

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 V. Отходы

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1 ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 2 ДАННЫЕ ОБ ОБРАЗОВАНИИ И СОСТАВЕ ОТХОДОВ И ОБ УПРАВЛЕНИИ ОТХОДАМИ.....	6
2.1 ВВЕДЕНИЕ.....	6
2.2 ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ	8
2.3 ОТСТОЙ СТОЧНЫХ ВОД	11
2.4 ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ	12
2.5 ДРУГИЕ ВИДЫ ОТХОДОВ	14
Глава 3 ЗАХОРОНЕНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ.....	16
3.1 ВВЕДЕНИЕ.....	16
3.2 ВЫБОР МЕТОДА РАСЧЕТА	16
3.2.1 Модель затухания первого порядка	18
3.2.2 Модели ЗПП для табличных расчетов	21
3.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	22
3.4 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ И ПАРАМЕТРОВ.....	24
3.4.1 Способный к разложению органический углерод (DOC)	24
3.4.2 Доля фактически разложившегося способного к разложению органического углерода (DOC _f).....	25
3.4.3 Поправочный коэффициент для метана (MCF)	26
3.4.4 Доля CH ₄ в газе, образованном на свалках (F).....	27
3.4.5 Коэффициент окисления (OX).....	27
3.4.6. Период полураспада и постоянная реакции ЗПП (k).....	28
3.4.7 Рекуперация метана (R).....	29
ГЛАВА 4 БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ	30
4.1 ВВЕДЕНИЕ.....	30
4.2 ВЫБОР МЕТОДА РАСЧЕТА	31
4.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	32

4.3.1	Масса биологически переработанных отходов (BW).....	32
4.3.2	Рекуперированный метан (R).....	33
4.4	ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ.....	33
ГЛАВА 5 СЖИГАНИЕ ОТХОДОВ.....		35
5.1	ВВЕДЕНИЕ.....	35
5.2	ВЫБОР МЕТОДА РАСЧЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫБРОСОВ CO ₂	36
5.2.1	Выбросы CO ₂ от сжигания твердых отходов.....	36
5.2.2	Выбросы CO ₂ при инсинерации жидких отходов.....	38
5.2.3	Выбор метода для определения выбросов N ₂ O.....	39
5.3	ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	40
5.3.1	Количество сожженных отходов.....	40
5.3.2	Содержание сухого вещества (dm).....	41
5.4	ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ.....	42
5.4.1	Коэффициенты выбросов CO ₂	42
5.4.2	Коэффициенты выбросов N ₂ O.....	43
ГЛАВА 6 ОЧИСТКА И СБРОС СТОЧНЫХ ВОД.....		45
6.1	ВВЕДЕНИЕ.....	45
6.2	ВЫБРОСЫ МЕТАНА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД.....	50
6.2.1	Бытовые сточные воды.....	50
6.2.2	Промышленные сточные воды.....	56
6.3	ВЫБРОСЫ ЗАКИСИ АЗОТА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД.....	61
6.3.1	Выбор метода расчета.....	61
6.3.2	Выбор данных о деятельности.....	63
6.3.3	Выбор коэффициентов выбросов.....	64
Список литературы.....		65
ПРИЛОЖЕНИЕ. РАБОЧИЕ ФОРМУЛЯРЫ.....		66

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. Отходы	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 небиоуглерод (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 биоуглерод (древесина, бумага и т.п.) также учитываются в секторе «Энергетика», если они происходят с использованием выделяющейся при сжигании энергии¹.

Выбросы CO₂, связанные с захоронением твердых отходов и выбросы CO₂, происходящие при обработке сточных вод, содержат только биоуглерод 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.

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. тт. 1 и 2 настоящих Методических рекомендаций).

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 демонтажных 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 CH_4 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 включа-

ются. Выбросы от вторичного использования отходов в секторе «Отходы» не рассматриваются.



Рисунок 2.1 – Основные потоки движения твердых отходов*

* **Примечание:** 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, дос, общего углерода и ископаемого углерода (Межправительственная, 2006; Методические указания, 1989)*

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 ДОС, но практически не разлагаются в анаэробных условиях на СТО.

