
Региональный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов

Сектор «Отходы»

И.Л. Говор

ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»

*Обучающий семинар для представителей субъектов Российской Федерации
Москва, 1 ноября 2016 г.*

Источники выбросов и оценка эмиссии парниковых газов

Учитываемые парниковые газы:

CH_4 N_2O CO_2 (в особых случаях)

Источники выбросов парниковых газов:

- *захоронение отходов* (Методические рекомендации, Справочное руководство);
- *сжигание отходов* (Методические рекомендации, Справочное руководство);
- биологическая переработка отходов (Справочное руководство);
- очистка и сброс сточных вод (Справочное руководство).

Выбросы CO_2 от захоронения и сжигания **биологических отходов** содержат только углерод органического происхождения и **не включаются** в совокупный региональный выброс.

Выбросы от использования отходов и стоков в качестве топлива и сырья относятся к секторам «Энергетика» или ПШИП. Выбросы от обращения с навозом отнесены к сектору «Сельское хозяйство».

Выбросы, источниками которых являются не сами отходы, а деятельность по обращению с ними так же следует относить к соответствующим секторам.

Выбросы от **сжигания метана** (выделившегося от отходов и стоков в составе биогаза), в разделе «Отходы» **не рассматриваются**.

Основные источники данных об отходах и стоках

Региональные данные по образованию отходов и стоков, их составу и управлению ими (включая данные об их экспорте и импорте).

Государственная ежегодная статистическая отчетность:

- Форма № 2-ТП (отходы)
- Форма № 2-ТП (водхоз)
- Форма № 2-ТП (воздух) – *относительно выбросов метана*
- Форма № 1-КХ «Сведения о благоустройстве городских населенных пунктов»
- Форма № 1-канализация «Сведения о работе канализации»
- Численность городского и сельского населения региона, отдельных городов
- Оборудованность жилищного фонда системами канализации

Утвержденные региональные документы по управлению с отходами и стоками:

Территориальные схемы по обращению с отходами, установленные нормативы образования отходов и стоков и др.

Данные предприятий по вывозу и переработке отходов (в т.ч. мусоросжигательных и компостных заводов), полигонов, водоканалов, крупнейших промпредприятий и их ассоциаций.

Материалы и базы данных соответствующих ведомств

Данные научно-исследовательских организаций по отходам и стокам

Выбросы CH_4 от захоронения твердых отходов

Обычно наиболее значимый источник ПГ в этом секторе

Выбросы CH_4 от анаэробного биологического разложения твердых органических отходов, размещенных на полигонах захоронения и свалках (далее - СТО).

Объем выделяемого газа в первую очередь зависит от количества биоразлагаемых органических материалов в отходах и условий в местах их захоронения.

Два типа расчетов – простой и сложный (учитывает выбросы от закрытых СТО).

Основные данные для расчетов: количество отходов определенного состава, захороненных на каждом типе полигона (свалки).

Основные типы СТО:

- управляемые;
- неуправляемые разной глубины;
- вне категорий (при отсутствии данных).

Категории отходов:

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

По-возможности, оцениваются выбросы от отходов, захороненных на региональных полигонах, независимо от происхождения самих отходов.

Выбросы CH₄ от захоронения твердых отходов

Расчетные формулы:

$$\text{Выброс (CH}_4\text{)} = \sum_{i,j} [(\text{DDOC}_{i,j} \cdot \text{DOC}_f \cdot \text{MCF}_j \cdot F \cdot 16/12) - R_j]$$

$$\text{DDOC}_{i,j} = W_{i,j} \cdot \text{DOC}_i$$

$$\text{DDOC}_{\text{тбо}j} = W_j \cdot \sum_i (W_{ci} \cdot \text{DOC}_i) \text{ (для ТБО)}$$

где: W_{ci} – доля компонента i

где:

- ✓ Выброс (CH₄) - масса поступившего в атмосферу CH₄, (Гг/год);
- ✓ i – категория отходов или вид компонента для многокомпонентных отходов типа ТБО;
- ✓ j – тип СТО;
- ✓ DDOC_{ij} - масса органических веществ отходов i -того типа, захороненных на СТО типа j , (тонн/год), **региональные данные**;
- ✓ W_{ij} - масса отходов i -той категории/вида, захороненных на СТО типа j , (тонн/год), **региональные данные**;
- ✓ DOC_i - доля способного к разложению органического C в отходах i -той категории/вида, **региональные или рекомендуемые данные**;
- ✓ MCF_j - поправочный коэффициент метана для свалок типа j , **рекомендуемые данные**;
- ✓ DOC_f - доля DOC, способного к разложению, **рекомендуемое значение 0,5**;
- ✓ F - доля CH₄ в газе со свалок по объему, **рекомендуемое значение 0,5**;
- ✓ 16/12 - соотношение молекулярных весов CH₄ и C;
- ✓ R_j - масса собранного на СТО метана (тонн/год), **региональные данные или 0**.



