

Утверждаю
Министр охраны
окружающей среды
Республики Казахстан
от « » 2010 г. №

**Система нормативных документов по охране окружающей среды
Руководящий нормативный документ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**ПО РАСЧЕТУ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРУ
ОТ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

*Исполнитель: РГП «КазНИИЭК» МОС РК
Заказчик: Министерство охраны окружающей
среды Республики Казахстан*

Алматы, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Область применения	3
Перечень сокращений, символов, единиц.....	4
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	5
1.1 Состояния сектора управления отходами и эмиссии парниковых газов от ТБО в Казахстане	5
1.2 Общие сведения о процессе метаногенеза.....	6
1.3 Расчеты эмиссии метана от полигонов ТБО по методу 1.....	8
Пример расчета выбросов метана с полигона ТБО.....	15
Мониторинг биогаза на закрытых полигонах.....	17
ЛИТЕРАТУРА	18

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая методика предназначена для расчета выбросов парниковых газов от управления твердыми бытовыми отходами (ТБО). Она применяется предприятиями, которые владеют полигонами твердых бытовых отходов.

Методика применяется предприятиями, осуществляющими производственную деятельность на территории Республики Казахстан.

Методика используется при проведении ежегодной инвентаризации выбросов парниковых газов от предприятий с целью государственного учета и регулирования в сфере эмиссий и поглощения парниковых газов.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ

МГЭИК	- Межправительственная группа экспертов по изменению климата
МООС РК	- Министерство Охраны Окружающей Среды Республики Казахстан
ПГ	- парниковые газы
ППП	- потенциал глобального потепления
РК	- Республика Казахстан
РКИК ООН	- Рамочная конвенция ООН об изменении климата
ТБО	- Твердые бытовые отходы

Химические символы

CH ₄	- Метан
N ₂ O	- закись азота
CO ₂	- двуокись углерода

Единицы измерения

Гг	- гигаграмм, тыс. тонн
т	- тонна
Т.у.т	- тонна условного топлива
°С	- градус Цельсия
тыс. т	- тысяча тонн
Дж	- джоуль
м ³ /га	- метр кубический на гектар

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В настоящее время проблема твердых бытовых отходов становится одной из самых острых хозяйственных и природоохранных проблем. Удельные показатели образования отходов по данным Департаментов экологии Комитета экологического регулирования и контроля Министерства охраны окружающей среды РК в больших городах достигают в среднем 0,5 кг в день с 1 чел. и имеют тенденцию к росту. В 2009 г. объем образования отходов достиг **2,8 млн.тонн (на 38 тыс.тонн превышает объем образования отходов за 2008 г.)**, а объем накопления – **38,4 млн. тонн (на 3 млн.тонн превышает объем накопленных отходов за 2008 г.)** по Республике Казахстан. Только не более 3% ТБО из общего количества ТБО, вывозимого на полигоны ТБО в Казахстане, утилизируется.

В толще твердых бытовых отходов, складированных на полигонах, под воздействием микрофлоры происходит биотермический анаэробный процесс разложения органических составляющих отходов. В результате этого процесса образуется биогаз, основную объемную массу которого составляют метан и диоксид углерода. Наряду с названными компонентами биогаз содержит пары воды, оксид углерода, оксиды азота, аммиак, углеводороды, сероводород, фенол и в незначительных количествах другие примеси, обладающие вредным для здоровья человека и окружающей среды воздействием. Количественный и качественный состав биогаза зависит от многих факторов, в том числе, от климатических и геологических условий месторасположения полигона, морфологического и химического состава отходов, условий складирования (площадь, объем, глубина захоронения), влажности, плотности и т.д., и подлежит уточнению в каждом конкретном случае [6].

По данным Департаментов экологии Комитета экологического регулирования и контроля Министерства охраны окружающей среды РК на сегодняшний день имеется управляемых полигонов - 100 ед., свалок – 66 ед.

Система раздельного сбора ТБО в Казахстане практически отсутствует. Лишь в отдельных городах внедряются пилотные проекты. Один из подобных проектов по организации раздельного сбора ТБО принят к внедрению в г.Петропавловске, где в настоящее время установлены 240 контейнеров для раздельного сбора отходов, из них 52 контейнера - под пластик, 22 - под бумагу и 166 - под остаточный мусор.

Основными проблемами в сфере обращения с ТБО являются устаревший парк мусоровозов (изношенность в среднем составляет 70 %) и контейнеров для сбора ТБО, отсутствие выделенных земельных участков для сооружения новых полигонов, пожароопасность свалок из-за нарушения технологических регламентов захоронения бытовых отходов.

