

ГЛАВА 4

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

Авторы

Риитта Пипатти (Финляндия)

Джоао Вагнер Силва Алвес (Бразилия), Цинсян Гао (Китай), Карлос Лопес Кабрера (Куба),
Катарина Маречкова (Словакия), Ханс Оонк (Нидерланды), Элизабет Шил (США), Чхемендра Шарма
(Индия), Элисон Смит (Соединенное Королевство), Пер Свардал (Норвегия) и Масато Ямада (Япония)

Содержание

4	Биологическая обработка твердых отходов	
4.1	Методологические вопросы	4.4
4.1.1	Выбор метода	4.5
4.1.2	Выбор данных о деятельности	4.6
4.1.3	Выбор коэффициентов выбросов	4.7
4.2	Полнота	4.7
4.3	Формирование согласованного временного ряда	4.8
4.4	Оценка неопределенностей	4.8
4.5	ОК/КК	4.8
4.6	Отчетность и документация	4.8
Ссылки		4.9

Уравнения

Уравнение 4.1	Выбросы CH_4 при биологической обработке	4.5
Уравнение 4.2	Выбросы N_2O при биологической обработке	4.6

Таблицы

Таблица 4.1	Коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O по умолчанию при биологической обработке отходов	4.7
-------------	---	-----

4 БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

4.1 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Компостирование и анаэробная переработка органических отходов таких, как пищевые отходы, отходы, образующиеся в садах (дворах) и парках, отстой сточных вод, является характерной практикой, как в развитых, так и в развивающихся странах. Преимущества биологической обработки включают: уменьшение объема отходного материала, стабилизацию отходов, уничтожение патогенных микроорганизмов в отходном материале и выработку биогаза для дальнейшего использования энергии. Образующиеся при биологической обработке конечные продукты могут, в зависимости от их качества, быть переработаны, либо как органическое удобрение и почвоулучшитель, либо удалены на СТО.

Анаэробная обработка зачастую связана с рекуперацией метана (CH_4) и сжиганием с целью получения энергии, и поэтому, выбросы парниковых газов, образующиеся в результате данного вида обработки должны учитываться в секторе «Энергетика». Сведения по анаэробной обработке отстоя на водоочистных сооружениях содержатся в главе 6 (Очистка и сброс сточных вод), а выбросы, образующиеся при данном виде обработки отходов, следует документировать в рамках категории «Очистка сточных вод». Однако когда отстой, образующийся при очистке сточных вод, переносится в сооружения анаэробной переработки, где он перерабатывается вместе с коммунальными твердыми отходами или другими видами отходов, все, связанные с данным процессом выбросы CH_4 и закиси азота (N_2O), должны быть зарегистрированы в категории «Биологическая обработка твердых отходов». Там, где данные газы используются для получения энергии, сопутствующие выбросы должны быть зафиксированы в секторе «Энергетика».

Компостирование является анаэробным процессом, при котором большая часть способного к разложению органического углерода (DOC) в отходном материале преобразована в диоксид углерода (CO_2). CH_4 образуется в анаэробных участках компоста, однако в большинстве случаев метан окисляется в тех же участках компоста. Подвергшиеся оценке попадающие в атмосферу выбросы CH_4 лежат в диапазоне от менее одного процента до нескольких процентов общего содержания углерода в материале (Beck-Friis, 2001; Detzel *et al.*, 2003; Arnold, 2005).

При компостировании также могут образовываться выбросы N_2O . Диапазон оцениваемых выбросов варьируется в пределах от менее 0,5 процентов до 5 процентов общего содержания азота в материале ((Petersen *et al.*, 1998; Hellebrand 1998; Vesterinen, 1996; Beck-Friis, 2001; Detzel *et al.*, 2003). В плохо разлагающемся компост более вероятно образование, как CH_4 , так и N_2O (например, Vesterinen, 1996).