⁵ Данные основаны на экспертной оценке.

* – 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.

Таблица 2.3 – Рекомендуемый усредненный состав компонентов ТБО за 1990¹, 2001² и 2005³ годы, % по массе* (для влажного веса отходов)

	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)									

* – значения, приведенные в процентах, при расчетах следует переводить в доли путем деления на 100.

При проведении расчетов без учета изменения ДОС и С 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 регио-

нальных 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 ДОС 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 ДОС 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 задокументи-

рованы 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) *

Вид промышленности	DOC %	Общее содержание С %	Содержание ископаемого С в общей массе С %	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.

* – значения, приведенные в процентах, при расчетах следует переводить в доли путем деления на 100.

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)

Вид отхода	DOC %	Общее содержание С %	Содержание ископаемого С %	Содержание ископаемого С в общей массе С %	Содержание сухого в-ва %
Отходы медицинских учреждений	15	40	25	62	65
Опасные отходы	Нет данных	Нет данных	40	Нет данных	77

* – значения, приведенные в процентах, при расчетах следует переводить в доли путем деления на 100.

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 не-санкционированных 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 свалок² 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 десятилетий 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 учитываемые 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 CH_4 от СТО

$$\text{Выбросы } \text{CH}_4 = \sum_{i,j} [(\text{CH}_4 \text{ образованный}_{i,j} - R_j) \cdot (1 - \text{OX}_j)]$$

где:

Выбросы $\text{CH}_4 = \text{CH}_4$, выброшенный в атмосферу от СТО, Гг;

CH_4 образованный $_{i,j} = \text{CH}_4$, 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 CH_4 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 CH_4

$$\text{CH}_4 \text{ образованный} = \text{DDOCm decomp} \cdot F \cdot 16/12$$

где:

CH_4 образованный = количество CH_4 , образованного в год, учитываемы в кадастре, Гг;

$\text{DDOCm}_{\text{decomp}}$ = масса разложимого органического углерода, распавшегося в год, для которого выполняется инвентаризация, Гг;

F = доля CH_4 , по объему, в образованном на свалках газе;

16/12 = соотношение молекулярного веса CH_4/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 (DDOCm). 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

$$\text{DDOCm}_t = \text{DDOCm}_0 \cdot e^{-kt}$$

где:

DDOCm_t = масса способного к разложению органического углерода, который останется ко времени t на СТО, Гг;

DDOCm_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 течении 1 расчетного года, то в общем случае значение DDOCm , 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

Ddocm , разложившийся за год t

$$\text{DDOCm}_{\text{decomp}_T} = \text{DDOCm}_0 \cdot [e^{-k(t-1)} - e^{-kt}]$$

где:

$\text{DDOCm}_{\text{decomp}_T}$ = масса органического углерода (DDOCm), разложившегося в период между (t-1) и t, Гг;

T = означает год, для которого производится расчет, относительно начального года 0;

DDOCm_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 $\text{DDOC}_m \text{ decomp}$) 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

$$\text{DDOC}_{mT} = \text{DDOC}_{mdT} + (\text{DDOC}_{mT-1} \cdot e^{-k})$$

Уравнение 3.6

Масса способного к разложению органического углерода, разложившегося в год T

$$\text{DDOC}_m \text{ decomp}_T = \text{DDOC}_{mT-1} \cdot (1 - e^{-k})$$

где:

$\text{DDOC}_m \text{ decomp}_T = \text{DDOC}_m$, разложившийся до CH_4 в расчетный год T , Гг;

T = год, для которого производится расчет (учитываемый исторический год);

$\text{DDOC}_{mT} = \text{DDOC}_m$, накопленный на СТО к концу года T , Гг;

$\text{DDOC}_{mT-1} = \text{DDOC}_m$ накопленный на СТО к концу года предыдущего года ($T-1$), Гг;

$\text{DDOC}_{mdT} = \text{DDOC}_m$ 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 СН₄ 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

$$DDOC_{mT} = W_T \cdot DOC_T \cdot DOC_f \cdot MCF_T$$

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 СН₄ 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 МГЭИК³.

