходные условия	0 °С, 1 атм.	15 °С, 1 атм.	20 °С, 1 атм.
0 °С, 1 атм.	1	1,055	1,073
15 °С, 1 атм.,	0,948	1	1,017
20 °С, 1 атм.,	0,932	0,983	1

Таблица 2.1

**КАТЕГОРИИ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ В СЕКТОРЕ ППИП
И ВОЗМОЖНЫЕ ВЫБРОСЫ**

Категория	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	ГФУ	ПФУ	SF ₆
2А Производство минеральных материалов						
2А1: Производство цемента	X	*				
2А2: Производство извести	X	*				
2А3: Производство стекла	X	*				
2А4: Другие процессы с использованием карбонатов						
2А4а: Керамика	X	*				

2A4b: Другое использование кальцинированной соды	X	*				
2A4c: Неметаллургическое производство магнезии	X	*				
2A4d: Прочее	X	*				
2A5: Прочее	X	*	*			
2B Химическая промышленность						
2B1: Производство аммиака	X	*	*			
2B2: Производство азотной кислоты	*	*	X			
2B3: Производство адипиновой кислоты	*	*	X			
2B4: Производство капролактама, глиоксаля и глиоксиловой кислоты	*	*	X			
2B5: Производство карбида	X	X	*			
2B6: Производство диоксида титана	X	*	*			
2B7: Производство кальцинированной соды	X	*	*			
2B8: Нефтехимическое производство и производство сажи						
2B8a: Метанол	X	X	*			
2B8b: Этилен	X	X	*			
2B8c: Этилендихлорид и хлористый винил	X	X	*			
2B8d: Окись этилена	X	X	*			
2B8e: Акрилонитрил	X	X	*			
2B8a: Сажа	X	X	*			
2B9: Производство фторсодержащих соединений						
2B9a: Выбросы побочных продуктов				X	X	X
2B9b: Летучие выбросы				X	X	X
2B10: Прочие	*	*	*	*	*	*
2C Metallургическая промышленность						
2C1: Производство чугуна и стали	X	X	*			

2C2: Производство ферросплавов	X	X	*			
2C3: Производство алюминия	X	*			X	
2C4: Производство магния	X			X	X	X
2C5: Производство свинца	X					
2C6: Производство цинка	X					
2C7: Прочее	*	*	*	*	*	*
2D Неэнергетическая продукция, связанная с использованием топлива и растворителей						
2D1: Использование смазочных материалов	X					
2D2: Использование твердых парафинов	X	*	*			
2D3: Использование растворителей						
2D4: Прочее	*	*	*			
2E Электронная промышленность						
2E1: Микросхемы или полупроводники	*		*	X	X	X
2E2: Плоскопанельные дисплеи на тонкопленочных транзисторах				X	X	X
2E3: Фотоэлементы				X	X	X
2E4: Жидкие теплоносители						
2E5: Прочее	*	*	*	*	*	*
2F Использование продукции, заменяющей озоноразрушающие вещества						
2F1: Кондиционирование воздуха и охлаждение						
2F1a: Охлаждение и стационарное кондиционирование воздуха	*			X	X	
2F1b: Мобильное кондиционирование воздуха	*			X	X	
2F2: Пенообразователи	*			X	X	
2F3: Противопожарная защита	*			X	X	
2F4: Аэрозоли				X	X	
2F5: Растворители (Примечание 11)				X	X	

2F6: Прочее	*	*	*	X	X	
2G Производство и использование другой продукции						
2G1: Электрооборудование						
2G1a: Производство электрооборудования					X	X
2G1b: Использование электрооборудования					X	X
2G1c: Утилизация электрооборудования					X	X
2G2: SF ₆ и ПФУ от использования другой продукции						
2G2a: Продукция военного назначения					*	X
2G2b: Ускорители частиц					*	X
2G2c: Прочее					X	X
2G3: N ₂ O от использования продукции						
2G3a: Продукция медицинского назначения			X			
2G3b: Пропелленты для герметизированных продуктов и аэрозолей			X			
2G3c: Прочее			X			
2G4: Прочее	*	*		*		
2H Прочее						
2H1: Целлюлозно-бумажная промышленность	*	*				
2H2: Пищевая и безалкогольная промышленность	*	*				
2H3: Прочее	*	*	*			

Знак 'X' указывает на то, что методика расчетов выбросов имеется и приведена ниже, или приведена в Справочном руководстве.

Знак '*' указывает на то, что выбросы возможны, но методика их расчета в настоящее время отсутствует.