Анаэробная сбраживание органических отходов ускоряет естественное разложение органического материала без участия кислорода с помощью сохранения показателей температуры, содержания влаги и уровня pH, близких к их оптимальным значениям. Образовавшийся в результате обработки отходов CH_4 может быть использован для производства тепловой и/или электрической энергии, и поэтому отчетность по выбросам в данном процессе обычно приводится в секторе «Энергетика». Выбросы CO_2 имеют биогенное происхождение и должны быть зарегистрированы только в качестве единицы информации в секторе «Энергетика». Выбросы CH_4 , образующиеся в результате данного вида обработки в результате случайных утечек во время нарушения процесса или других непредвиденных ситуаций будут варьироваться в диапазоне от 0 до 10 процентов от общего количества образовавшегося CH_4 . В случае отсутствия дополнительной информации, используйте 5 процентов в качестве значения по умолчанию для выбросов CH_4 . Там, где технические стандарты для биогазовых установок гарантируют сжигание непредвиденных выбросов CH_4 , процентное соотношение данных выбросов чаще всего приравнивается к нулю. Выбросы N_2O , образующиеся в данном процессе, согласно предположениям, являются незначительными, однако, данные по этим выбросам весьма незначительны.

Механическо-биологическая (МБ) обработка отходов становится все более популярной в Европе. При МБ обработке отходный материал подвергается серии механических и биологических процессов, нацеленных на снижение объема отходов, а также на стабилизацию для снижения выбросов при конечном удалении. Данные процессы варьируются в зависимости от применения. В основном, механические процессы разделяют отходный материал на составляющие, которые затем проходят последующую обработку (компостирование, анаэробную обработку, сжигание, переработку). Такие процессы включают сепарацию, измельчение и дробление материала. Биологические процессы включают компостирование и анаэробную обработку. Компостирование может происходить на свалках и сооружениях по переработке компоста с оптимизацией условий процесса, а также фильтрацией

образующегося газа. Возможности по снижению объема органического материала, подлежащего удалению на свалках, являются значительными и составляют от 40 до 60 процентов (Kaartinen, 2004). По причине снижения объема материала, а именно органической составляющей и биологической активности, отходы при удалении на СТО, которые подвергаются механическо-биологической обработке, образуют до 95 процентов меньше CH_4 , чем необработанные отходы. Практическое снижение объема оставалось незначительным и напрямую зависит от типа и длительности рассматриваемой выше механическо-биологической обработки (см., например, Binner, 2002). Выбросы CH_4 и N_2O , образующиеся во время различных этапов механическо-биологической обработки зависят от конкретных операций и длительности биологической обработки.

В целом, биологическая обработка влияет на объем и состав отходов, подлежащих удалению на СТО. Анализ потока отходов (см. пример в блоке 3.1) является рекомендуемой методологией оценки влияния биологической обработки на выбросы, образующиеся на СТО.

Оценка выбросов CH_4 и N_2O , образующихся при биологической обработке твердых отходов включает следующие этапы:

- Этап 1:** Подготовить данные по количеству и виду твердых отходов, подвергающихся биологической обработке. Там, где это является возможным, данные по компостированию и анаэробной обработке должны быть собраны отдельно. Региональные данные по умолчанию относительно компостирования содержатся в таблице 2.1, главы 2, а данные по конкретным странам можно найти в приложении 2А.1 данного тома. Там, где данные недоступны, анаэробная переработка твердых отходов может быть приравнена к нулю. Данные по умолчанию использоваться только в случае, года не доступны данные по конкретным странам (см. также раздел 4.1.2).
- Этап 2:** Оценить выбросы CH_4 и N_2O , образующиеся при биологической обработке твердых отходов, используя уравнения 4.1 и 4.2. Использовать коэффициенты выбросов по умолчанию для конкретных стран в соответствии с руководством, предоставленным в разделах 4.1.1, 4.1.2 и 4.1.3.
- Этап 3:** В случае, когда выбросы CH_4 от анаэробной переработки подвергаются рекуперации, то для определения общего годового объема CH_4 , вычтеть количество рекуперированного газа из количества образованного CH_4 .