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 $DDOC_{mT}$, $DDOC_{mat}$, $DDOC_{m\ decomp}$.

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 (Т)	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 управления ими. Эффективной практикой здесь явля-

ется учет воздействия процессов сортировки, переработки или компостирования на количество и состав отходов, отправленных на СТО. Так же 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 так же 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 приводится 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 регио-

нальных 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 раздельном 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 раз-

личных 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

DOCf, 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

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) 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 MCF для «СТО вне категории».

⁴ Термин «поправочный коэффициент для метана» (MCF) в данном контексте нельзя путать с коэффициентом преобразования метана (MCF), упоминаемым в секторе «Сельское хозяйство».

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-и 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 (OX) (Межправительственная, 2006)

Тип свалки	Коэффициент окисления (OX)
Управляемая ¹ , неуправляемая и СТО вне категории	0
Управляемая, укрытая CH_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 постоянной 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 средневзвешанную $t_{1/2}$ для смешанных разных видов отходов (например, компонентов ТБО), этот подход предполагает, что разложение различных типов отходов полностью зависит друг от друга. Вариант (а) так же подходит для регионов не располагающими достаточными данными по составу ТБО.
- (б) 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 (MAT < 20°C)				Тропическая ¹ (MAT > 20°C)			
Тип отходов		Сухая (MAP/PET < 1)		Влажная (MAP/PET > 1)		Сухая (MAP < 1000 мм)		Сухая и влажная (MAP > 1000 мм)	
		k	$t_{1/2}$	k	$t_{1/2}$	k	$t_{1/2}$	k	$t_{1/2}$
Медленно разлага- ющиеся 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 разлага- ющиеся от- ходы	Другие (непи- щевые) орга- нические/ раз- ложимые от- ходы из садов и парков	0,05	14	0,1	7	0,065	11	0,17	4
Быстро раз- лагающиеся отходы	Пищевые от- ходы/отстой сточных вод	0,06	12	0,185	4	0,085	8	0,4	2
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°C</p> <p>MAT – среднегодовая температура; MAP – среднегодовая норма осадков; PET – потенциальная эвапотранспирация. MAP/PET – отношение MAP к PET. Среднегодовые региональные (районные) MAT, MAP и PET во временных рядах могут быть выбраны для проведения оценки выбросов.</p>									

3.4.7 Рекуперация метана (R)

Количество рекуперированного метана – это масса CH₄, извлеченного из СТО в составе биогаза для сжигания в факелах или использования для получения энергии и тепла. Рекомендуемое значение для рекуперации CH₄ соответствует нулю. Рекуперация CH₄ 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 CH₄ должен вычитаться из количества, образовавшегося CH₄ 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 биогазе 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

$$\text{Выбросы } CH_4 = \sum_j (BW_j \cdot EF_j) \cdot 10^{-3} - R$$

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 $\text{CH}_4/\text{кг}$ 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

$$\text{Выбросы } \text{N}_2\text{O} = \sum_j (\text{BW}_j \cdot \text{EF}_j) \cdot 10^{-3}$$

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;

EF_j = коэффициент выбросов для переработки типа j , г $\text{N}_2\text{O}/\text{кг}$ 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 раздельно. 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 образовавшегося метана рекуперирован) (*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 CH₄ и N₂O при биологической обработке отходов (Межправительственная, 2006)

Вид биологической переработки	Коэффициенты выбросов CH ₄ (г CH ₄ /кг отходов)		Коэффициенты выбросов N ₂ O (г N ₂ O / 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
<p><i>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.</i></p>				

ГЛАВА 5 СЖИГАНИЕ ОТХОДОВ

5.1 ВВЕДЕНИЕ

Методика расчета предназначена для оценки выбросов CO₂ и N₂O 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 CO₂, CH₄ и N₂O. Обычно, при инсинерации отходов CO₂ выделяется значительно больше, чем CH₄ и N₂O. Выбросы CH₄ 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 CO₂ только, если они образовались в результате сжигания отходов, содержащих углерод ископаемого происхождения (например, пластмасса, определенные виды текстиля, резина, жидкие растворители и отработанное масло). Выбросы CO₂ 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 CO₂ 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 сжи-

ганию, с использованием рекомендуемых значений для содержания сухого вещества, общего содержания углерода, доли ископаемого углерода и коэффициента окисления.

