

# **Расчет кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов для Сахалинской области**

## **Сектор «Отходы»**

И.Л. Говор

# Источники выбросов и парниковые газы

Учитываемые в секторе парниковые газы (ПГ):

$\text{CH}_4$   $\text{N}_2\text{O}$   $\text{CO}_2$  (в отдельных случаях).

## Источники выбросов ПГ сектора 5. «Отходы»:

- 5.A. Удаление (захоронение) твердых отходов;
- 5.B. Биологическая переработка твердых отходов - **отсутствует**;
- 5.C. Сжигание отходов;
- 5.D. Очистка и сброс сточных вод.

Выбросы  $\text{CO}_2$  от захоронения и сжигания отходов биологического происхождения, а также биогаза **не включаются** в национальные итоговые величины выбросов ПГ и рассматриваются в секторе **«Сельское и лесное хозяйство, другие виды землепользования»**.

Выделившийся от обращения с отходами и стоками биогаз может быть сожжен, выбросы ПГ при этом могут быть включены в сектор «Отходы» - **отсутствуют**.

Выбросы ПГ от использования отходов, стоков и биогаза в качестве топлива и сырья относятся к секторам **«Энергетика»** или **ППИП** - **отсутствуют**.

Выбросы от обращения с навозом отнесены к сектору **«Сельское хозяйство»**.

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

## 5.А.Захоронение твердых отходов

Перечень источников:

- **5.А.1 Управляемые полигоны и свалки (СТО)**
  - 5.А.1.а Анаэробные управляемые СТО
  - 5.А.1.б Полу-анаэробные управляемые СТО – **отсутствуют**
- **5.А.2 Неуправляемые СТО** – **не учитывались**
- **5.А.3 СТО без определенной категории** – **при отсутствии данных о разделении отходов по объектам захоронения**

Выбросы от открытого горения отходов на СТО включают в источник «**5.С Сжигание и открытое горение отходов**» сектора «Отходы» - **отсутствуют**.

Возможны различные способы учета выбросов ПГ от осадков сточных вод - в подсекторах «**5.А.Захоронение твердых отходов**» или «**5.Д Выбросы от сточных вод**» (в этом случае их масса должна быть вычтена из массы отходов, размещенных на СТО) – **учет этих выбросов в подсекторе «5.Д Выбросы от сточных вод»**.

**Обычно наиболее значимый источник ПГ в этом секторе.**

# Захоронение твердых отходов

**Выбросы  $\text{CH}_4$  от анаэробного биологического разложения твердых органических отходов, размещенных на полигонах и свалках (СТО).**

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

В расчетах используется метод годового расчета и метод затухания первого порядка - **учитывает выбросы от медленного разложения отходов в течении многих лет на действующих и закрытых СТО.**

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

## Основные типы СТО:

- управляемые (источник 5.А.1) – **только для СТО г. Южно-Сахалинска и ТПО;**
- неуправляемые разной глубины (источник 5.А.1) – **не учитывали;**
- вне категорий (источник 5.А.1).

## Категории отходов:

- ТКО, **отстой сточных вод, медицинские и строительные отходы;**
- **твердые промышленные биоразлагаемые отходы;**
- **твердые сельскохозяйственные отходы (кроме навоза и помета).**

## Захоронение ТКО (метод ЗПП)

$$\text{Выброс (CH}_4\text{)} = \sum_j [ (\text{DDOCm decomp}_j \cdot F \cdot 16/12) - R_j ]$$

$$\text{DDOCma}_T = \text{DDOCmd}_T + (\text{DDOCma}_{T-1} \cdot e^{-k})$$

$$\text{DDOCm decomp}_T = \text{DDOCmd}_{T-1} + \text{DDOCma}_{T-1} \cdot (1 - e^{-k})$$

Где\*:

- Выбросы (CH<sub>4</sub>) - масса поступившего в атмосферу CH<sub>4</sub>, (тыс. т/год);
- j – тип СТО, **выбор эксперта на основании данных СО**;
- DDOCm – масса помещенного на определенный тип СТО разложимого DOC (тыс.т), **региональные данные СО**;
- T - расчетный год (**всего – 30 лет**);
- k – константа реакции (год<sup>-1</sup>), **выбор эксперта с учетом климатических условий СО**;
- DDOCma<sub>T</sub> - DDOCm, накопленный на полигоне j в конце года T (тыс. т);
- DDOCma<sub>T-1</sub> - DDOCm, накопленный на полигоне j в конце года (T-1) (тыс. т);
- DDOCmd<sub>T</sub> - DDOCm, размещенный на полигоне j в год T, (тыс. т);
- DDOCm decomp<sub>T</sub> - DDOCm, разложившийся на полигоне j в год T (тыс. т);
- F - доля CH<sub>4</sub> в газе со свалок по объему;
- R - масса собранного и сожженного (использованного) CH<sub>4</sub> (тыс. тонн) - **отсутствует**.

\*) **синим цветом** выделены использованные региональные национальные данные

## Захоронение ТКО (метод ЗПП)

$$DDO_{\text{Стко } m} = W_{\text{тко}} \cdot \sum_i (W_{c_i} \cdot DOC_i) \cdot DOC_f \cdot MCF_j$$

Где\*:

- $DO_{\text{Стко } m}$  – масса помещенного на определенный тип СТО разложимого DOC ТКО (тыс. т);
- $i$  – компонент **ТКО, выбор эксперта на основании данных СО**;
- $W_{\text{тко}}$  – масса ТКО в год удаления отходов на СТО (тыс. т), **данные СО – количество вывезенных из городских поселений ТКО, Росстат и Сахалинстат**;
- $W_{c_i}$  – доля компонента  $i$  в год удаления отходов на СТО, **данные СО - региональный состав ТКО, Территориальная схема обращения с отходами в СО**;
- $DOC_i$  – доля способного к разложению биогенного углерода в  $i$ -том компоненте ТКО;
- $DOC_f$  - доля DOC, способного к разложению;
- $MCF_j$  - поправочный коэффициент метана для свалки типа  $j$  в год удаления отходов на СТО.

\*) **синим цветом** выделены использованные региональные данные

**Дополнительно использованные региональные данные – численность городских (в т.ч. Г. Южно-Сахалинска) жителей Сахалинской области, Сахалинстат.**

Использован подход к оценке выбросов с помощью построения **простой расчетной таблицы**, описанной в разделе 3А1.4 Приложения 3А1 к главе 3 Руководящих принципов МГЭИК 2006.

**«Модель табличного расчета для определения выбросов метана со свалок твердых отходов»** (таблицы в формате Excel) (с сайта МГЭИК).



# Захоронение ТПО (годовой метод)

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

Где\*:

- Выброс (CH<sub>4</sub>) - масса поступившего в атмосферу CH<sub>4</sub>, (тыс. т/год);
- i – вид отходов, **данные СТО – виды захороненных отходов, Дальневосточное Межрегиональное Управление Росприроднадзора;**
- j – тип СТО, **выбор эксперта – управляемые анаэробные СТО;**
- W<sub>ij</sub> - масса отходов i-того вида, захороненных на СТО типа j (тыс. т/год), **данные СО – количество захороненных отходов, Дальневосточное Межрегиональное Управление Росприроднадзора;**
- DOC<sub>i</sub> - доля способного к разложению органического С в отходах i-того вида;
- MCF<sub>j</sub> - поправочный коэффициент метана для свалок типа j;
- DOCF - доля DOC, способного к разложению;
- F - доля CH<sub>4</sub> в газе со свалок по объему;
- 16/12 - соотношение молекулярных весов CH<sub>4</sub> и С;
- R<sub>j</sub> - масса рекуперированного на СТО метана (тыс. т/год) - **отсутствует.**

\*) **синим цветом** выделены использованные региональные данные

## 5.С. Сжигание отходов

Перечень источников:

### 5.С.1 Сжигание (инсинерация) отходов

- 5.С.1.1 Сжигание биогенных отходов
- 5.С.1.2 Сжигание абиогенных отходов

### 5.С.2. Открытое сжигание (горение) отходов - **отсутствует**

Выбросы при сжигании отходов сельского хозяйства рассматриваются в секторе **«Сельское хозяйство» - отсутствуют.**