Необходимо проверять последовательность между выбросами CH_4 и N_2O , образованными в результате компостирования, либо анаэробной обработки отстоя и выбросами от 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», составителям кадастра необходимо убедиться, что данные выбросы не включены также и в сектор «Энергетика».

Соответствующая информация о подготовке данных о деятельности, выборе коэффициентов выбросов и методах, используемых при оценке выбросов, должна быть зафиксирована согласно руководству, приведенному в разделе 4.6.

4.1.1 Выбор метода

Выбросы CH_4 и N_2O при биологической обработке, могут быть оценены с помощью метода по умолчанию, указанного в приведенных ниже уравнениях 4.1 и 4.2.

УРАВНЕНИЕ 4.1 ВЫБРОСЫ CH_4 ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

$$\text{Выбросы } \text{CH}_4 = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3} - R$$

Где:

- Выбросы CH_4 = общее количество выбросов CH_4 в учитываемом в кадастре году, ГГ CH_4
- M_i = масса органических отходов, подвергшихся обработке в соответствии с типом биологической обработки i , ГГ
- EF = коэффициент выбросов для обработки i , г CH_4 /кг обрабатываемых отходов

- i = компостирование или анаэробная переработка
 R = общее количество рекуперированного CH_4 в учитываемом в кадастре году, Гг CH_4

Когда выбросы CH_4 , образованные в результате анаэробной переработки, подвергаются учету, количество рекуперированного газа должно быть вычтено из количества образовавшегося CH_4 . Рекуперированный газ может быть сожжен в факельной или энергетической установке. В уравнении 4.1 количество рекуперированного CH_4 выражено с помощью R . В случае, когда рекуперированный газ используется с целью получения энергии, то образованные в результате сжигания выбросы парниковых газов следует заносить в отчеты 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» не предполагает их оценки. Однако если данные выбросы необходимо подвергнуть оценке, то выбросы при сжигании в факелах должны быть зафиксированы в секторе «Отходы». Рассмотрение выбросов, образующихся в результате сжигания и более подробные сведения приведены в томе 2 (Энергетика), глава 4.2. Выбросы при сжигании в факелах не обрабатываются с помощью метода уровня 1.

УРАВНЕНИЕ 4.2
ВЫБРОСЫ N_2O ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

$$\text{Выбросы } \text{N}_2\text{O} = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3}$$

Где:

- Выбросы N_2O = общее количество выбросов N_2O в учитываемом в кадастре году, Гг N_2O
 M_i = масса органических отходов, подвергшихся обработке в соответствии с типом биологической обработки i , Гг
 EF = коэффициент выбросов для обработки i , г N_2O /кг обрабатываемых отходов
 i = компостирование или анаэробная переработка

Ниже для данной категории суммированы три уровня.

- Уровень 1:** Уровень 1 использует коэффициенты выбросов по умолчанию МГЭИК
Уровень 2: Уровень 2 использует коэффициенты выбросов для конкретной страны, которые основаны на характерных измерениях.
Уровень 3: Метод уровня 3 будет основываться на типе установки по обработке отходов или измерений применимых для конкретных участков (интерактивных или периодических).

4.1.2 Выбор данных о деятельности

Данные о деятельности по биологической обработке могут основываться на национальной статистике. Данные по биологической обработке могут быть получены от муниципальных или региональных властей, ответственных за управление отходами, или от компаний по управлению отходами. В таблице 2.1 главы 2 (Образование отходов, их состав и управление ими) приведены региональные значения по умолчанию для биологической обработки. Значения по умолчанию для конкретных стран могут быть найдены в приложении 2А.1 данного тома. Эти данные могут использоваться в качестве начального этапа. *Эффективная практика* заключается в использовании странами по мере возможности национальных, ежегодных или периодически полученных данных.