Уравнение 5.1

Выбросы CO₂ от сжигания отходов

$$\text{Выбросы CO}_2 = \sum_{i,j} (\text{ISW}_{i,j} \cdot \text{dm}_{i,j} \cdot \text{FCF}_{i,j} \cdot \text{OF}_{i,j}) \cdot 44/12$$

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

$$\text{Выбросы CO}_2 = \text{IWX} \cdot \sum_x (\text{WF}_x \cdot \text{dm}_x \cdot \text{FCF}_x \cdot \text{FCF}_x \cdot \text{OF}_x) \cdot 44/12$$

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 С 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 тоже 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°C. 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 считаются 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 N_2O = выбросы N_2O 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 N_2O (кг N_2O /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 N_2O 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 2а, уровень 2б) и коэффициентов выбросов для них. На этом уровне используется тот же метод расчета, что и на уровне 1. Если выбросы N_2O 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 CO_2 , так и N_2O , 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 раздельно. 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 сжиганию.

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)

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 применяется	Не применяется	Не применяется	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>					

* – значения, приведенные в процентах, при расчетах следует переводить в доли путем деления на 100.

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 CO_2 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 С 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. Так же 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 (г N_2O /г 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.

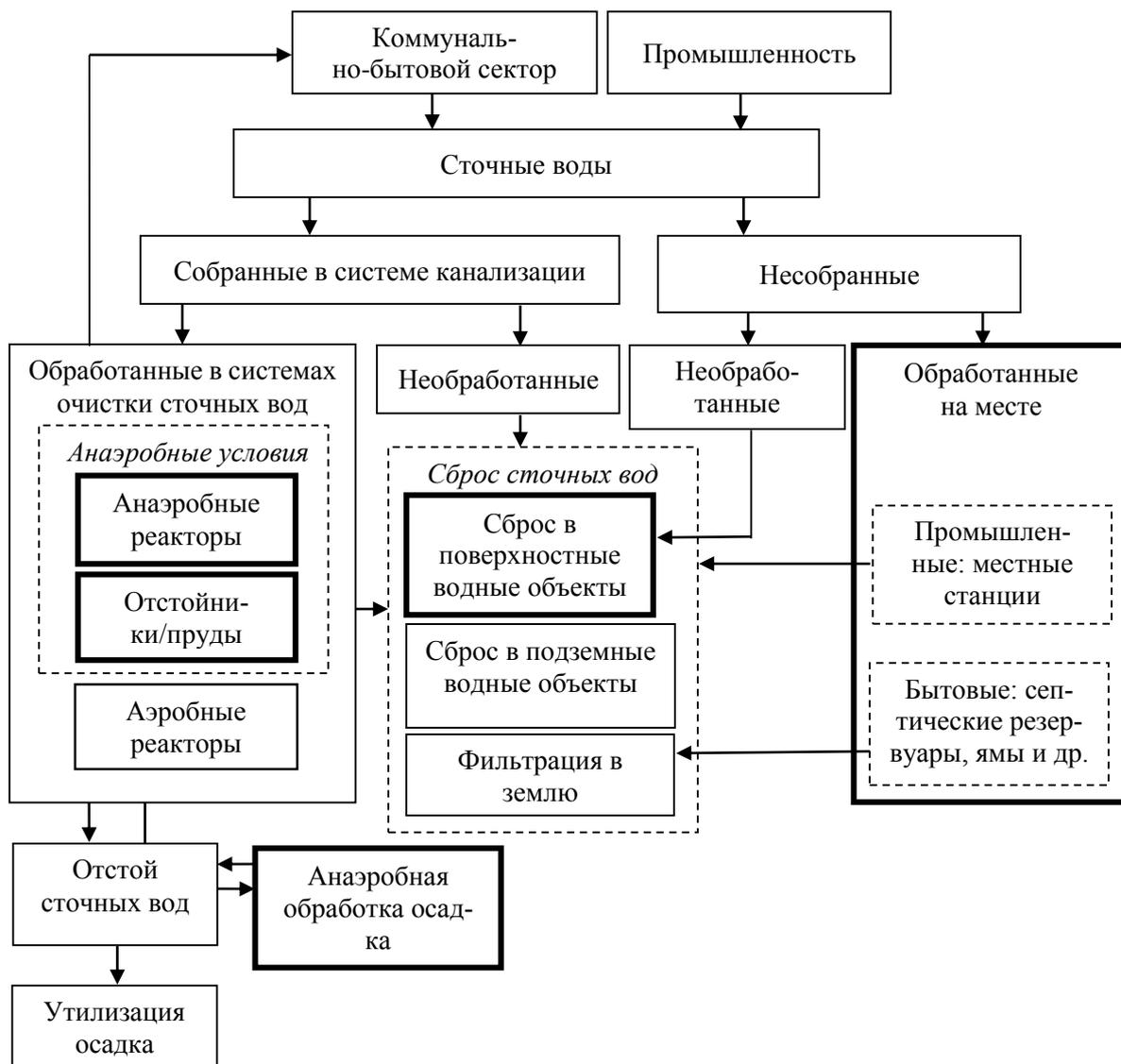


Рисунок 6.1 – Основные системы очистки сточных вод и пути сброса*

* **Примечание:** 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 так же и количество выделяемого метана, а при температуре ниже $15^\circ C$ 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 количе-

ство 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.

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).

⁵ В настоящем руководстве ХПК понимается как химическая потребность в кислороде, измеренная бихроматным методом.

Таблица 6.1 – Потенциал выбросов CH₄ и N₂O для систем очистки и сброса сточных вод и отстоя (Межправительственная, 2006)

Типы систем очистки и утилизации		Потенциал выбросов CH ₄ и N ₂ O		
Собранные	Необработанные	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 .	