Таблица 2.2

ТИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА
ДЛЯ НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

Тип использования	Примеры видов топлива	Продукция/процесс
Исходное сырье	природный газ, масла, уголь	аммиак
	нафта, природный газ, этан, пропан, бутан, газойль, топливные масла	метанол, олефины (этилен, пропилен), сажа
Восстановитель	нефтяной кокс	карбиды
	уголь, нефтяной кокс	диоксид титана
	доменный кокс, угольная пыль, природный газ	чугун и сталь (первичные)
	доменный кокс	ферросплавы
	нефтяной кокс, смола (аноды)	алюминий
	доменный кокс, уголь	свинец
	доменный кокс, уголь	цинк
Неэнергетическая продукция	смазочные материалы	смазочные свойства
	твердые парафины	различные (например, свечи, покрытия)
	битум (асфальт)	дорожные и кровельные покрытия
	уайт-спирит, некоторые ароматические соединения	в качестве растворителя (краски, химическая чистка)

Таблица 2.3

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРБОНАТОВ

	Категории источников	Коэффициент выбросов	Данные о деятельности для расчета выбросов CO ₂
2A1	Производство цемента	0,526 т произведенного клинкера CO ₂ /т	CO ₂ образуется в процессе получения клинкера - промежуточного продукта при производстве цемента. В процессе производства клинкера известняк, который преимущественно состоит из карбоната (CaCO ₃), нагревают (или кальцинируют) и получают известь (CaO) и побочный продукт CO ₂ . Данные об объемах производства клинкера в регионе могут быть получены в региональных структурах Росстата или в промышленных компаниях.
2A2	Производство извести	0,75 т произведенной извести CO ₂ /т	Данные об объемах производства извести в регионе могут быть получены в региональных структурах Росстата. Сбор данных от промышленных предприятий может привести к недоучету объемов производства извести в регионе, т.к. известь может производиться на многих предприятиях, в том числе для внутреннего потребления на самих предприятиях в качестве сырья для дальнейшей переработки.
2A3	Производство стекла	0,1 т выплавленного стекла CO ₂ /т	Данные об объемах производства стекла могут быть получены в региональных структурах Росстата. В российской статистике данные о производстве листового строительного стекла представлены в квадратных метрах. Данные о производстве тарного стекла представлены в бутылках и условных банках. Данные о плотности и толщине различных видов строительного стекла, а также средний вес банок и бутылок представлены в таблице 2.4 . Эти данные необходимы для пересчета статистических данных в тонны.
2A4	Другие процессы с использованием карбонатов		
2A4a	Производство керамики	0,05 т произведенных керамических изделий CO ₂ /т	Керамика включает производство керамических кирпичей (производство силикатных кирпичей не приводит к выбросам CO ₂) и кровельной черепицы, керамических труб, огнеупорных и керамзитовых изделий, напольной и стеновой плитки, керамической сантехники. Выбросы от процесса производства керамики происходят в результате кальцинирования карбонатов глины. Данные об объемах производства керамических кирпичей, керамической плитки, сантехники и др. изделий могут быть получены в региональных

			структурах Росстата. Эти данные должны быть пересчитаны в единицы веса (тонны) - см. таблицу 2.5 .
2A4 b	Использование кальцинированной соды	0,415 т потребленной кальцинированной соды CO ₂ /т	Потребление кальцинированной соды (карбонат динатрия, Na ₂ CO ₃) приводит к выбросам CO ₂ . Потребление кальцинированной соды в регионе оценивается производство соды в регионе плюс ввоз соды в регион минус вывоз соды из региона. Если данные о межрегиональной торговле отсутствуют, можно принять, что потребление соды в регионе равно ее производству в регионе. Данные об объемах производства кальцинированной соды (карбоната динатрия) в регионе могут быть получены в региональных структурах Росстата.
22A 4c	Неметаллургическое производство магнезии	0,487 т CO ₂ /т магнезита, использованного для производства огнеупоров	Данные об объемах использования магнезита могут быть получены на предприятиях или в промышленных компаниях.
22A 4d	Прочее		При отнесении выбросов к этой категории источников составители кадастра должны быть внимательны, чтобы не допустить двойного учета выбросов, которые уже были отражены в других категориях источников.
2A4 d	Обжиг доломитов	0,434 т CO ₂ /т доломита, использованного для производства огнеупоров или в металлургии	Данные об объемах использования доломитов могут быть получены на предприятиях или в промышленных компаниях.
22C	Использование известняков в качестве флюсов в металлургии	0,423 т известняков, использованных в качестве флюсов в металлургии CO ₂ /т	Выбросы CO ₂ от использования известняков в качестве флюсов в металлургии должны учитываться в секторе 2C (Металлургическая промышленность) по региону их потребления. Данные об объемах использования известняков могут быть получены на металлургических предприятиях и в промышленных компаниях.