Отходы из категории остатков продуктов конечного потребления, такие как бумага и картон, сырье полимерное вторичное, материалы текстильные вторичные и шлаки доменного, сталеплавильного и ферросплавного производств, стеклобой, шины изношенные и т.п. представляют значительный ресурсный резерв[2].. Утилизация органической части отходов (пластик, бумага, текстиль и т.д.), используемых вторично, позволит сократить объем образования метана от полигонов ТБО.

1.1 Состояния сектора управления отходами и эмиссии парниковых газов от ТБО в Казахстане

Сложившаяся практика обращения с ТБО в странах СНГ не отвечает экологическим и ресурсосберегающим требованиям, так как базируется преимущественно на полигонном их захоронении или же, в лучшем случае, на упрощенных, не требующих организационных усилий и финансовых затрат, схемах. Технологии, используемые в западноевропейских странах, характеризуются существенными капитальными и эксплуатационными расходами, ориентированы на переработку ТБО строго

регламентированного состава и, как следствие, не приемлемы для прямого тиражирования без учета специфических региональных факторов, в том числе природно-климатических и социально-экономических. [5]

В Казахстане в современных экономических условиях полигоны и организованные свалки являются наиболее дешевым и приемлемым методом долговременного и безопасного захоронения ТБО. Часть свалок имеет статус официальных, многие являются полуофициальными, т.е. функционирующими без проектов. Многие города страны размещают отходы на свободных территориях, расположенных вокруг них. Отходы захораниваются контролируемым образом, на определенном месте, кладутся послойно. Такие свалки считаются управляемыми. Однако имеют место произвольное самовозгорание отходов и подтопление грунтовыми водами.

В связи с оживлением экономики и ростом населения в Казахстане увеличивается объем вырабатываемых муниципальных отходов, вырастает полимерная составляющая в их морфологическом составе. В то же время в стране практически отсутствует система учета и контроля деятельности по обращению с отходами на свалках, что существенно усложняет работу по инвентаризации ПГ.

Суммарная эмиссия парниковых газов от сектора «Отходы» в 2008 году составила 4862,6 Гг CO₂-экв., что на 211,2 Гг CO₂-экв., или на 4,5 %, превышает уровень прошлого 2007 года. В этом секторе можно отметить рост эмиссий, особенно заметный начиная со второй половины 90-х годов прошлого века. По сравнению с 1990 г. эмиссии в секторе «Отходы» увеличились на 19 %, или на 776,6 Гг CO₂-эквивалента. Рост суммарной эмиссии парниковых газов в секторе «Отходы» в основном обусловлен увеличением массы ТБО, захораниваемых на свалках.

1.2 Общие сведения о процессе метаногенеза

Газ, образующийся на полигонах, является продуктом биологического разложения органической фракции складированных отходов. Источником биогаза являются биоразлагаемые фракции отходов, составляющие в среднем 60-80% от массы ТБО, к которым относятся пищевые отходы, садово-парковые, макулатура и другие целлюлозосодержащие отходы.

Скорость и полнота протекания процессов биоразложения зависят от морфологического и химического состава ТБО, климатогеографических условий, а также стадии жизненного цикла полигона. Процесс биологического разложения включает фазы аэробной и анаэробной деструкции. Анаэробные процессы обуславливают основные эмиссии загрязняющих веществ.

Длительность аэробной фазы зависит от предварительной обработки и способа складирования ТБО, определяющих диффузионную способность отходов и степень доступности кислорода. В аэробных условиях, которые складываются на глубине до 50 - 80 см, гидролиз и окисление пищевых отходов, содержащих жиры, белки, протеины, протекает достаточно быстро. Биогаз выделяется в незначительных количествах и состоит в основном из метана, двуокиси углерода, азота и водяного пара.

Анаэробный процесс начинается на эксплуатационном этапе жизненного цикла и заканчивается на пострекультивационном, проходя следующие стадии развития :

1 этап - адаптационную, с периода формирования рабочего тела, когда в течение первых 2-7 лет после начала эксплуатации начинаются процессы метаногенеза;

2 этап- экспоненциального развития, 12-17 лет, (с момента, когда условия метаногенеза сложились, *pH* фильтрата установилось на уровне 8, до максимального выхода биогаза);

3 этап - стабилизационную, при постоянном потоке биогаза (25-30 лет с момента закрытия);

4 этап - затухание анаэробных процессов, снижение потока биогаза до безопасных концентраций по метану;

5 этап - стадия биологической инертности.

В течение 1-2 лет с момента начала складирования ТБО, по мере естественного и механического уплотнения отходов, усиливаются анаэробные процессы разложения с постоянным образованием биогаза. При переходе аэробных условий в анаэробные облигатные (строгие) аэробные микроорганизмы умирают, а факультативные (условные) аэробные микроорганизмы переходят в анаэробное состояние. Образуются диоксид углерода, вода и водород.