При использовании выделившегося тепла и энергии от сжигания отходов все выбросы ПГ учитываются в секторе **«Энергетика» - отсутствуют.**

Возможны различные способы учета выбросов ПГ от осадков сточных вод - в подсекторах **«5.С.Сжигание отходов»** или **«5.Д Выбросы от сточных вод»** (в этом случае их масса должна быть вычтена из массы сжигаемых отходов) – **учет этих выбросов в подсекторе «5.Д Выбросы от сточных вод».**

# Сжигание отходов

Выбросы  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и (в отдельных случаях  $\text{CH}_4$ ) от термического разложения органических отходов.

Объем выделяемых газов зависит от количества ископаемого С и N в отходах, а так же способов их сжигания.

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

**В разделе «Отходы» регистрируются выбросы:**

- $\text{CO}_2$  от сжигания отходов, содержащих углерод абиогенного происхождения, без использования энергии и тепла
- $\text{N}_2\text{O}$  от сжигания отходов без использования энергии и тепла – **не учитывались.**

**Основные способы сжигания:**

- печи разного режима (источник 5.С.1);
- открытое сжигание (источник 5.С.2) - **отсутствует.**

**Категории отходов:**

- ТКО, **отстой сточных вод, медицинские** и строительные отходы;
- твердые и жидкие промышленные отходы.

## Сжигание отходов

$$\text{Выброс (CO}_2\text{)} = \sum_i (IW_i \cdot FCF_i \cdot OF_i) \cdot 44/12$$

Где\*\*:

- Выброс (CO<sub>2</sub>) - масса поступившего в атмосферу CO<sub>2</sub>, (тыс. т/год);
- *i* – категории/вид отходов, **данные СО - виды обезвреженных отходов, Дальневосточное Межрегиональное Управление Росприроднадзора и данные предприятий СО**;
- IW<sub>i</sub> - количество сожженных отходов категории/вида *i*, не используемых для производства электроэнергии и тепла (тыс. т/год), **данные СО – количество обезвреженных отходов, Дальневосточное Межрегиональное Управление Росприроднадзора и данные предприятий СО**;
- FCF<sub>i</sub> - доля ископаемого углерода во влажном веществе сжигаемых отходов категории/вида *i*;
- OF<sub>i</sub> – коэффициент окисления С при сжигании отходов категории/вида *i*;
- 44/12 - коэффициент перехода от С к СО<sub>2</sub>.

*\*) Для КТО использован дополнительный расчет через средневзвешенные величины и его компонентный состав*

*\*\*\*) **синим цветом** выделены использованные региональные данные*

## 5.D. Очистка и сброс сточных вод

### Перечень источников:

- 5.D.1 Бытовые сточные воды
- 5.D.2 Промышленные сточные воды

Выбросы ПГ от сжигания собранного биогаза в методике не учитываются из-за их незначительности.

Выбросы ПГ от удаленного из водоочистных сооружений отстоя сточных вод учитываются в источниках **5.A.- 5.C. сектора «Отходы»** в зависимости от используемых для его обезвреживания или утилизации технологий (кроме как удобрения), за исключением случаев, когда выбросы из отстоя и сточных вод рассматриваются совместно – **рассматриваются совместно и включены в источник 5.D. Очистка и сброс сточных вод.**

Выбросы  $N_2O$  от орошения сельскохозяйственных земель сточными водами или использования отстоя в качестве удобрения рассматриваются в секторе **«Сельское хозяйство» - отсутствуют.**

# Очистка и сброс сточных вод

## Выбросы $\text{CH}_4$ и $\text{N}_2\text{O}$ от разложения органических веществ в сточных водах.

В разделе «Отходы» регистрируются следующие выбросы:

- $\text{CH}_4$  от систем очистки сточных вод или сливаемых стоков;
- $\text{N}_2\text{O}$  от бытовых стоков, сливаемых без очистки.

### Категории стоков:

- бытовые сточные воды (источник 5.D.1);
- промышленные стоки, содержащие органические вещества (источник 5.D.2).