Таблица 2.4

ТОЛЩИНА И ПЛОТНОСТЬ ЛИСТОВОГО СТРОИТЕЛЬНОГО СТЕКЛА.
СРЕДНИЙ ВЕС ТАРНОГО СТЕКЛА

Вид стекла	Толщина, мм
Оконное	2 - 6
Термополированное	6,5 - 7
Закаленное	> 4,5
Плотность строительного стекла, г/см ³	2,5
Вес условной банки, кг	0,25
Средний вес бутылки, кг	0,43

Таблица 2.5

ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЕСА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Наименование параметра	Значение
Вес условного кирпича, кг	3,8
Средний вес санитарного керамического изделия, кг	18
Средний вес 1 м ² керамической плитки для внутренней облицовки стен, кг	14
Средний вес 1 м ² керамической плитки для полов, кг	19
Средний вес 1 м ² фасадной керамической плитки, кг	25

Таблица 2.6

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ CO₂ И CH₄ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

	Категории источников	Коэффициент выбросов		Данные о деятельности для расчета выбросов
		CO ₂	CH ₄	
2B1	Производство аммиака	2,172 т произведенного аммиака	CO ₂ /т -	<p>Данные о производстве аммиака могут быть получены в территориальных органах Росстата или непосредственно на предприятиях по производству аммиака, расположенных в данном субъекте РФ.</p> <p>Выбросы CO₂ связаны с использованием природного газа в процессе производства аммиака. Выбросы от всего газа, израсходованного при производстве аммиака (включая газ, использованный как сырье, и газ, использованный для поддержания необходимой температуры в технологических аппаратах), относятся к сектору ПШИП. Следует избегать двойного учета потребления этого газа, т.е. не учитывать его при расчете выбросов в секторе "Энергетика".</p> <p>Средний расход природного газа (топливо + сырье) составляет в России 1180 м³/тонну произведенного аммиака.</p>
2B5	Производство карбидов			
	Производство карбида кремния	2,62 т CO ₂ /т продукции карбида кремния	11,6 кг CH ₄ /т продукции карбида кремния	Карбид кремния в РФ производится на единственном предприятии - Волжском абразивном заводе. Данные о производстве могут быть получены непосредственно на предприятии.
	Производство карбида кальция	1,09 т CO ₂ /т продукции карбида	-	Данные о производстве карбида кальция могут быть получены в территориальных органах Росстата или непосредственно на предприятиях-производителях.
	Использование карбида кальция	1,10 т CO ₂ /т карбида кальция, потребленного при производстве ацетилена	-	Если отсутствуют данные о потреблении карбида кальция в регионе, можно принять, что весь карбид кальция, произведенный в регионе, используется в этом же регионе на производство ацетилена.
2B6	Производство диоксида	1,34 т CO ₂ /т продукции	-	Российская статистика не проводит учет производства диоксида титана, поэтому данные об объемах производства титана могут быть получены

	титана	диоксида титана		только на предприятиях-производителях или в промышленных компаниях.
2B8	Нефтехимическое производство и производство сажи			
2B8 a	Метанол	0,67 т CO ₂ /т продукции метанола	2,3 кг CH ₄ /т продукции метанола	Данные об объемах производства метанола могут быть получены в территориальных органах Росстата или непосредственно на предприятиях-производителях.
2B8 b	Этилен	2,25 т CO ₂ /т продукции этилена	3,0 кг CH ₄ /т продукции этилена	Данные об объемах производства этилена могут быть получены в территориальных органах Росстата или непосредственно на предприятиях-производителях.
2B8 c	Этилендихлорид и хлористый винил	0,294 т CO ₂ /т продукции хлористого винила	0,023 кг CH ₄ /т продукции винилхлорида	Расчеты выбросов могут базироваться на данных о производстве этилендихлорида (промежуточный продукт) или на данных о производстве хлористого винила (винилхлорида). Российская статистика учитывает производство винилхлорида, поэтому приводится коэффициент выбросов для данных о деятельности по производству хлористого винила. Данные об объемах производства винилхлорида могут быть получены в территориальных органах Росстата или непосредственно на предприятиях-производителях.
2B8 d	Этиленоксид	0,863 т CO ₂ /т продукции этиленоксида	1,79 кг CH ₄ /т продукции этиленоксида	Российская статистика не проводит учет производства этиленоксида, поэтому данные об объемах производства могут быть получены только на предприятиях-производителях или в промышленных компаниях
2B8 e	Акрилонитрил	1,00 т CO ₂ /т продукции акрилонитрила	0,18 кг CH ₄ /т продукции акрилонитрила	Российская статистика не проводит учет производства акрилонитрила с 2010 г., поэтому данные об объемах производства могут быть получены только на предприятиях-производителях или в промышленных компаниях
2B8 f	Сажа (углерод технический)	2,62 т CO ₂ /т продукции сажи	0,06 кг CH ₄ /т продукции сажи	Данные об объемах производства сажи (углерода технического) могут быть получены в территориальных органах Росстата или непосредственно на предприятиях-производителях