В процессе анаэробного разложения (метанового брожения) принимают участие несколько групп микроорганизмов: *Methanococcus Vanniellii* (восстановление CO_2 водородом); *Methanobacterium Omeiianskii* (сбраживание спиртов); *Methanococcus mazei*, *Methanosarcina methanica*, *Methanobacterium Sohngeniei* (сбраживание солей органических кислот) и др.

Выделяются следующие основные фазы анаэробной биодеструкции отходов (рис. 1.): гидролиз, когда происходит разрушение полимера до коротких фрагментов и мономеров; ацетогенез, когда образуется уксусная кислота, H_2 и CO_2 ; метаногенез, синтез биогаза снижение биологической активности, полная ассимиляция.

В фазе гидролиза под действием ферментативных бактерий происходит биодеструкция легкоразлагаемых фракций ТБО и гидролиз целлюлозосодержащих отходов (бумага, садово-парковые отходы, древесина). Биогаз в этот период состоит из аммиака, водорода, водяного пара, сероводорода.

В ацетогенной или кислой фазе ($\text{pH}=4,5 -6,5$) в течении 4-5 лет происходит дальнейший распад целлюлозы, с образованием уксусной и пропионовой кислоты, углекислого газа и воды, приводящие к значительному снижению величины pH и ускорению процессов деструкции легко- и среднеразлагаемой фракций ТБО. Биогаз в этот период содержит углекислый газ, азот, аммиак, углеводороды, низкомолекулярные спирты и альдегиды, кетоны. Метан может появляться только в конце этой фазы.

Метаногенная фаза анаэробного разложения включает две стадии: активную и стабильную. В активной стадии, протекает ферментативное разложение образованных в ацетогенной фазе кислот, которое сопровождается значительным выделением газов (метан, углекислый газ, меркаптаны, аммиак и др.). Преобладающим восстановленным сульфидным соединением в биогазе является сероводород. Концентрация метана в биогазе увеличивается до 40-60%. Максимальный выход биогаза наступает после двухлетней выдержки отходов в толще полигона и стабилизации процессов разложения.

Стабильная стадия метаногенеза лимитирует общую скорость разложения органических веществ в теле полигона. Характерным признаком наступления этой фазы является наличие более 50 % метана в пробах биогаза. Если не нарушаются условия складирования ТБО, процесс анаэробного разложения отходов стабилизируется с постоянным по объему выделением биогаза, фактически постоянного состава. На этом этапе разлагается 50—70% целлюлозы. Со временем в результате разложения средне- и медленно разлагаемых отходов, количество питательного субстрата уменьшается и процесс метаногенеза постепенно затухает. Содержание метана в газе снижается до 40 %.

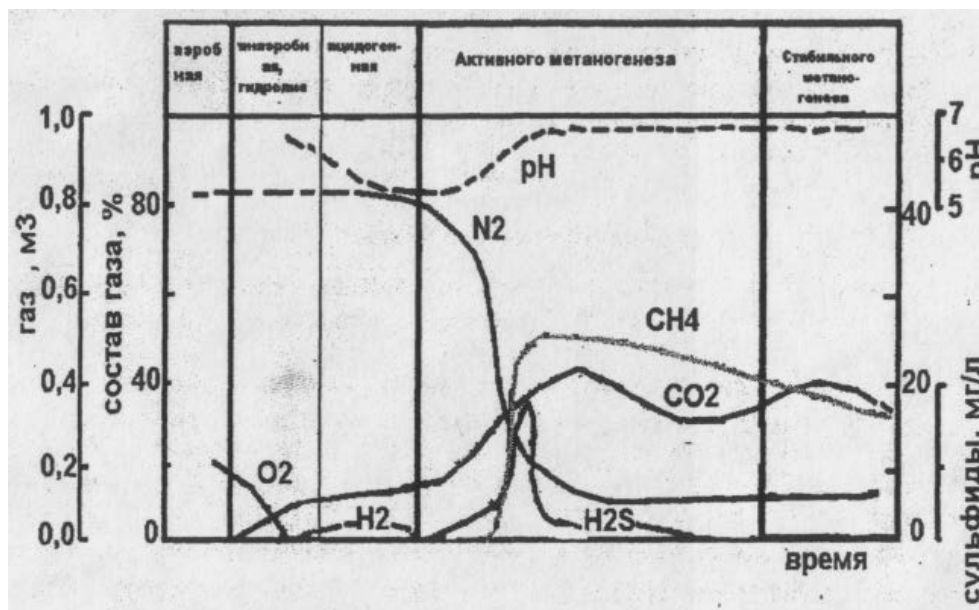


Рисунок 1 - Процесс метаногенеза на полигонах ТБО [4]

Количество образующегося биогаза и концентрация в нем метана зависят от содержания в ТБО пищевых отходов, растительных остатков, бумаги, текстиля, древесины и других органических фракций, называемых биоразлагаемыми. Продолжительность периода образования биогаза определяется по п.п. 3.2.9.