При сборе промышленных стоков в системы бытовой канализации выбросы ПГ от них относят к источнику **5.D.1 Бытовые сточные воды.**

$\text{N}_2\text{O}$  от систем нитрификации и денитрификации бытовых сточных вод на коммунальных очистных сооружениях в методике не учитываются.

# Очистка и сброс сточных вод

## Выбросы $\text{CH}_4$ от анаэробного биологического разложения загрязняющих органических веществ в стоках и их отстое.

Масса выделяемого  $\text{CH}_4$  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.**

### 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 (источник 5.D.1);
- промышленные стоки, содержащие органические вещества (источник 5.D.2).



# Очистка и сброс бытовых сточных вод

$$\text{Выброс (CH}_4\text{)} = \sum_{i,j} [ (U_i \cdot T_{i,j} \cdot V_o \cdot MCF_j) ] \cdot (TOW - S) - R$$

Где\*:

- Выброс (CH<sub>4</sub>) - выбросы CH<sub>4</sub> от очистки сточных вод (CH<sub>4</sub> тыс.т/год);
- i – группа населения по степени урбанизации: сельское, городское и городское, проживающее на высоко урбанизированных территориях;
- j - тип системы очистки/сброса, **выбор эксперта на основании данных СО**;
- U<sub>i</sub> – доля населения в группах урбанизации i, **данные СО – численность сельского и городского населения, Сахалинстат**;
- T<sub>ij</sub> – степень применения систем очистки/сброса для разных групп населения, **данные СО – оборудование помещений канализацией, Сахалинстат**;
- TOW - общее количество органических веществ в бытовых сточных водах, (тыс.т БПК<sub>5</sub>/год), **региональные данные СО**;
- V<sub>o</sub> - максимальная способность образования CH<sub>4</sub>, (кг CH<sub>4</sub>/кг БПК<sub>5</sub>);
- MCF<sub>j</sub> - поправочный коэффициент выбросов CH<sub>4</sub> для каждого типа системы очистки/сброса j;
- S - количество органического компонента, удаленного с отстоем (тыс.т БПК<sub>5</sub>/год) - **отсутствует**;
- R - количество рекуперированного метана (тыс. т CH<sub>4</sub>/год) - **отсутствует**.

\*) **синим цветом** выделены использованные региональные данные

## Очистка и сброс бытовых сточных вод

$$TOW = P \cdot BOD \cdot 10^{-9} \cdot 365 \cdot I$$

Где\*:

- TOW - общее количество загрязняющих органических веществ в бытовых сточных водах (тыс. т БПК<sub>5</sub>/год);
- P - численность населения, использующего системы очистки/сброса j (человек/год), **данные СО - численность жителей Сахалинской области, Сахалинстат;**
- BOD - образование БПК<sub>5</sub> на одного жителя, (г/человек/сутки), **национальные данные;**
- 10<sup>-9</sup> - перевод из граммов БПК<sub>5</sub> в тыс.т БПК<sub>5</sub>;
- 365 - перевод из суток в год;
- I - поправочный коэффициент для промышленных сбросов БПК<sub>5</sub> в систему коммунально-бытовой канализации.

\*) **синим цветом** выделены использованные национальные и региональные данные

# Сброс бытовых сточных вод

## Выбросы $N_2O$ от процессов нитрификации и денитрификации азотосодержащих органических загрязняющих веществ в водных объектах.

Масса выделяемого газа в первую очередь зависит от количества азотосодержащих загрязняющих веществ в стоках.

Основные данные для расчетов: количество протеина (белка), поступающего в бытовые стоки и попадающих в водные объекты (без учета очистки).

В разделе **не учитываются выбросы  $N_2O$  от промышленных сточных вод** (за исключением стоков организаций сферы услуг, сбрасываемых совместно с бытовыми стоками).

Выбросы  $N_2O$  от систем удаления азота на водоочистных станциях в методике не рассматриваются.