Таблица 2.7

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ N₂O В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

	Категории источников	Коэффициент выбросов	Данные о деятельности для расчета выбросов
2В 2	Производство азотной кислоты	2,0 кг N ₂ O/т азотной кислоты	<p>Для расчета выбросов N₂O нужны данные об объемах производства 100%-ной азотной кислоты. Российская статистика учитывает производство товарной слабой кислоты и производство крепкой кислоты. Неконцентрированная азотная кислота, как правило, используется для внутривозовского применения и только небольшая доля ее транспортируется за пределы предприятия. Мощности по ее производству сбалансированы с мощностями по производству минеральных удобрений.</p> <p>Данные об объемах производства для расчетов выбросов должны учитывать статистические данные об объемах производства товарной слабой кислоты и крепкой кислоты, а также количество слабой кислоты, которое было использовано на предприятиях для производства удобрений.</p> <p>Данные российской статистики представляются в моногидрате. Для пересчета этих данных в 100%-ную HNO₃ нужно количество азотной кислоты, представленное в моногидрате, умножить на дробь 63/81, в соответствии с молярными соотношениями.</p> <p>Для оценки количества слабой HNO₃, использованной для производства удобрений, можно воспользоваться данными об объемах производства минеральных удобрений. В таблице 1.8 перечислены минеральные удобрения, при производстве которых используется азотная кислота, и представлены расходные коэффициенты для оценки количества азотной кислоты, использованной для их производства.</p> <p>Данные о производстве азотной кислоты и минеральных удобрений могут быть получены в региональных органах Росстата, а также в промышленных компаниях и на предприятиях.</p>
2В 4	Производство капролактама	9,0 кг N ₂ O/т капролактама	<p>С 2010 г. Росстат не учитывает производство капролактама. Поэтому данные об объемах производства с 2010 г. могут быть получены только на предприятиях - производителях капролактама. В РФ капролактама в настоящее время производится на трех предприятиях: "Куйбышевазот", "Азот" (Кемерово) и "Щекиноазот".</p>
2В 4	Производство глиоксаля и глиоксиловой		<p>Малотоннажные производства глиоксаля организованы в РФ в 2009 г. Технология производства глиоксаля в РФ не приводит к выбросам парниковых газов. Поскольку лишь часть глиоксаля перерабатывается в глиоксиловую кислоту,</p>

	кислоты		то выбросы от ее производства очень незначительны и могут не рассчитываться.
--	---------	--	--

Таблица 2.8

КОЭФФИЦИЕНТЫ РАСХОДА АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ НА ПРОИЗВОДСТВО
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Вид удобрения	Коэффициент, т/т
Нитрат аммония	0,786
Нитрат кальция	0,768
Нитрат натрия	0,741
Нитроаммофоска (азофоска)	0,215

Таблица 2.9

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ГФУ, ПФУ И SF₆ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

	Категории источников	Коэффициент выбросов	Данные о деятельности
2B9	Производство фторсодержащих соединений		
2B9 a	Выбросы ГФУ-23 от производства ГХФУ-22	См. таблицу 1.10	В Российской Федерации ГХФУ-22 производится на трех химических комбинатах: ОАО "Галополимер Пермь", ООО "Галополимер Кирово-Чепецк", ВОАО "Химпром". На первых двух комбинатах, доля которых в суммарном производстве ГХФУ-22 превышает 90%, были выполнены проекты совместного осуществления Киотского протокола, в результате которых объем улавливания и разрушения выбросов ГФУ-23 существенно увеличился и с 2011 года составляет около 90% объема выбросов. ВОАО "Химпром" не осуществляет улавливание и разрушение попутного ГФУ-23. Данные об объемах производства и улавливания ГХФУ-22 могут быть получены в промышленных компаниях и на предприятиях.
2B9 b	Выбросы от производства ГФУ и ПФУ	0,5% от объема производства	Данные об объемах производства ГФУ и ПФУ могут быть получены только в промышленных компаниях и на предприятиях.
2B9 b	Выбросы от производства SF ₆	4% от объема производства	Данные об объемах производства гексафторида серы могут быть получены только в промышленных компаниях и на предприятиях. Там же могут быть получены и коэффициенты выбросов. В соответствии с эффективной практикой рекомендуется использовать коэффициент выбросов SF ₆ , полученный от предприятия. При этом следует убедиться, что полученный коэффициент выбросов учитывает улавливание SF ₆ , если оно практикуется на предприятии.