Выбросы CO₂ и N₂O от сжигания отходов

Выбросы CO₂ и N₂O от термического разложения органических отходов.

Объем выделяемого газа в первую очередь зависит от количества органических веществ (в том числе биогенных) в отходах и способа их сжигания.

В разделе «Отходы» регистрируются только выбросы:

- N₂O от сжигания отходов без цели использования энергии и тепла ;
- CO₂ от сжигания отходов, содержащих углерод абиогенного происхождения, без цели использования энергии и тепла

Основные данные для расчетов: количество отходов определенного состава, сожженных на установках каждого типа или открыто.

Основные способы сжигания:

- печи разного режима;
- открытое сжигание.

Категории отходов:

- твердые бытовые отходы;
- отстой сточных вод;
- твердые и жидкие промышленные отходы, в т.ч. медицинские отходы.

По-возможности, оцениваются выбросы от отходов, сжигаемых на территории региона, независимо от происхождения самих отходов.

Выбросы CO₂ и N₂O от сжигания отходов

Расчетные формулы:

$$\text{Выброс (CO}_2\text{)} = \sum_{i,j} (IW_{i,j} \cdot CCW_{i,j} \cdot FCF_i \cdot OF_{i,j}) \cdot 10^{-3} \cdot 44/12$$

$$\text{Выброс (N}_2\text{O)} = \sum_i (IW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-9}$$

где:

- ✓ Выброс (CO₂) - масса поступившего в атмосферу CO₂, (Гг/год);
- ✓ Выброс (N₂O) - масса поступившего в атмосферу N₂O, (Гг/год);
- ✓ *i* - тип отходов;
- ✓ *j* - способ сжигания;
- ✓ *IWi* - количество сожженных одним способом отходов вида *i*, не используемых для производства электроэнергии (тонн/год), **региональные данные**;
- ✓ *CCWi* - доля содержания углерода в отходах вида *i*, **рекомендованные данные**;
- ✓ *FCFi* - доля ископаемого углерода в отходах вида *i*, **рекомендованные значения**;
- ✓ *OFi* – коэффициент окисления С в отходах типа *i* для сжигания отходов *j*, **рекомендованные значения**;
- ✓ *EFi* - коэффициент выбросов N₂O от отходов вида *i* (г N₂O/тонна), **рекомендованные значения**;
- ✓ 44/12 - коэффициент перехода от С к CO₂;
- ✓ 10⁻³ и 10⁻⁹ – коэффициент для перевода тонн или граммов в гигаграммы.

Выбросы CH_4 и N_2O от биологической переработки отходов

Выбросы CH_4 и N_2O от аэробного и анаэробного биологического разложения органических отходов.

Объем выделяемого газа в первую очередь зависит от количества биологически разлагаемых органических веществ и технологии переработки.

Основные данные для расчетов: количество отходов, переработанных на установках каждого типа.

Основные способы переработки:

- компостирование;
- анаэробное сбраживание в биогазовых установках.

Категории отходов:

- твердые бытовые отходы и осадок;
- отстой сточных вод;
- промышленные отходы, в т.ч. сельскохозяйственные (кроме навоза).

По-возможности, оцениваются выбросы от отходов, перерабатываемых на территории региона, независимо от происхождения самих отходов.