1.3 Расчеты эмиссии метана от полигонов ТБО по методу 1

В биогазе выделяют две группы составляющих: макрокомпоненты и микрокомпоненты, или следовые газы. К макрокомпонентам относятся метан и диоксид углерода, азот, водород. Составы биогаза различных полигонов существенно отличаются в зависимости от объема и качества депонированных отходов, географических условий района расположения полигона, конструкции основания и покрытия полигона, возможности доступа кислорода воздуха к отходам, высоты складирования отходов, условий их уплотнения, интенсивности процессов разложения. Биогаз содержит компоненты, вредно действующие на здоровье человека, которые могут значительно превышать установленные для них в атмосферном воздухе ПДК (раз): Присутствующие в биогазе аммиак и сероводород, оксид углерода и гексан, циклогексан и бензол, этилен, пропилен и бутилен обладают эффектом суммированного воздействия.

В зависимости от возраста полигона состав биогаза меняется. Изменение концентраций основных компонентов биогаза на различных этапах жизненного цикла полигона показано на рис. 1.

Для оперативной оценки состояния систем дегазации полигонов состав биогаза можно принимать по табл.2

Таблица 3 – Состав биогаза на полигонах при различных условиях

Тип Биогаза* ¹⁾	Метан,%	Диоксид углерода,%	Кислород,%	Азот,%
----------------------------	---------	--------------------	------------	--------

1	55	45	-	-
2	40	30	6	24
3	45	35	1	18
4	35	30	5	30

Примечание*): Тип 1 - чистый биогаз, полученный в анаэробных условиях, тип 2 - в биогазе присутствуют кислород и азот в соотношении, свойственном атмосферному воздуху. Воздух поступает за счет неплотностей во всасывающем трубопроводе; тип 3 - над поверхностью свалки засасывается воздух, кислород которого используется в микробиологическом процессе; тип 4 - комбинация типов 2 и 3.

Физические свойства биогаза: плотность $\rho = 1.07 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3$; теплота сгорания очищенного от примесей биогаза $Q = 1800-25100 \text{ кДж/м}^3$, что составляет половину аналогичного показателя природного газа. При содержании в биогазе 50% метана и 45% углекислого газа 1 м³ биогаза имеет теплоту сгорания около 18 500 кДж (5,14Вт). Влагосодержание биогаза зависит от температуры и давления. Газ может быть насыщен или ненасыщен влагой. В среднем биогаз содержит от 25% до 45% влаги. Атмосферные осадки, поверхностные и подземные воды являются источниками дополнительной влаги.

Таблица 4 – Физические свойства компонентов биогаза

Свойства	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	CO	N ₂
Относительная плотность	0,555	1,520	0,069	1,190	0,967	0,967
Горючесть	есть	нет	есть	есть	есть	нет
Взрывчатость*), %	5-15	нет	4-75,6	4,3-45,5	74	нет
Температура Горения,С	650	-	560	270	605	-
Запах	Нет	Нет	Нет	есть	Нет	нет
Токсичность	нет	Есть	Есть	Есть	есть	нет
Инертность	Есть	-	Есть	-	-	есть

*1) Взрывчатость компонентов газа в смеси с воздухом указана для температуры 20°C и давления 1 атм. в пределах верхней и нижней границы взрыва

Эмиссии метана от полигонов ТБО рассчитываются по следующей формуле:

$$E_{\text{CH}_4} (\text{Гг/год}) = (\text{MSW} \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOCf} \times \text{F} \times 16/12 - \text{R}) \times (1-\text{OX}) \quad (1),$$

где

MSW - общее количество отходов, захороненных на свалках за год (данные предприятия, владеющего полигоном ТБО);

MCF - коэффициент коррекции потока метана, доля (0.6)

DOC - потенциально разлагаемое органическое вещество (определяется по составу отходов на конкретном)

DOCf - доля DOC, которая фактически разлагается (типичное значение 0,77)

F - доля метана в образующихся на свалках газа (типичное значение 0,5)

16/12 - коэффициент преобразования C в CH₄

R - утилизированный метан (Гг/год),

OX - коэффициент окисления (обычно = 0).

Для расчетов эмиссий метана от полигонов ТБО необходимо иметь данные о морфологическом составе отходов. В качестве примера в таблице 1 представлен компонентный состав отходов на одном из полигонов.