Таблица 2.10

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ГФУ-23 БЕЗ УЧЕТА УЛАВЛИВАНИЯ

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

Таблица 2.11

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ CO₂ И CH₄ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

	Категории источников	Коэффициент выбросов		Данные о деятельности для расчета выбросов
		CO ₂ , т CO ₂ /т продукции	CH ₄ , кг CH ₄ /т продукции	
	Производство кокса (выбросы учитываются в секторе "Энергетика")	0,56	0,0001	Данные об объемах производства кокса могут быть получены в территориальных органах Росстата или непосредственно на предприятиях-производителях
2С 1	Производство чугуна и стали			
	Производство агломерата	0,20	0,07	Данные об объемах производства продукции могут быть получены в территориальных органах Росстата или непосредственно на предприятиях-производителях
	Производство окатышей	0,03	-	
	Производство чугуна	1,50		
	Производство железа прямого восстановления	0,53	0,011	

	Производство кислородно-конвертерной и мартеновской стали	0,13	-	ителей
	Производство электростали	0,05	-	
2С 2	Производство ферросплавов			
	Ферросилиций 45% Si	2,5		Данные о производстве ферросилиция, ферромарганца, силикомарганца и феррохрома могут быть получены в территориальных органах Росстата или непосредственно на предприятиях-производителях. Производство металлического кремния российской статистикой в настоящее время не учитывается, поэтому данные могут быть получены только на предприятии-производителе или в промышленной компании
	Ферросилиций 65% Si	3,6	1,0	
	Ферросилиций 75% Si	4,0	1,0	
	Ферросилиций 90% Si	4,8	1,1	
	Ферромарганец (7% C)	1,3	-	
	Ферромарганец (1% C)	1,5	-	
	Силикомарганец	1,4	-	
	Металлический кремний	5,0	1,2	
	Феррохром	1,3 (1,6 с заводом агломерата)	-	

Таблица 2.12

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

	Категории источников	Коэффициенты выбросов			
		CO ₂ , т CO ₂ /т продукци и	CF ₄ , кг CF ₄ /т продукци и	C ₂ F ₆ , кг C ₂ F ₆ /т продукци и	SF ₆ , кг SF ₆ /т продукци и
2С 3	Производство алюминия (технология CWPB/PFPB)	1,6	0,026	0,0031	-
2С 3	Производство алюминия (технология SWPB)	1,6	0,235	0,0592	-

2С 3	Производство алюминия (технология HSS)	1,7	0,129	0,0069	-
2С 3	Производство алюминия (технология VSS)	1,7	0,115	0,0097	-
2С 5	Производство первичного свинца	0,52	-	-	-
2С 5	Производство вторичного свинца	0,20	-	-	-
2С 6	Производство цинка	0,62	-	-	-

Таблица 3.1

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНУТРЕННЕЙ ФЕРМЕНТАЦИИ,
СБОРА И ХРАНЕНИЯ НАВОЗА, А ТАКЖЕ КОЛИЧЕСТВО АЗОТА В НАВОЗЕ,
ВНОСИМОМ В ПОЧВЫ И ОСТАВЛЕННОМ НА ПАСТБИЩАХ
И ОГОРОЖЕННЫХ ВЫГУЛАХ

Категории животных и птицы	EF _{ФЕРМ} Выбросы CH ₄ при внутренней ферментации, кг CH ₄ /год на голову	EF _{CH4-MMS} Выбросы CH ₄ от систем сбора и хранения навоза, кг CH ₄ /год на голову	EF _{N2Odir-MMS} Прямые выбросы N ₂ O от систем сбора и хранения навоза, кг N ₂ O/год на голову	EF _{N2Oindir-MMS} Косвенные выбросы N ₂ O от систем сбора и хранения навоза, кг N ₂ O/год на голову	Количество азота в навозе, которое вносится в обрабатываемые почвы, кг N/год на голову F _{ON}	Количество азота в навозе и помете, оставленных на пастбищах и огороженных выгулах, кг N/год на голову F _{PRP}
Коровы	109	4,8	0,57	0,36	46,5	19,3
Остальное поголовье КРС	57	3,0	0,32	0,30	23,4	16,3
Овцы	8	0,19	0,08	0,02	8,9	2,3
Козы	5	0,13	0,11	0,03	12,5	3,3
Верблюды	46	1,58	0,19	0,05	27,1	5,5
Лошади	18	1,56	0,23	0,06	34,3	6,6
Мулы и ослы	10	0,76	0,09	0,02	13,6	2,6
Олени	20	0,369	0,05	0,01	10,2	1,6
Свиньи	1,3	3,34	0,17	0,16	11,1	0,0
Домашняя птица	---	0,078 <1>				
мясные куры, петухи	---	0,02	0,01	0,01	0,8	0,1
куры-несушки	---	0,03	0,01	0,01	0,5	0,1
цыплята	---	0,02	0,004	0,004	0,3	0,0
гуси	---	0,02	0,02	0,01	1,2	0,1