### Категории стоков:

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

# Сброс бытовых сточных вод

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

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

Где\*:

- Выбросы (N<sub>2</sub>O) - масса поступившего в атмосферу N<sub>2</sub>O (тыс. тонн/год);
- N<sub>сток</sub> - общее количество азота в стоках, сброшенных в водные объекты (кг N/год) – **региональные данные СО**;
- EF<sub>сток</sub> – коэффициент выбросов (кг N<sub>2</sub>O-N/кг N);
- 44/28 - коэффициент для преобразования кг N<sub>2</sub>O-N в кг N<sub>2</sub>O;
- P - численность населения (чел/год), **данные о численности населения СО, Сахалинстат**;
- Protein - годовое потребление протеина на человека в год (кг/чел./год), **данные СО о потреблении белка в домохозяйствах, Росстат**;
- Fnpr - доля азота в протеине (кг N/кг протеина);
- Fnon-con - коэффициент для непотребленного протеина;
- Find-com - коэффициент для промышленного протеина в бытовых стоках;
- Notстой = азот, удаленный с отстоем сточных вод (кг N/год);
- 10<sup>-6</sup> – перевод из килограммов в тыс. тонн.

\*) **синим цветом** выделены региональные данные, необходимые для расчета

## Очистка и сброс промышленных сточных вод

$$\text{Выброс (CH}_4\text{)} = \sum_i [(TOW_i - S_i) \cdot V_0 \cdot MCF_i - R_i] \cdot 10^{-6}$$

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

Где\*:

- Выброс (CH<sub>4</sub>) - выбросы CH<sub>4</sub> от очистки сточных вод (CH<sub>4</sub> тыс.т/год);
- i – тип сточных вод в зависимости от промышленного сектора и соответствующая ему система очистки, **данные CO – производство продукции в натуральном выражении, Сахалинстат**;
- TOW<sub>i</sub> - общее количество биологически разложимого органического материала в промышленных сточных водах i, (кг ХПК/год), **региональные данные CO**;
- S<sub>i</sub> - количество органического компонента, удаленного с отстоем (тыс.т ХПК/год) - **отсутствует**;
- V<sub>0</sub> - максимальная способность образования CH<sub>4</sub>, (кг CH<sub>4</sub>/ кг /ХПК);
- MCF<sub>i</sub> - поправочный коэффициент выбросов метана для каждого типа системы очистки/сброса j;
- P<sub>i</sub> - объем производства промышленного сектора i, (т/год), **данные CO – производство продукции в натуральном выражении, Сахалинстат**;
- W<sub>i</sub> - удельный объем сточных вод промышленного сектора i, (м<sup>3</sup>/т продукта в год);
- COD<sub>i</sub> - концентрация разлагаемых органических компонентов в сточных водах сектора i, (кг ХПК/м<sup>3</sup>);
- R<sub>i</sub> - количество рекуперированного метана (тыс. т CH<sub>4</sub>/год) - **отсутствует**;
- 10<sup>-6</sup> – перевод из кг в тыс.т

\*) **синим цветом** выделены региональные данные, необходимые для расчета по уровню 1

# **Результаты расчета выбросов ПГ от обращения с отходами и стоками**

# Оценка выбросов ПГ от отходов

## Захоронение твердых отходов (CH<sub>4</sub>)

### Категории отходов:

- твердые коммунальные отходы (ТКО);
- твердые промышленные отходы – отходы строительных и ремонтных работ.

Расчет для ТКО - метод затухания первого порядка - учитывает выбросы от медленного разложения отходов в течении 30 лет на действующих и закрытых СТО.

Для ТПО – прямой метод расчета (все выбросы происходят за 1 год).

**Основные данные для расчетов:** количество и состав ТКО (с городских территорий) и промышленных отходов, содержащих биологически разложимые органические вещества, захороненных на каждом из типов свалок и полигонов.

## Сжигание отходов (абиогенный CO<sub>2</sub>)

### Категории отходов:

- твердые и жидкие промышленные отходы, содержащие углерод абиогенного происхождения, в т.ч. нефтесодержащие;
- ТКО.

**Основные данные для расчетов:** количество и состав ТКО и промышленных отходов, содержащих углерод абиогенного происхождения, сожжённых в специальных установках.



# Оценка выбросов ПГ от сточных вод

## Очистка сточных вод ( $\text{CH}_4$ )

### Категории стоков:

- бытовые сточные воды;
- промышленные стоки от производства пива, молочной продукции, рыбопереработки, переработки мяса и птицы, нефтепереработки.