Таблица 1 –Пример морфологического состава ТБО одном из полигонов

Компоненты ТБО	Содержание, %
Пищевые отходы	30
Пластмасса	25
Бумага, картон	25
Стекло	5
Текстиль	5
Шлак, камни, кирпич	2
Металл	3
Дерево	2,5
Прочие	2,5

Исследования фракционного состава отходов показали, что на полигоне ТБО основная часть отходов имеет размер частиц менее 150 мм (90-95 % пищевых отходов, более 50% всей бумаги, 95% общего содержания стекла, металла, камней). Они включают бытовые отходы, отходы, образующиеся в садах, парках, от торговой и прочей коммерческой деятельности. В расчет принимаются только те компоненты, которые способны разлагаться. Содержание в отходах разлагающегося органического углерода определяется по содержанию углерода в бумаге, тканевых материалах, пищевые и не пищевые отходы парков и садов. На основе данных по составу отходов можно определить содержание разлагающегося органического углерода (DOC).

Оценка удельной скорости образования метана.

Доля органического вещества, способного разлагаться, оценивается на основе морфологического состава отходов на полигоне. Содержание доли разлагающегося органического углерода в различных видах отходов (DOC), способных к разложению, имеют следующие значения:

- А- Бумага, тканевые материалы – 40%
- Б- Непищевые отходы, образующиеся в парках и садах – 17 %
- В- пищевые отходы – 15 %
- Г - Древесные отходы и солома – 30 %.

Величину DOC_f из формулы (1) определяют по формуле (2):

$$DOC_f = 0,4 (A) + 0,17 (B) + 0,15 (B) + 0,3 (Г) \quad (2).$$

В качестве исходных данных используется количество ТБО, вывезенных на полигон ТБО за календарный год. Учет этих данных, как правило, на полигонах проводится. Поэтому составляющим инвентаризацию предприятиям получить данные для отдельного полигона не представляется сложным.

Количество ТБО, поступивших от населения на свалки, представлено в Таблице 5. Поэтому при расчете метана от ТБО на каждом полигоне полученное количество метана не может превышать общенациональных показателей (Таблица 6).

Таблица 5 – Данные о количестве ТБО, вывезенных на свалки и полигоны в 2008 году*

	Количество ТБО, вывезенных на свалки	Численность населения	ТБО в кг/чел. в день	ТБО в т/чел. В год
Республика Казахстан	2 726 248	15776492	0,47343685	0,173
Акмолинская	85 823	741897	0,31693282	0,116
Актюбинская	416 933	712130	1,60403605	0,585
Алматинская	5 500	1667143	0,00903851	0,003
Атырауская	40 099	501623	0,21900964	0,080
Западно-Казахстанская	140 978	618785	0,62419273	0,228
Жамбылская	55 646	1031144	0,14785015	0,054
Карагандинская	343 708	1346373	0,69940927	0,255
Костанайская	170 052	889368	0,52385052	0,191
Кызылординская	20 393	641563	0,08708612	0,032
Мангистауская	113 700	425684	0,73177956	0,267
Южно-Казахстанская	124 416	2381543	0,14312811	0,052
Павлодарская	232 205	748823	0,8495707	0,310
Северо-Казахстанская	53 594	648236	0,22651145	0,083
Восточно-Казахстанская	49 040	1417764	0,09476624	0,035
г. Астана	425 515	639311	1,82351707	0,666
г. Алматы	448 646	1365105	0,90041947	0,329

* - Данные Агентство по статистике РК

Таблица 6 - Эмиссии метана от захоронения ТБО на свалках и полигонах в Казахстане, Гг (по данным РГП «КазНИИЭК»)

Год	1990	1995	2000	2005	2007	2008
Эмиссии в Гг метана	131	126	171	182,6	173,6	176,3
Эмиссии в Гг эквивалента CO ₂	2751,0	2646,0	3591,0	3834,6	3645,6	3702,3

Расчет (оценка) выбросов метана от свалок ТБО производится в соответствии с методологией МГЭИК. (Руководящие принципы МГЭИК, 1996, Руководящие указания по эффективной практике, МГЭИК, 2000), в которой представлены два метода для оценки выбросов CH₄ от свалок ТБО:

- 1) метод по умолчанию (уравнение 1);
- 2) метод затухания первого порядка (ЗПП) (уровень 2).

Считается, что метод ЗПП лучше отражает процесс разложения ТБО, так как обеспечивает профиль выбросов в зависимости от времени. Метод по умолчанию основан на предположении о том, что весь потенциал CH₄ высвобождается за тот год, в который отходы помещены на свалку. Если количество и состав отходов, помещенных на свалку, медленно меняются с течением времени, то метод по умолчанию дает приемлемую годовую оценку реальных выбросов. В случае, если количество или состав ТБО меняются в ходе времени более быстро, метод МГЭИК по умолчанию не обеспечивает точной оценки. Например, если происходит уменьшение количества углерода, помещенного на

СТО, метод по умолчанию приведет к заниженной оценке выбросов и к завышенной оценке уменьшения эмиссий во времени.