	Обработанные	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 рекуперирован 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 ₂ O.
			Анаэробные реакторы	Могут стать источником значительного количества CH ₄ , в том случае, если выделяемый CH ₄ не рекуперирован для сжигания.
			Резервуары септической очистки	Частое удаление отходов уменьшает выбросы CH ₄
Несобранные	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 водоборотных 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 расчёта 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

$$\text{Выбросы } \text{CH}_4 = \sum_{i,j} [(U_i \cdot T_{i,j} \cdot EF_j) \cdot (\text{TOW} - S_{ij}) - R_i]$$

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 так же 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 CH_4 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). Так же 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 ме-

тантенков 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 (Т) 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 100 000 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 так же 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 (V_o) 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 (T) 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 рекомендуемое 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 МСФ для бытовых сточных вод (Межправительственная, 2006)

Тип пути или системы очистки и сброса	Примечания	МСФ
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

$$\text{Выбросы } \text{CH}_4 = \sum_i [(\text{TOW}_i - S_i) \cdot \text{EF}_i - R_i]$$

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), зависимых 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 зна-

чений. 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 (м^3 /тонн)	ХПК ($\text{кг}/\text{м}^3$)
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_o) 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

$$EF_i = V_o \cdot MCF_i$$

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_o = 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_o в каждой отрасли. Если таких данных нет, *эффективная практика* состоит в том, чтобы использовать рекомендуемое МГЭИК значение ХПК для V_o , составляющее 0,25 кг CH_4 /кг ХПК (*Межправительственная, 2006*).

Как уже упоминалось выше, MCF является показателем предела потенциала образования CH_4 (V_o), 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 для региона и сектора промышленности данных, 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 N₂O, происходящим после отвода сточных вод в водоемы.