гусята	---	0,02	0,01	0,01	0,8	0,1
другая взрослая птица	---	0,045	0,02	0,01	1,3	0,1
молодняк другой птицы	---	0,02	0,01	0,01	0,8	0,1
Кролики	0,59	0,08	0,06	0,02	6,9	0,0
Лисы	0,30	0,68	0,09	0,02	10,3	0,0
Песцы	0,27	0,68	0,09	0,02	10,3	0,0
Норки	0,06	0,68	0,04	0,01	3,9	0,0
Нутрии	0,35	0,68	0,04	0,02	3,0	0,0
Прочий скот (напр. ламы)	См. Справочное руководство					

Таблица 3.2

**КОЭФФИЦИЕНТЫ И ПАРАМЕТРЫ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРЯМЫХ
И КОСВЕННЫХ ВЫБРОСОВ N₂O ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ**

Коэффициент выбросов	Значение по умолчанию	Диапазон неопределенности
EF1 для добавлений азота от минеральных удобрений, азота навоза и растительных остатков и для минерализованного азота из минеральных почв в результате потери почвенного углерода, кг N ₂ O-N/кг N (кроме рисовых полей)	0,0137	0,0006 - 0,0357
EF1FR для добавлений азота в затопляемые рисовые поля, кг N ₂ O-N/кг N	0,003	0,000 - 0,006
EF2C для осушенных органогенных почв обрабатываемых земель, кг N ₂ O-N/га	7	5 - 9
EF2G для осушенных органогенных почв сенокосов и пастбищ, кг N ₂ O-N/га	9,5	4,6 - 14
EF3PRP, CPP для крупного рогатого скота (коровы и остальное поголовье КРС), домашней птицы и свиней, кг N ₂ O-N/кг N	0,02	0,007 - 0,06
EF3PRP, SO для овец и "прочих животных", кг N ₂ O-N/кг N	0,01	0,003 - 0,03
EF4 улетучивание и повторное осаждение азота, кг N ₂ O-N/(кг улетучившегося NH ₃ -N + NO _x -N)	0,010	0,002 - 0,05
EF5 вымывание/сток, кг N ₂ O-N/(кг N для вымывания/стока)	0,0075	0,0005 - 0,025
FracGASF улетучивание от минерального удобрения (кг NH ₃ -N + NO _x -N)/кг внесенного N)	0,10	0,03 - 0,3
FracGASM улетучивание от всех внесенного в почвы навоза, а также навоза/помета и мочи, оставленных пастбищными животными (кг NH ₃ -N + NO _x -N)/(кг азота, внесенного или оставленного)	0,20	0,05 - 0,5
FracLEACH-(H) потери азота с вымыванием/стоком для регионов, где суммарные годовые осадки превышают величину потенциального испарения), кг N/(кг внесенного или оставленного на пастбищах азота)	0,30	0,1 - 0,8

Таблица 3.3

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ПО КОЛИЧЕСТВУ АЗОТА В НАДЗЕМНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ
ОСТАТКАХ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ, КГ N/ГА**

Культура	Количество азота в растительных остатках, кг N/га	Культура	Количество азота в растительных остатках, кг N/га
Озимая рожь	18,01	Картофель	28,67
Яровая рожь	12,45	Сахарная свекла	41,10
Озимая пшеница	27,14	Овощи	16,79
Яровая пшеница	20,23	Кормовые корнеплоды	21,92
Озимый ячмень	38,96	Лен	15,59
Яровой ячмень	27,73	Рапс	30,37
Овес	16,92	Конопля	12,45
Просо	13,43	Силосные	29,28
Кукуруза на зерно	42,16	Кукуруза на силос	39,77
Горох	34,61	Однолетние травы	29,23
Гречиха	15,76	Многолетние травы	20,72
Сорго	13,42	Бахчевые культуры	11,18
Подсолнечник	32,30	Рис	36,87