4.1.3 Выбор коэффициентов выбросов

4.1.3.1 УРОВЕНЬ 1

Выбросы, образующиеся при компостировании и анаэробной переработке на биогазовых установках, будут зависеть от таких факторов, как вид компостируемых отходов, количество и вид используемых вспомогательных материалов (таких как древесные стружки и торф), температура, содержание влаги и аэрация во время процесса.

В таблице 4.1 приведены факторы по умолчанию для выбросов CH_4 и N_2O при биологической обработке для метода уровня 1.

ТАБЛИЦА 4.1 КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ CH_4 И N_2O ПО УМОЛЧАНИЮ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ОТХОДОВ					
Вид биологич. обработки	Коэфф-ты выбросов CH_4 (г CH_4 /кг обработ. отходов)		Коэфф-ты выбросов N_2O (г N_2O / кг обработ. отходов)		Примечания
	на основе сухого веса	на основе сырого веса	на основе сухого веса	на основе влажн. веса	
Компостирование	10 (0,08 - 20)	4 (0,03 - 8)	0,6 (0,2 – 1,6)	0,3 (0,06 – 0,6)	Допущения для обрабатываемых отходов: 25-50% DOC в сухом веществе, 2% N в сухом веществе, Содержание влаги – 60%. Коэффициенты по умолчанию для сухих отходов рассчитаны на основании коэффициентов для влажных отходов, допуская, что содержание влаги соответствует 60% во влажных отходах.
Анаэробное сбраживание в биогазовых установках	2 (0 - 20)	1 (0 - 8)	Считается незначительным	Считается незначительным	
Источники: Arnold, M. (2005) Personal communication; Beck-Friis (2002); Detzel <i>et al.</i> (2003); Petersen <i>et al.</i> 1998; Hellebrand 1998; Hogg, D. (2002); Vesterinen (1996).					

Выбросы при МБ обработке могут быть оценены с помощью значений по умолчанию для биологической обработки, приведенных в таблице 4.1. Выбросы, образующиеся во время механических операций, могут считаться незначительными.

4.1.3.2 УРОВЕНЬ 2 И УРОВЕНЬ 3

В уровне 2 коэффициенты по умолчанию должны основываться на характерных измерениях, учитывающих соответствующие варианты биологической обработки, применяемые в конкретной стране. В методе уровня 3 коэффициенты по умолчанию будут основываться на типе установки по обработке отходов/применимых для конкретных участков измерений (интерактивных или периодических).

4.2 ПОЛНОТА

Отчетность по выбросам CH_4 и N_2O при биологической обработке, где возможно, будет дополнять отчетность по выбросам со СТО и при сжигании отходов, а также обеспечит полный охват всех ресурсов в секторе «Отходы». Это является особенно важным для стран, где биологическая обработка имеет или приобретает важное значение.

4.3 ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Так как методологическое руководство для определения и подготовки отчетности по выбросам при биологической обработке не было включено в предыдущих версиях *Руководящих принципов МГЭИК*, рекомендуется, чтобы полные временные ряды были оценены с использованием той же методологии. Данные о деятельности за более ранний период могут быть не доступны во всех странах. Также текущие данные по биологической обработке не обязательно будут получены на годичной основе. Методы получения отсутствующих данных описаны в томе 1, глава 5 (Согласованность временного ряда).

Коэффициенты выбросов по умолчанию основываются на ограниченном количестве исследований. Ожидается, что в последующие годы доступность данных будет значительно улучшена. *Эффективная практика* заключается в последующем использовании современных научных сведений для улучшения коэффициентов выбросов. Затем, должны быть пересчитаны соответствующим образом оценочные показатели для полных временных рядов.