Таблица 6.4 – 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

$$\text{Выбросы N}_2\text{O} = N_{\text{сток}} \cdot \text{EF}_{\text{сток}} \cdot 44/28$$

где:

Выбросы N_2O = выбросы N_2O от сточных вод, кг N_2O /год;

$N_{\text{сток}}$ = азот в отводе сточных водах, сброшенных в водную среду, кг N/год;

$EF_{\text{сток}}$ = коэффициент выбросов N_2O выбросов при сбросе сточных вод кг N_2O -N/кг N;

44/28 = коэффициент для преобразования кг N_2O -N в кг N_2O .

6.3.2 Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности, необходимые для определения выбросов N_2O , 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

$$N_{\text{сток}} = (P \cdot \text{Протеин} \cdot F_{\text{NPR}} \cdot F_{\text{NON-CON}} \cdot F_{\text{IND-COM}}) - N_{\text{отстой}}$$

где:

$N_{\text{сток}}$ = 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;

$F_{\text{NON-CON}}$ = коэффициент для непотребленного протеина, сброшенного в сточные воды;

$F_{\text{IND-COM}}$ = коэффициент для промышленного и коммерческого количества протеина, попутно сброшенного в канализационную систему;

$N_{\text{отстой}}$ = азот, удаленный с отстоем сточных вод, кг N/год.

Рекомендуемые значения F_{NPR} , $F_{\text{NON-CON}}$, $F_{\text{IND-COM}}$ и $N_{\text{отстой}}$ 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 N₂O
(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
E _F сток	0,005	кг N ₂ O-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 N₂O 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 N₂O 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 СН₄ 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 2006г. Подготовлены Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. С. Игглестона, Л.Буэндиа, К.Мива, Т.Нгара и К.Танабе. Т.1-5. ИГЕС, Япония.
(<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html>)
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, – 245с.
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	А	В	С	Д	Е
		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	А	В	С
		Количество отходов, поступающих на сооружения биологической переработки ² (М) (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		4С1												
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) (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 ископаемого CO ₂ (Гг CO ₂ /год)	
											44/12		G= A * B * C * D * E * F	
<i>Твердые бытовые отходы (ТБО)</i> ^{2,3}														
<i>Состав</i> ^{2,3}	<i>Пластик</i>													
	<i>Текстиль</i>													
	<i>Резина</i>													
	<i>и др.</i>													
<i>Твердые промышленные отходы</i>														
<i>Опасные отходы</i>														
<i>Медицинские отходы</i>														
<i>Осадки сточных вод</i>														
<i>Прочее (указать)</i>														
Всего:														
<p>¹ Для рекомендованных значений и соответствующих уравнений для оценки этих параметров в ТБО и других отходах см. раздел 5.3 в главе 5.</p> <p>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.</p> <p>³ Для согласованности в отчетности с выбросами N₂O общее количество отходов, подвергающихся инсинерации, должны совпадать в соответствующих расчетных листах.</p>														

Сектор		Отходы						
Категория		Инсинерация и открытое сжигание отходов						
Код категории		4С2						
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:								
<p>¹ Для рекомендованных значений и соответствующих уравнений для оценки этих параметров в ТБО и других отходах см. раздел 5.3 в главе 5.</p> <p>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.</p> <p>³ Для согласованности в отчетности с выбросами N₂O общее количество отходов, подвергающихся инсинерации, должны совпадать в соответствующих расчетных листах.</p>								

Сектор	Отходы				
Категория	Инсинерация и открытое сжигание отходов				
Код категории	4С1				
Лист	1 из 1 Оценка выбросов CO₂ 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	$E = A * B * C * D$
<i>Смазочные материалы</i>					
<i>Растворители</i>					
<i>Отработанное масло</i>					
<i>Прочее (указать)</i>					
				Всего:	

Сектор	Отходы		
Категория	Инсинерация и открытое сжигание отходов		
Код категории	4С1		
Лист	1 из 1 Оценка выбросов N₂O в результате инсинерации отходов		
Тип отходов	А	В	С
	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
<i>Твердые бытовые отходы</i>			
<i>Твердые промышленные отходы</i>			
<i>Опасные отходы</i>			
<i>Медицинские отходы</i>			
<i>Осадки сточных вод</i>			
<i>Прочее (указать)</i>			
		Всего:	
¹ Если общее количество отходов выражено в единицах сухого веса, то коэффициент выброса CH ₄ также должен быть в расчете на сухой вес. ² Коэффициент 10 ⁻⁶ для перевода выбросов из кг в тыс. т.			