Таблица 4.1

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ DOC, ИСКОПАЕМОГО УГЛЕРОДА И ВЛАЖНОСТИ ОТХОДОВ

Категория/Тип отходов <5>	DOC (влажные отходы), %	С ископаемый (влажные отходы), %	С ископаемый (сухие отходы), %	Влажность <6>, %
ТБО <7>:				
Средняя климатическая зона	21,4	0,7	1,1	38,0
Южная климатическая зона	14,7	0,7	1,3	41,0

Северная климатическая зона	14,8	0,8	1,1	29,7
Промышленные отходы:				
Продукты питания, напитки и табачные изделия (за исключением отстоя сточных вод)	15,0	0,0	0,0	60,0
Текстиль	24,0	16,0	20,0	20,0
Древесина и древесные изделия	43,0	-	0,0	15,0
Целлюлоза и бумага (за исключением отстоя сточных вод)	40,0	1,0	1,1	10,0
Нефтепродукты, растворители и пластик	0,0	64,0	80,0	0,0
Резина	- <8>	17,0	20,2	16,0
Строительство и демонтаж	4,0	20,0	20,0	0,0
Другое	1,0	3,0	3,3	10,0
Промышленные отходы в целом <9>	1,0	-	45,0	- <10>
Отходы медицинских учреждений	15,0	10,0	24,0	35,0
Отстой бытовых сточных вод	2,0	0,0	0,0	94,0
Отстой промышленных сточных вод	9,0	-	-	65,0
Ископаемые	0,0	80,0	-	100,0

жидкие отходы				
---------------	--	--	--	--

<5> При рассмотрении видового состава категории "промышленные отходы" отходы объединяют по типам, классифицируемым по основному материалу отходов.

<6> Приведенное здесь содержание влажности распространяется на отходы при их образовании.

<7> При выполнении расчетов без учета климатических зон в расчете используются значения для средней зоны.

<8> Натуральные резиновые изделия содержат DOC, но практически не разлагаются в анаэробных условиях на СТО.

<9> Данные значения рекомендованы для всех отходов производства, когда данные по массе отходов в соответствии с типом промышленности недоступны. При этом отходы горной промышленности и карьерных работ должны быть исключены из расчета.

<10> Содержание воды в разных видах промышленных отходов значительно различается.

Таблица 4.2

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДАННЫЕ ПО ОБРАЗОВАНИЮ ТБО

Система сбора отходов	Среднедушевое образование ТБО, кг/чел · год	Плотность ТБО, кг/м ³
Городские территории	225	210
Сельские территории	350	270

Таблица 4.3

ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ МГЭИК ДЛЯ МЕТАНА (МСФ)

Тип свалки	Значение МСФ
Управляемая <1> - анаэробная	1,0
Неуправляемая - глубокая (> 5 м отходов)	0,8
Неуправляемая - неглубокая (< 5 м отходов)	0,4
СТО вне категории <2>	0,6

<1> Свалка (полигон) считается управляемой, если отходы размещаются на специальных площадках и при этом соблюдается хотя бы одно из следующих условий: (i) отходы чем-либо укрываются, (ii) осуществляется их механическое

уплотнение, (iii) отходы укрываются послойно.

<2> Используется в том случае, если СТО не могут быть классифицированы в соответствии с указанными категориями.

Таблица 4.4

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ N₂O ПРИ СЖИГАНИИ ОТХОДОВ

Категория отходов	Коэффициент выбросов (г N ₂ O/т отходов)	Тип веса
ТБО	55	влажный вес
Промышленные отходы <1>	100	влажный вес
Осадки сточных вод (за исключением канализационных)	450	влажный вес
Отстой бытовых сточных вод (канализационные осадки)	900	влажный вес

<1> Включает все виды промышленных отходов и отходы, классифицированные как "другие" в разделе 5.1.1.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ТАБЛИЧНЫЙ ФОРМАТ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Регион:

Общие региональные выбросы ПГ <1>
(лист 1 из 3)

Отчетный год:
Год разработки инвентаризации:

Категории источников выбросов ПГ <2>	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	ГФУ	ПФУ	Смесь ГФУ и ПФУ	SF ₆	NF ₃
	(тыс. т)			(тыс. т CO ₂ экв.)			(тыс. т)	
Общий объем региональных выбросов и абсорбция <3>, <4>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. Энергетика	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#
А. Сжигание топлива								
Базовый подход		#	#	#	#	#	#	#
Секторальный подход	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#
1. Энергетические отрасли				#	#	#	#	#

2. Промышленность и строительство				#	#	#	#	#
3. Транспорт				#	#	#	#	#
4. Другие сектора				#	#	#	#	#
5. Прочие				#	#	#	#	#
В. Летучие (фугитивные) выбросы от топлива	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#
1. Твердое топливо				#	#	#	#	#
2. Нефть и природный газ и другие выбросы в результате производства энергии				#	#	#	#	#
С. Транспортировка и геологическое хранение CO ₂				#	#	#	#	#
2. Промышленные процессы и использование продукции	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
А. Производство продукции из минерального сырья		#	#	#	#	#	#	#
В. Химическая промышленность								
С. Metallургическая промышленность								
Д. Неэнергетическое использование топлив и использование растворителей				#	#	#	#	#
Е. Электронная промышленность	#	#	#					
Ф. Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ	#	#	#					
Г. Производство и использование другой продукции								
Н. Прочее								

КонсультантПлюс: примечание.