Метод ЗПП считается эффективной практикой и рекомендуется к использованию, особенно в тех случаях, когда выбросы метана от ТБО являются ключевым источником национальных эмиссий ПГ. Выбор метода эффективной практики зависит от национальных условий. Эффективная практика заключается в использовании, по мере возможности, метода ЗПП, поскольку он более точно отражает тенденцию выбросов. Для использования метода ЗПП требуются как текущие, так и исторические данные о количествах отходов, их составе и практике удаления за период в несколько десятилетий. Эффективная практика заключается в оценочном определении таких исторических данных.

В Руководящих принципах МГЭИК не представлены значения по умолчанию или методы для оценки некоторых ключевых параметров, необходимых для использования метода ЗПП. Эти данные очень сильно зависят от условий конкретной страны, и в настоящее время в Казахстане нет достаточного количества данных для обеспечения надежных значений по умолчанию или методов для них. Эти данные рекомендовано получать из исследований по конкретной стране или по региону. Поскольку таких данных нет и исследования пока не проведены, а эмиссии ТБО не являются ключевой категорией в национальных эмиссиях, то в данном отчете используется метод уровня 1.

Расчет эмиссий метана от полигонов ТБО методом Уровня 2

Метод Уровня 2 называется также методом затухания первого порядка (ЗПП). Метод ЗПП может быть выражен эквивалентно уравнением 3 и уравнением 4, приведенными ниже.

Уравнение 3 основано на производной общего уравнения ЗПП (см. стр. 6.10, Справочное руководство, *Руководящие принципы МГЭИК*), в которой t заменена на $t - x$, что представляет нормализующий множитель, вносящий поправку с учетом того факта, что оценка за единственный год это оценка за ограниченный период времени, а не оценка за непрерывное время.

Эмиссии CH₄ за год t (Гг/год) =

$$\sum_x [(A \cdot k \cdot MSWT(x) \cdot MSWF(x) \cdot L_0(x)) \cdot e.k(t-x)] \quad (3),$$

где

x = начальный год для t ,

t = год учета,

x = годы, за которые необходимо добавить входные данные,

$A = (1 - e^{-k}) / k$ - нормализующий множитель, который корректирует

суммирование,

k = постоянная темпов образования метана (1/год),

$MSWT(x)$ = общее количество твердых бытовых отходов (ТБО), образовавшихся в год x

(Гг/год),

$MSWF(x)$ = доля ТБО, помещенных на полигоны ТБО в год x ,

$L_0(x)$ = потенциал образования метана [$MCF(x) \cdot DOC(x) \cdot DOCF \cdot F \cdot 16 / 12$ (Гг CH₄/Гг

отходов)],

$MCF(x)$ = поправочный коэффициент для метана в год x (доля),

$DOC(x)$ = способный разлагаться органический углерод (DOC) в год x (доля) (Гг С/Гг отходов),

DOC_F = доля разложившегося DOC,

F = Доля CH_4 по объему в газах со свалки,

$16 / 12$ = преобразование С в CH_4 .

Далее суммируем полученные результаты за все годы (x).

k = постоянная темпов образования метана (1/год),

$MSWT(x)$ = общее количество коммунальных твердых отходов (КТО), образовавшихся в год x

(Гг/год),

$MSWF(x)$ = доля КТО, помещенных на СТО в год x ,

$L_0(x)$ = потенциал образования метана [$MCF(x) \cdot DOC(x) \cdot DOCF \cdot F \cdot 16 / 12$ (Гг CH_4 /Гг

отходов)],

$MCF(x)$ = поправочный коэффициент для метана в год x (дробь),

$DOC(x)$ = способный разлагаться органический углерод (DOC) в год x (дробь) (Гг С/Гг отходов),

$DOCF$ = доля разложившегося DOC,

F = Доля CH_4 по объему в газах со свалки,

$16 / 12$ = преобразование С в CH_4 .

Суммируем полученные результаты за все годы (x).

CH_4 , выброшенный в год t (Гг/год), = [CH_4 , образовавшийся в год t , $\cdot R(t)$], $\cdot (1 - OX)$ (4),

где:

$R(t)$ = рекуперированный CH_4 в учитываемом в кадастре году t (Гг/год),

OX = коэффициент окисления (дробь).

Следует иметь в виду, что рекуперированный CH_4 , т.е. ($R(t)$) должен вычитаться из образовавшегося количества до применения коэффициента окисления, поскольку только тот выбрасываемый со свалок газ, который не поглощен, подвергается окислению в верхнем слое свалки. Кроме того, единица для потенциально образующегося метана должна выражаться по весу (Гг CH_4 /Гг отходов), а не по объему (m^3 /Мг отходов), как это на сегодняшний день записано в *Руководящих принципах МГЭИК*, с тем чтобы обеспечить согласованность результатов метода по умолчанию и метода ЗПП.