**Основные данные для расчетов:** количество биологически разлагаемых органических веществ в бытовых и промышленных стоках, проходящих через каждую из систем очистки.

## Сброс сточных вод ( $\text{N}_2\text{O}$ )

### Категории стоков:

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

**Основные данные для расчетов:** количество протеина (белка), поступающего в коммунально-бытовые стоки от жизнедеятельности людей и организаций сферы услуг.

# Источники данных

## Использованные в расчетах источники данных:

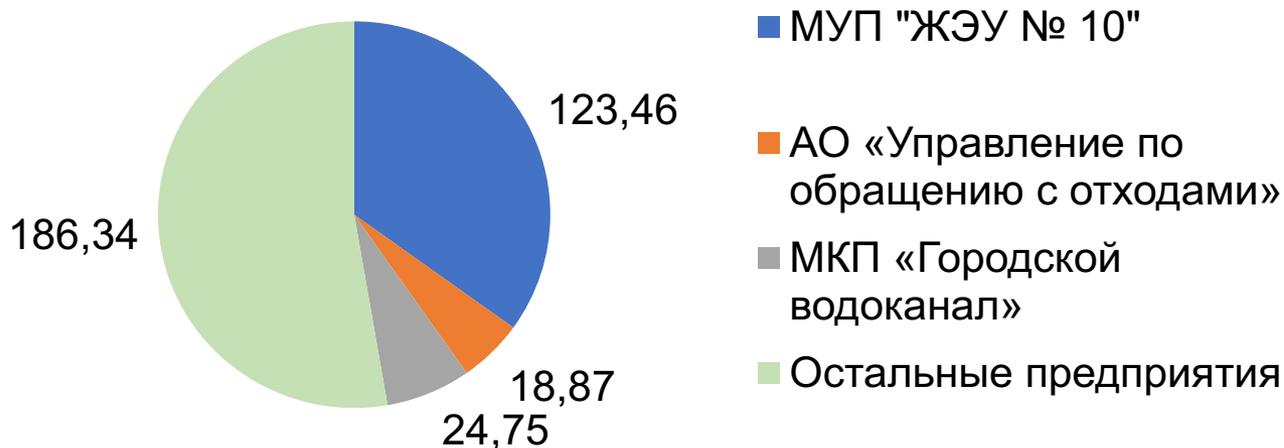
- государственная статистическая отчетность о вывозе ТКО с 2007 г. до 2019 г.
- государственная статистическая отчетность об обращении с отходами производства и потребления за 2019 г.;
- государственная статистическая отчетность о численности постоянного населения Сахалинской области и г.Южно-Сахалинска с 1990 г. до 2019 г.;
- Территориальная схема обращения с отходами в Сахалинской области (2016);
- данные предприятий по обезвреживанию отходов о массе и составе сжигаемых отходов;
- данные о составе отходов из разных источников;
- государственная статистическая отчетность о работе канализации за 2019 г.;
- государственная статистическая отчетность об оборудовании жилых помещений за 2019 г.;
- государственная статистическая отчетность о производстве отдельных видов продукции в натуральном выражении за 2019 г.;
- исследование Росстата о потреблении продуктов питания в домашних хозяйства за 2019 г.;
- рекомендованные данные из приказа МПР 15-р, 2015.

## Результаты расчетов

Выбросы парниковых газов в секторе «Отходы», тыс. тонн CO<sub>2</sub>-экв.

Год	Захоронение твердых отходов	Очистка и сброс сточных вод		Сжигание отходов	Итого
	Выброс CH <sub>4</sub>	Выброс CH <sub>4</sub>	Выброс N <sub>2</sub> O	Выброс CO <sub>2</sub>	
2019	217,66	111,87	7,01	16,90	353,43

Вклад отдельных предприятий в общий выброс парниковых газов в секторе «Отходы», тыс. тонн CO<sub>2</sub>-экв.





# Спасибо за внимание!

Контакты:

[www.igce.ru](http://www.igce.ru)

[fgbuigce@igce.ru](mailto:fgbuigce@igce.ru)