4.4 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Неопределенности в данных о деятельности будут зависеть от способа сбора данных. Оценочные значения неопределенностей для образования отходов и доли отходов, подвергшихся биологической обработке, могут быть оценены тем же способом, что и КТО, удаленные на СТО (см. таблицу 3.5). Неопределенности будут зависеть от качества сбора данных в стране.

Неопределенности в коэффициентах выбросов по умолчанию могут быть определены с помощью приведенных в таблице 4.1 величин. Неопределенности в коэффициентах выбросов, применимых для конкретных стран, будут зависеть от плана выборочного анализа и методов измерения, используемых для определения коэффициентов выбросов.

4.5 ОК/КК

Необходимые требования по ОК/КК, указанные в разделе 3.8 главы 3 (Удаление твердых отходов), также могут быть использованы для биологической обработки отходов.

4.6 ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Эффективная практика заключается в документировании и архивировании всей информации, необходимой для подготовки национального кадастра парниковых газов, как указано в разделе 6.11 главы 6 (ОК/КК и проверка достоверности), том 1 настоящих *Руководящих принципов*. Несколько примеров специальной документации и отчетности, применимой к данной категории, описаны в следующих параграфах.

- Источник данных о деятельности должен быть описан и обоснован справочными данными. Должна быть приведена информация по частоте сбора и охвате (например, включено ли компостирование в домашних хозяйствах).
- Должна быть предоставлена информация по типам отходов (например, пищевые отходы и отходы, образующиеся в садах и парках), подвергшимся компостированию или анаэробной обработке, если таковая является доступной.
- Конкретные для стран коэффициенты выбросов должны быть подтверждены и обоснованы.
- В тех случаях, когда учет биологической обработки разбивается на несколько секторов и/или категорий, для избежания двойного учета или упущений, необходимо привести пояснения по всем соответствующим секторам/категориям.

Рабочие формуляры, подготовленные для определения выбросов парниковых газов при биологической обработке, включены в конце данного тома. Рабочие формуляры содержат информацию по данным о деятельности и коэффициентам выбросов, используемым для расчета оценочных значений.

Ссылки

- Arnold, M. (2005). Espoo: VTT Processes: Unpublished material from measurements from biowaste composts. (Personal communication).
- Beck-Friis, B.G. (2001). *Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane during composting of organic household waste*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. 331 p. (Doctoral Thesis).
- Binner, E. (2002). *The impact of Mechanical-Biological Pretreatment on the Landfill Behaviour of Solid Wastes*. Workshop Biowaste. Brussels, 8-10.04.2002. 16 p.
- Detzel, A., Vogt, R., Fehrenbach, H., Knappe, F. and Gromke, U. (2003). *Anpassung der deutschen Methodik zur rechnerischen Emissionsermittlung und internationale Richtlinien: Teilbericht Abfall/Abwasser*. IFEU Institut - Öko-Institut e.V. 77 p.
- Hellebrand, H.J. (1998). 'Emissions of nitrous oxide and other trace gases during composting of grass and green waste', *J. agric, Engng Res.*, 69:365-375.
- Hogg, D., Favoino, E., Nielsen, N., Thompson, J., Wood, K., Penschke, A., Economides, D. and Papageorgiou, S., (2002). *Economic analysis of options for managing biodegradable municipal waste*, Final Report to the European Commission, Eunomia Research & Consulting, Bristol, UK.
- Kaartinen, T. (2004). *Sustainable disposal of residual fractions of MSW to future landfills*. Espoo: Technical University of Helsinki. (Master of Science Thesis). In Finnish.
- Petersen, S.O., Lind, A.M. and Sommer, S.G. (1998). 'Nitrogen and organic matter losses during storage of cattle and pig manure', *J. Agric. Sci.*, 130: 69-79.
- Vesterinen, R. (1996): *Impact of waste management alternatives on greenhouse gas emissions: Greenhouse gas emissions from composting*. Jyväskylä: VTT Energy. Research report ENE38/T0018/96. (In Finnish). 30p.