Постоянная темпов образования метана k , которая фигурирует в методе ЗПП, относится ко времени, которое необходимо, для того чтобы DOC в отходах разложился до половины своей первоначальной массы ("период полураспада" или t_C), и выражается следующим образом:

$$k = \ln 2 / t_C$$

Для работы по методу ЗПП необходимы исторические данные об образовании отходов и о практике обращения с ними. В том, что касается национальных кадастров, как правило, для получения приемлемых точных результатов необходимо включать данные за 3-5 "периодов полураспада". Кроме того, при компиляции исторических данных во внимание следует принимать также изменения в практике обращения с отходами (например, ограждение/покрытие свалки, улучшение дренажной системы выщелачивания,

прессование отходов и запрещение захоронения опасных отходов вместе с коммунальными твердыми отходами (MSW)).

Значение k , применимое к той или иной отдельной СТО, определяется большим рядом факторов, связанных с составом отходов и условиями на конкретной свалке. Согласно измерениям, проведенным на СТО в Соединенных Штатах Америки, в Соединенном Королевстве и Нидерландах, значение k находится в диапазоне от 0,03 до 0,2 в год (Oonk and Boom, 1995). Наиболее быстрые темпы образования метана ($k = 0,2$, или "период полураспада" равен примерно 3 годам) связаны с условиями высокой влажности и быстро разлагающимися материалами, такими как пищевые отходы. Более медленные темпы разложения ($k = 0,03$, или "период полураспада" равен, примерно, 23 годам) связаны с сухими условиями на свалке и медленно разлагающимися отходами, такими как древесина или бумага.

Для установления значений k следует определять состав отходов, помещаемых в ходе времени на СТО, и изучать условия на этих свалках. В том случае, если никаких данных о видах отходов не имеется, предлагается в качестве значения по умолчанию использовать значение k , равное 0,05 ("период полураспада" равен, примерно, 14 годам).

ПРИМЕР РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ МЕТАНА С ПОЛИГОНА ТБО

3. Полигон функционирует с 1980 года.

4. Ежегодно на полигон завозится 208200 тонн отходов.

Расчет:

1. По формуле (2) определяем удельный выход биогаза (в кг от одного кг отходов) за период активного его выделения:

$$Q_w = 10 \cdot 6 \cdot 55 \cdot (100 - 47) \cdot (0,92 \cdot 2 + 0,62 \cdot 83 + 0,34 \cdot 15) = 0,170236 \text{ кг/кг отх.}$$

Период активного выделения биогаза для Москвы (t_{cp} тепл. = 11,67° С

$T_{тепл.} = 244$ дня) составит по формуле (4).

2. По формуле (3) определяем количественный выход биогаза за год, отнесенный к одной тонне захороненных отходов.

3. По формуле (7) определяем плотность биогаза:

Компонент	C_i , мг/куб. м
Метан	660908
Углерода диоксид	558958
Толуол	9029
Аммиак	6659
Ксилол	5530
Углерода оксид	3148
Азота диоксид	1392
Формальдегид	1204
Этилбензол	1191
Ангидрид сернистый	878
Сероводород	326
Итого:	1249223

$$\text{рб.г.} = 10 \cdot 6 \cdot 1249233 = 1,249$$

4. По формуле (8) определяем весовое процентное содержание компонентов в биогазе (диоксид углерода как ненормируемое вещество из дальнейшего рассмотрения исключается):

Компонент	Свес.i, %
Метан	52,915
Толуол	0,723
Аммиак	0,533
Ксилол	0,443
Углерода оксид	0,252
Азота диоксид	0,111
Формальдегид	0,096
Этилбензол	0,095
Ангидрид сернистый	0,070
Сероводород	0,026

5. По формуле (9) определяем удельные массы компонентов биогаза, выбрасываемые за год:

Компонент	Свес.i, %
Метан	4,504019
Толуол	0,061540
Аммиак	0,045368

Ксилол	0,037707
Углерода оксид	0,021450
Азота диоксид	0,009448
Формальдегид	0,008171
Этилбензол	0,008086
Ангидрид сернистый	0,005958
Сероводород	0,002213

6. Активно вырабатывают биогаз отходы, завезенные на полигон за период с начала его работы (1980 г.) до момента расчета (конец 1995 г.) минус последние два года, т.е. за 14 лет:

$$208200 \cdot 14 = 2914800 \text{ тонн}$$

По формулам (9) и (10) рассчитываем максимальные разовые и валовые выбросы загрязняющих веществ.