Выбросы CH₄ и N₂O от биологической переработки отходов

Расчетные формулы:

$$\text{Выбросы CH}_4 = \sum_{i,j} (BW_{i,j} \cdot EF_{i,j}) \cdot 10^{-6} - R$$

$$\text{Выбросы N}_2\text{O} = \sum_i (BW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-6}$$

Где:

- ✓ Выбросы CH₄ - общее количество выбросов CH₄ от биологической переработки отходов, (Гг/год);
- ✓ Выбросы N₂O - общее количество выбросов N₂O от биологической переработки отходов, (Гг/год);
- ✓ j - тип биологической переработки: компостирование или анаэробное сбраживание;
- ✓ BW_j - масса органических отходов, подвергшихся переработке в соответствии с ее типом j, (тонн/год), *региональные данные*;
- ✓ EF_j - коэффициент выбросов для типа переработки j, (г CH₄/кг отходов), *рекомендуемые данные*;
- ✓ EF_j - коэффициент выбросов для переработки типа j, (г N₂O/кг отходов), *рекомендуемые данные*;
- ✓ 10⁻⁶ - перевод из г в кг (10⁻³) и из тонн в гигаграммы (10³).
- ✓ R = общее количество рекуперированного CH₄, (Гг CH₄), *региональные данные или 0*.

Выбросы от систем очистки и сброса сточных вод

В разделе «Отходы» учитываются выбросы от стоков: CH_4 и N_2O

В разделе «Отходы» учитываются только следующие выбросы:

- CH_4 от систем очистки сточных вод или стоков, сливаемых без очистки;
- N_2O от стоков, сливаемых без очистки.

Выбросы N_2O от систем нитрификации и денитрификации сточных вод на очистных сооружениях в разделе **не рассматриваются**.

Выбросы от захороненного, компостированного и сожженного осадка сточных вод рассматриваются в соответствующих главах. Однако, при отсутствии подробных данных, рекомендуется считать, что все возможные выбросы ПГ происходят от стоков без учета осаждения загрязняющих веществ и исключить осадок из рассмотрения.

По-возможности, оцениваются выбросы от стоков, сливаемых в водные объекты или очищаемых на территории региона, независимо от происхождения самих стоков.

Выбросы CH_4 от систем очистки/сброса сточных вод

Выбросы CH_4 от анаэробного биологического разложения загрязняющих органических веществ в стоках и их отстое.

Объем выделяемого метана в первую очередь зависит от количества разлагаемых органических веществ в стоках и особенностей системы их обработки.

Основные данные для расчетов: количество стоков определенного состава, очищенные каждым способом (или прошедшие без очистки).

Основные пути очистки стоков:

- централизованные системы очистки;
- системы с очисткой на месте;
- без очистки.
- Системы сбора стоков не учитываем

Основные способы очистки стоков:

- аэробные централизованные станции и реакторы;
- анаэробные метантенки, реакторы и отстойники разных типов;
- септические резервуары;
- сливные ямы/отхожие места;
- стоки без очистки, сливаемые в поверхностные водные объекты.

Категории стоков:

- бытовые сточные воды;
- промышленные стоки, содержащие органические вещества, требующие биологической очистки.



Выбросы CH₄ от систем очистки/сброса сточных вод

Расчетные формулы:

$$\text{Выбросы CH}_4 = \sum_{i,j} [(TOW_{i,j} - S_{i,j}) \cdot V_0 \cdot MCF_i - R_j] \cdot 10^{-6}$$

где:

- ✓ Выбросы CH₄ = выбросы CH₄ от очистки сточных вод (CH₄ Гг/год);
- ✓ *i* = тип сточных вод;
- ✓ *j* = тип системы очистки/сброса;
- ✓ TOW *ij* = общее количество органических веществ в сточных водах типа *i*, (ХПК/БПК кг/год), проходящих через определенную систему очистки *j*, **региональные данные**;
- ✓ EF_{*j*} = коэффициент выбросов от каждого типа системы очистки/сброса (кг CH₄/кг БПК/ХПК), **рекомендуемые данные**;
- ✓ V₀ = максимальная способность образования CH₄, (кг CH₄/кг БПК/ХПК), **рекомендованные данные**;
- ✓ MCF_{*i*} = поправочный коэффициент для метана в водоочистной системе **сектора *i***, **рекомендованные данные**;
- ✓ S_{*ij*} = количество органического компонента, удаленного с отстоем (кг БПК/ХПК/год), **региональные данные или 0**;
- ✓ R = количество рекуперированного метана (Гг CH₄/год), **региональные данные или 0**;
- ✓ 10⁻⁶ – перевод из килограммов в гигаграммы.