Тонированные ячейки, содержащие автоматические ссылки и формулы в официальном тексте документа, в электронной версии выделены знаком "#".

Выбросы CO ₂ от биомассы		#	#	#	#	#	#	#
Уловленный CO ₂		#	#	#	#	#	#	#
Длительное хранение С в местах захоронения отходов		#	#	#	#	#	#	#

<1> Заполнению (данными или условными обозначениями) подлежат все незакрашенные ячейки. Тонированные ячейки содержат автоматические ссылки и формулы, которые не должны быть изменены.

<2> Условные обозначения (NK (Notation Key)) включают: NA (not applicable) - не применимо, NE (not estimated) - не оценено, NO (not occurring) - не происходит, IE (included elsewhere) - включено в другом месте.

<3> Выбросы ПГ, представленные в разделе "Справочная информация", не должны быть суммированы с общими региональными выбросами.

Регион:

Общие региональные выбросы ПГ
в CO₂ эквиваленте <1>, <2>
(лист 1 из 1)

Отчетный год:
Год разработки инвентаризации:

Категории источников выбросов ПГ	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	ГФУ	ПФУ	SF ₆	Смесь ГФУ и ПФУ	NF ₃	Всего
	CO ₂ экв. (тыс. т)								
Всего	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. Энергетика	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
А. Сжигание топлива (секторальный подход)	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
1. Энергетические отрасли	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
2. Промышленность и строительство	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
3. Транспорт	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
4. Другие сектора	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
5. Прочие	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
В. Летучие (фугитивные)	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00

выбросы от топлива									
1. Твердое топливо	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
2. Нефть и природный газ и другие выбросы в результате производства энергии	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
С. Транспортировка и геологическое хранение CO ₂	0,00	#	#	#	#	#	#	#	0,00
2. Промышленные процессы и использование продукции	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
А. Производство продукции из минерального сырья	0,00	#	#	#	#	#	#	#	0,00
В. Химическая промышленность	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
С. Металлургическая промышленность	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Д. Неэнергетическое использование топлив и использование растворителей	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0
Е. Электронная промышленность	#	#	#	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Ф. Использование продукции как заменителей озоноразрушающих веществ	#	#	#	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Г. Производство и использование другой продукции	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Н. Прочее	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
3. Сельское хозяйство	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
А. Внутренняя ферментация	#	0,00	#	#	#	#	#	#	0,00
В. Сбор, хранение и использование навоза	#	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
С. Выращивание риса	#	0,00	#	#	#	#	#	#	0,00
Д. Сельскохозяйственные почвы	#	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00

Справочная информация:	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Международное бункерное топливо	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
Авиация	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
Водный транспорт	0,00	0,00	0,00	#	#	#	#	#	0,00
Многосторонние операции	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Выбросы CO ₂ от биомассы	0,00	#	#	#	#	#	#	#	0,00
Уловленный CO ₂	0,00	#	#	#	#	#	#	#	0,00
Длительное хранение С в местах захоронения отходов	0,00	#	#	#	#	#	#	#	0,00

Всего выбросы, CO ₂ экв.	0,00
-------------------------------------	------

<1> Данная таблица заполняется автоматически на основе информации в таблице "Общие региональные выбросы ПГ", которая состоит из 3-х рабочих таблиц (см. предыдущие листы). Не допускайте ручного ввода информации в данной таблице. Для корректной оценки общих региональных выбросов в CO₂ экв. удостоверьтесь в заполнении всех незакрашенных ячеек в таблице "Общие региональные выбросы ПГ".

<2> НК (Notation Key) - условное обозначение. Показывает, что для всех подкатегорий данного источника вместо оценок выбросов соответствующие ячейки в таблице "Общие региональные выбросы ПГ" заполнены условными обозначениями: NA (not applicable) - не применимо, NE (not estimated) - не оценено, NO (not occurring) - не происходит, IE (included elsewhere) - включено в другом месте.

<3> Сектор Землепользование, изменение в землепользовании и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ) не заполняется.