Суммарный максимальный разовый выброс биогаза полигона составит (формула 10):

Компонент	M _i , г/с
Метан	622,73805
Толуол	8,50873
Аммиак	6,27269
Ксилол	5,21351
Углерода оксид	2,96570
Азота диоксид	1,30632
Формальдегид	1,12979
Этилбензол	1,11802
Ангидрид сернистый	0,82381
Сероводород	0,30598

Валовые выбросы биогаза, т/год (по формуле 11).

Суммарный максимальный разовый выброс биогаза полигона составит (формула 10). [4]

МОНИТОРИНГ БИОГАЗА НА ЗАКРЫТЫХ ПОЛИГОНАХ

Мониторинг биогаза на полигонах ТБО является частью общего мониторинга, который сопровождает захороненные отходы на протяжении всего жизненного цикла. Минимальный период мониторинга составляет 30 лет с момента прекращения приема отходов.

На закрытых полигонах мониторинг загрязнения атмосферы компонентами биогаза проводится каждые шесть месяцев дважды в сутки в течение 7-10 дней подряд. Мониторинг миграции биогаза проводится также в период замерзания грунта и насыщения его водой.

Биогаз проверяется на содержание метана, сероводорода, винилхлоридов, бензола, толуола, ксилола.

Мониторинг атмосферного воздуха на территории свалки и в зоне ее влияния производится с помощью газоанализаторов или датчиков на поверхности рабочего тела и с помощью сети контрольных скважин, оснащенных приборами для обнаружения CH_4 .

Измерение газа в строениях проводится в помещениях, расположенных в верхней и нижней точке склона, с наружной части фундамента на уровне земли, вблизи трещин или отверстий в фундаменте и в полах. Измерения проводятся в строениях, имеющих подвалы, расположенных за пределами санитарно-защитной зоны полигона.

Подавление растительности свидетельствует о необходимости принятия мер по ремонту или восстановлению системы дегазации. Осмотр растительности ведется не реже одного раза в год в период максимальной вегетации в течение 10—15 лет после закрытия полигона.

По результатам мониторинга полигона ТБО ежегодно составляется краткий информационный отчет, содержащий оценку состояния полигона и выполнения нормативных требований к санитарному захоронению ТБО, состояния объектов окружающей природной среды и изменения, произошедшие за истекший период наблюдений, оценку эффективности инженерных сооружений, рекомендации по коррекции режима эксплуатации полигона и наблюдательной сети. [4]

Как видно из таблицы, величина выбросов в рассматриваемый период непрерывно возрастала, что связано с ростом образования и захоронения ТБО, происходившем, несмотря на уменьшение численности населения страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, в Республике Казахстан за 1990 – 2008 гг. Адрес в Интернете: http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/5270.php
2. Третье, четвертое и пятое национальные сообщения Украины по вопросам изменения климата подготовленные на выполнение статей 4 и 12 Рамочной конвенции ООН об изменении климата и статьи 7 Киотского протокола. – Киев, 2009 - 236 с.
3. Годовой отчет Республики Беларусь в соответствии со статьей 7, пункт 1 Киотского протокола. – Минск, 2007 – 141 с.
4. Рекомендации по расчету образования биогаза и выбору систем дегазации на полигонах захоронений твердых бытовых отходов. – Москва, 2003 – 19 с.
5. Кушимбаев А.Б. Разработка региональной системы обращения с твердыми бытовыми отходами (на примере Северо-Казахстанской области)// Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Алматы, 2009 – 18 с.
6. Методические указания по расчету количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов. – Москва, 1995 – 6 с.
7. Рабочая книга по инвентаризации парниковых газов. Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. Под. ред. Д.Т. Хоутона, Л.Г. Мейра и др. – МГЭИК, 1996
8. Разнощик В.В. «Сборник научных трудов АКХ им. К.Д. Памфилова», М., Отдел НТИ АКХ, 1988 г.
9. «Методика исследования свойств твердых отбросов», М., Стройиздат, 1970 г.
10. «Санитарная очистка и уборка населенных мест. Справочник», М., Стройиздат, 1989 г.
11. «Технологический регламент получения биогаза с полигонов ТБО», М., АКХ, 1990 г.
12. «Методы обезвреживания свалочных фунтов, фильтрата, биогаза», М., Институт экономики ЖКХ, 1993 г.
13. Отчет по теме: «Разработка оптимальных режимов эксплуатации запасов биогаза полигона «Кучино», М., кооператив «Геополис», 1991 г.
14. «Методические указания по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение», утвержденные приказом МПР РФ от 11.07.2002 г. № 115.
15. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. М., 2000 г.
16. Перечень документов по расчету выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферный воздух, действующих в 2001-2002 годах. СПб., 2001 г.
17. Письмо НИИ Атмосфера №20/33-07 от 20.01.2003 г. «О продлении действия «Перечня» до утверждения нового».
18. Руководящие принципы по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных инвентаризациях выбросов парниковых газов. МГЭИК, 2001.