Загрязнение бытовых сточных вод

Расчетные формулы:

$$TOW_j = P_j \cdot BOD \cdot 0,001 \cdot 365 \cdot I$$

$$TOW_j = V_j \cdot C_j \cdot 0,001$$

где:

- ✓ TOW_j - общее количество загрязняющих органических веществ в бытовых сточных водах (БПК кг/год), очищаемых/сбрасываемых в систему очистки/сброса j , *региональные данные*;
- ✓ j - каждый путь или система очистки/сброса без очистки;
- ✓ P_j - численность населения, использующего каждую систему очистки/сброса j (человек/год), *региональные данные*;
- ✓ BOD - образование БПК на одного жителя, (г/человек/сутки), *региональные данные или рекомендованное значение 60*;
- ✓ $0,001$ - перевод из граммов БПК в килограммы БПК; 365 - перевод из суток в год;
- ✓ I - поправочный коэффициент для промышленных сбросов БПК в систему коммунально-бытовой канализации, *региональные или рекомендованные значения*;
- ✓ V_j = объем сточных вод, проходящих через систему очистки/сброса j ($m^3/год$), *региональные данные*;
- ✓ C_j = концентрация органических веществ в сточных водах (г БПК/ m^3), *региональные данные*.

Загрязнение промышленных сточных вод

Расчетные формулы:

$$TOW_i = P_i \cdot W_i \cdot COD_i$$

$$TOW_i = V_i \cdot C_i \cdot 0,001$$

где:

- ✓ TOW_i = общее количество **биологически** разложимого органического материала в промышленных сточных водах i , (кг ХПК/год);
- ✓ i – тип промышленного сектора и соответствующая ему система очистки;
- ✓ P_i = объем производства промышленного сектора i , (т/год), **региональные данные**;
- ✓ W_i = удельный объем очищаемых сточных вод промышленного сектора i , (m^3/t продукта в год), **региональные или рекомендованные данные**;
- ✓ COD_i = концентрация разлагаемых органических компонентов в сточных водах сектора i , (кг ХПК/ m^3), **региональные или рекомендованные данные**.

- ✓ V_j = объем сточных вод, проходящих через систему очистки/сброса j ($m^3/год$), **региональные данные**;
- ✓ C_j = концентрация органических веществ в сточных водах ($г БПК/m^3$), **региональные данные**.



Выбросы N₂O от фекальных сточных вод

Выбросы N₂O от процессов нитрификации и денитрификации азотосодержащих органических загрязняющих веществ в сточных водах.

Объем выделяемого газа в первую очередь зависит от количество азотосодержащих загрязняющих веществ в стоках.

В разделе не учитываются следующие выбросы N₂O:

- от систем нитрификации и денитрификации сточных вод на очистных сооружениях;
- от промышленных сточных вод (за исключением стоков организаций сферы услуг, сбрасываемых совместно с бытовыми стоками).

Основные данные для расчетов: количество протеина (белка), поступающего в коммунально-бытовые стоки.

Категории стоков:

- бытовые сточные воды и стоки организаций сферы услуг, сбрасываемые совместно с бытовыми стоками.

Выбросы N₂O от фекальных сточных вод

Расчетная формула:

$$\text{Выбросы (N}_2\text{O)} = \text{N}_{\text{сток}} \cdot \text{EF}_{\text{сток}} \cdot 44/28 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{N}_{\text{сток}} = P \cdot \text{Protein} \cdot \text{Fnpr} \cdot \text{Fnon-con} \cdot \text{Find-com} - \text{N}_{\text{отстой}}$$

где:

- ✓ Выбросы (N₂O) - масса поступившего в атмосферу N₂O (Гг);
- ✓ N_{сток} - общее количество азота в стоках, сброшенных в водные объекты (кг N/год), *региональные данные*;
- ✓ EF_{сток} – коэффициент выбросов (кг N₂O-N/кг N), *рекомендованное значение 0,01*;
- ✓ 44/28 - коэффициент для преобразования кг N₂O-N в кг N₂O;
- ✓ P - численность населения (чел/год), *региональный данные*;
- ✓ Protein - годовое потребление протеина на человека в год (кг/чел./год), *региональные (национальные) данные*;
- ✓ Fnpr - доля азота в протеине (кг N/кг протеина), *рекомендованное значение 0,16*;
- ✓ Fnon-con - коэффициент для непотребленного протеина, *рекомендованное значение 1,2*;
- ✓ Find-com - коэффициент для промышленного протеина в бытовых стоках, *рекомендованное значение 1,25*;
- ✓ N_{отстой} = азот, удаленный с отстоем сточных вод (кг N/год), *региональные данные или 0*;
- ✓ 10⁻⁶ – перевод из килограммов в гигаграммы.



Спасибо за внимание