Сектор	Отходы		
Категория	Инсинерация и открытое сжигание отходов		
Код категории	4С2		
Лист	1 из 1 Оценка выбросов N₂O 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)
			$H = F * G * 10^{-6} \text{ }^3$
<i>Твердые бытовые отходы</i>			
<i>Прочее (указать)</i>			
Всего:			
¹ Если общее количество отходов выражается в пересчете на сухие отходы, доля сухого вещества не должна применяться. ³ Коэффициент 10 ⁻⁶ для перевода выбросов из кг в тыс. т.			

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	A	B	C	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:				
¹ 2 БПК на 1 жителя в день * 0,001 * 365 = кг БПК на 1 жителя в год				

Сектор	Отходы		
Категория	Бытовые сточные воды очистка и сброс		
Код категории	4D1		
Лист	2 из 3 Оценка коэффициента выбросов CH₄ 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)
			$C = A * B$
<i>Централизованные аэробные системы с метантенками</i>			
<i>Централизованные аэробные системы без метантенков</i>			
<i>Обработка стока на месте с использованием септических резервуаров</i>			
<i>Обработка стока на месте с использованием сливных ям/отхожих мест</i>			
<i>Сброс без очистки</i>			
<i>добавить по мере необходимости</i>			

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	Тип системы очистки или сброса	A	B	C	D	E	F	G
		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			$G = [(A * B * C) * (D - E)] - F$
<i>Сельские поселения</i>								
<i>Городские поселения</i>								
<i>Городские высокоурбанизированные поселения</i>								
							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)
				$D = A * B * C$
<i>Отрасль промышленности 1</i>				
<i>Отрасль промышленности 2</i>				
<i>Отрасль промышленности 3</i>				
<i>добавить по мере необходимости</i>				
			Всего:	

Сектор	Отходы		
Категория	Промышленные сточные воды очистка и сброс		
Код категории	4D2		
Лист	2 из 3 Оценка коэффициента выбросов CH₄ для промышленных сточных вод		
Тип системы очистки или стока	А	В	С
	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
<i>добавить по мере необходимости</i>			

Сектор	Отходы					
Категория	Промышленные сточные воды очистка и сброс					
Код категории	4D2					
Лист	3 из 3 Оценка выбросов CH₄ из промышленных сточных вод					
Отрасли промышленности	Тип системы обработки или сброса (T)	A	B	C	D	E
		Общее количество органически разлагаемого материала в сточных водах для каждой отрасли промышленности (TOW) (кг COD/год)	Удаление осадка сточных вод в каждой отрасли промышленности (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)
		Лист 1 из 3		Лист 2 из 3		$E = [(A - B) * C] - D$
<i>Отрасль промышленности 1</i>						
<i>Отрасль промышленности 2</i>						
<i>Отрасль промышленности 3</i>						
<i>добавить по мере необходимости</i>						
					Всего:	

Сектор	Отходы						
Категория	Бытовые сточные воды очистка и сброс						
Код категории	4D1						
Лист	1 из 2 Оценка количества азота в сточных водах						
	A	B	C	D	E	F	H
Регион	Население (P) (человек)	Потребление белка на душу населения (кг / чел / год)	Доли азота в белке (Fnpr) (кг N/кг белка)	Доля без потребления белка (Fnon-con)	Доля промышленного и коммерческого белка, попутно сброшенного в канализацию (Find-com)	Азот, удаленный с осадком сточных вод (Nотстой) (кг)	Суммарный азот в сточных 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 N₂O из сточных вод			
	A	B	C	D
Регион	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: