**Практическая работа**

**Полигоны ТБО и их влияние на окружающую среду**

**Цель работы:** получение практических навыков определения основных показателей полигонов твёрдых бытовых отходов, характеризующих степень из воздействия на окружающую среду.

**Теоретическая часть**

**Твёрдые бытовые отходы** (ТБО) – непригодные для дальнейшего использования пищевые продукты и предметы быта, выбрасываемые человеком.

Наиболее распространенными сооружениями по обезвреживанию ТБО являются *полигоны*. Современные полигоны ТБО – это комплексные природоохранные сооружения, предназначенные для обезвреживания и захоронения отходов. Полигоны должны обеспечивать защиту от загрязнения отходами атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствовать распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

Размеры земельных участков, отводимых под полигон, рассчитываются из условия 0,02…0,05 га на 1000 т ТБО. Теоретическая вместимость полигона на расчетный срок эксплуатации (15…30 лет) определяется по формуле:

*VП* = (*У*1+*У*2) (*Н*1+*Н*2) *Т К*2/ 4*К*1,

где *У*1, *У*2 – удельные годовые нормы накопления отходов в первый и последний годы эксплуатации полигона, т/чел.;

*Н*1, *Н*2 – численность населения, обслуживаемого полигоном, на первый и последний годы эксплуатации, чел.;

*Т* – расчетный срок эксплуатации полигона, годы;

*К*1 – коэффициент уплотнения ТБО, равный отношению плотности ТБО после уплотнения к плотности ТБО, доставляемых мусоровозами на полигон (зависит от массы грунтоуплотняющей машины и толщины изолирующего слоя);

*К*2 – коэффициент, учитывающий увеличение объема полигона за счет устройства наружных и внутренних изолирующих слоев (зависит от изолирующего материала – грунта, забираемого из основания полигона, или привозного).

Удельная годовая норма накопления ТБО по объёму за 2-й год эксплуатации определяется из условия ежегодного роста её по объёму на 3 %, то есть *У*2 = *У*1 + (1,03) *Т.*

Коэффициент К1, учитывающий уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона за весь срок Т определяется по таблице с учётом массы бульдозера или катка:

Таблица 1 – Возможные значения коэффициента К1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Масса бульдозера или катка, т | Полная проектируемая высота полигона, м | К1 |
| 3-6 | 20-30 | 3,0 |
| 12-14 | менее 20 | 3,7 |
| 12-14 | 20-30 | 4,0 |
| 20-22 | 50 и более | 4,5 |

Коэффициент К2, учитывающий объём изолирующих слоёв грунта, в зависимости от общей высоты, определяется по таблице 2.

Таблица 2 – Возможные значения коэффициента К2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Высота, м | 5,25 | 7,50 | 9,75 | 12-15 | 16-39 | 40-50 | Более 50 |
| К2 | 1,37 | 1,27 | 1,25 | 1,22 | 1,20 | 1,18 | 1,16 |

Площадь участка складирования ТБО определяется по формуле:

SУ.С. = 3*VП* / Н,

где Н – проектируемая высота полигона, м.

Требуемая площадь полигона составит:

S = 1,1 SУ.С. + Sдоп,

где Sдоп – площадь участка хозяйственной зоны и площадки мойки контейнера (в среднем Sдоп = 1,0 га).

Нормируемый размер санитарно-защитной зоны полигона составляет 500 м. Создание полигонов и СЗЗ вокруг них требует отчуждения больших земельных площадей (40…200 га). Полигоны нельзя размещать ближе 15 км от аэропортов. Не допускается размещение полигонов на территории 1-го и 2-го поясов зон санитарной охраны водоисточников, в местах массового отдыха населения и оздоровительных учреждений.

При выборе участка для размещения полигона учитывают гидрологические условия местности. Грунтовые воды на участке полигона должны залегать на глубине более 2 м. Нельзя использовать под полигоны болота, затопляемые территории, районы геологических разломов. Предпочтение отдается участкам залегания водоупорных пород – глин, суглинков.

На количественную характеристику выбросов загрязняющих веществ с полигонов отходов влияет большое количество факторов, среди которых:

– климатические условия;

– рабочая (активная) площадь полигона;

– сроки эксплуатации полигона;

– количество захороненных отходов;

– мощность слоя складированных отходов;

– соотношение количеств завезённых бытовых и промышленных отходов;

– морфологический состав завезённых отходов;

– влажность отходов;

– содержание органической составляющей в отходах;

– содержание жироподобных, углеводоподобных и белковых веществ в органике отходов;

– технология захоронения отходов.

Продуктом анаэробного разложения органической составляющей отходов является биогаз, представляющий собой в основном смесь метана и углекислого газа. Система сбора биогаза состоит из нескольких рядов вертикальных колодцев (газодренажных скважин) или горизонтальных траншей. Последние заполнены песком или щебнем и перфорированными трубами.

Удельный выход биогаза за период его активной стабилизированной генерации при метановом брожении применительно к абсолютно сухому веществу отходов определяется по уравнению:



где *Q* – удельный выход биогаза за период его активной генерации, кг/кг отходов;

*R* – содержание органической составляющей в отходах, %;

*Ж* – содержание жироподобных веществ в органике отходов, %;

*У* – содержание углеводоподобных веществ в органике отходов, %;

*Б* – содержание белковых веществ в органике отходов, %.

*R*, *Ж*, *У* и *Б* определяются анализами забираемых проб отходов.

В реальных условиях отходы содержат определённое количество влаги, которая сама по себе биогаз не генерирует. Следовательно, выход биогаза, отнесённый к единице веса реальных влажных отходов, будет меньше, чем отнесённый к той же единице абсолютно сухих отходов в 10-2 (100 – *W*) раз, так как в весовой единице влажных отходов абсолютно сухих отходов, генерирующих биогаз, будет всего 10-2 (100 – *W*) от этой единицы (здесь *W* – фактическая влажность отходов, %, определённая анализаторами проб отходов).

С учётом вышесказанного уравнение выхода биогаза при метановом брожении реальных влажных отходов принимает вид:



где сомножитель 10-2 (100 – *W*) учитывает, какова доля абсолютно сухих отходов в общем количестве реальных влажных отходов.

Количественный выход биогаза за год (кг/т отходов в год), отнесённый к одной тонне отходов, определяется по формуле:

,

где *tсбр* – период полного сбраживания органической части отходов, лет, опрелеляемый по приближённой эмпирической формуле:



где *tср.тепл* – средняя из среднемесячных температура воздуха в районе полигона твёрдых бытовых и промышленных отходов (ТБО и ПО) за тёплый период года (*t* > 0), oC;

*Tтепл* – продолжительность тёплого периода года в районе полигона ТБО и ПО, дни; 10248 и 0,301966 – удельные коэффициенты, учитывающие термическое разложение органики.

Для определения плотности биогаза, кг/м3, применяется формула:



где *Сi* – концентрация *i*-го компонента в биогазе, мг/м3.

Используя полученные анализами концентрации компонентов в биогазе и рассчитанную его плотность, определяется весовое процентное содержание этих компонентов в биогазе:



По рассчитанным количественному выходу биогаза за год, отнесённому к 1 тонне отходов и весовым процентым содержаниям компонентов в биогазе определяются удельные массы компонентов, кг/тонн отходов в год, по формуле:



Для расчёта величин выбросов подсчитывается количество активных отходов, стабильно генерирующих биогаз, с учётом того, что период стабильного активного выхода биогаза в среднем составляет 20 лет и что фаза анаэробного стабильного разложения органической составляющей отходов наступает спустя в среднем 2 года после захоронения отходов, то есть отходы, завезённые в последние два года, не входят в число активных.

Таким образом, если полигон функционирует менее 20 лет, то учитываются все отходы, за исключением завезённых в последние 2 года, а если полигон функционирует более 20 лет, то учитываются только отходы, завезённые в последние 20 лет, за исключением отходов, ввезённых в последние 2 года.

Максимальные разовые выбросы *i*-го компонента биогаза с полигона, г/с, определяются по формуле:



где



где Σ*D* – количество активных, стабильно генерирующих биогаз отходов, т;

*Ттепл* – продолжительность тёплого периода года в районе полигона ТБО, дней.

Биогаз образуется неравномерно в зависимости от времени года. При отрицательных температурах процесс «мезофильного сбраживания» (до 55 0С) органической части ТБО и ПО прекращается, происходит т. н. «законсервирование» до наступления более тёплого периода года (*tср.мес.* > 0 0С).

Приведённая формула для вычисления максимального разового выброса *i*-го компонента справедлива только в тёплый период года (*tср.мес.* > 8 0С). При обследовании в более холодное время (0 < *tср.мес.* ≤ 8 0С), что нецелесообразно хотя бы из-за дополнительных погрешностей измерения, в формуле следует применять повышающий коэффициент неравномерности образования биогаза 1,3.

С учётом коэффициента неравномерности валовые выбросы *i*-го загрязняющего вещества с полигона, т/год, определяются по формуле:





где *а* и *b* – периоды, соотвественно, тёплого и холодного периода года в месяцах (*а* при *tср.мес.* > 8 0С, *b* – при 0 < *tср.мес.* ≤ 8 0С).

**Практическая часть**

**Задание:** рассчитать площадь полигона твёрдых бытовых отходов и объём выделяющегося при разложении отходов биогаза в целом и по компонентам.

**Ход работы:**

1. Выполнить расчет площади полигона по представленным данным (таблицы 3, 4).

Таблица 4 – Среднемесячные температуры воздуха в районе полигона

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Месяцы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Температура, 0С | –10 | –9 | –4 | +4 | +12 | +16 | +18 | +16 | +10 | +4 | –2 | –8 |

1. Рассчитать удельный выход биогаза за период его активной стабилизированной генерации при метановом брожении и количественный выход биогаза за год.
2. Определить плотность выделяющегося биогаза, если концентрации его компонентов, полученные анализами, следующие (мг/м3): СН4 – 1,25; СО2 – 0,78; N2 – 0,02; H2S – 0,01.
3. Рассчитать весовое процентное содержание компонентов и их удельные массы, максимальные разовые выбросы и валовые выбросы. Результаты занести в таблицу:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компонент | Концент-рация в биогазе, мг/м3 | Весовое содержание, % | Удельная масса, кг/т отходов в год | Максимальные разовые выбросы, г/с | Валовые выбросы, т/год |
| Метан |  |  |  |  |  |
| Диоксид углерода |  |  |  |  |  |
| Азот |  |  |  |  |  |
| Сероводород |  |  |  |  |  |

1. Сделать вывод.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 3 – Варианты заданий к практической работе | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Показатели | Варианты | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Расчётный срок эксплуатации, лет | 15 | 20 | 30 | 25 | 30 | 30 | 25 | 20 | 15 | 30 | 30 | 30 | 25 | 30 | 25 | 16 | 21 | 32 | 27 | 32 | 35 | 25 |
| Численность населения, тыс.чел.:  – в первый год  – в последний год | 58  61 | 75  79 | 105  112 | 84  88 | 59  65 | 110  116 | 35  39 | 26  30 | 45  48 | 52  61 | 34  41 | 47  52 | 86  92 | 95  103 | 78  82 | 56  63 | 76  80 | 110  102 | 86  88 | 59  65 | 114  118 | 34  36 |
| Накопление отходов в первый год, т/чел. | 0,28 | 0,25 | 0,29 | 0,24 | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,24 | 0,27 | 0,26 | 0,28 | 0,24 | 0,20 | 0.27 | 0.24 | 0.27 | 0.25 | 0.28 | 0.31 | 0.32 |
| Масса катка-уплотнителя, т | 5 | 12 | 12 | 12 | 20 | 22 | 6 | 14 | 14 | 20 | 4 | 12 | 13 | 6 | 12 | 6 | 14 | 12 | 13 | 21 | 23 | 7 |
| Проектируемая высота, м | 25 | 15 | 25 | 30 | 50 | 55 | 30 | 18 | 20 | 55 | 23 | 30 | 16 | 26 | 21 | 23 | 13 | 24 | 28 | 46 | 52 | 28 |
| Содержание органической составляющей, % | 40 | 62 | 60 | 59 | 65 | 57 | 49 | 69 | 72 | 75 | 63 | 68 | 57 | 52 | 64 | 38 | 58 | 60 | 57 | 62 | 55 | 46 |
| Содержание в органической составляющей веществ, %  – жироподобных  – углеводоподобных  – белковых | 12  35  53 | 16  42  42 | 25  38  37 | 18  24  58 | 26  31  43 | 34  22  44 | 17  27  56 | 22  21  57 | 12  29  59 | 14  19  67 | 21  18  61 | 20  22  58 | 16  26  58 | 18  20  62 | 19  24  57 | 13  33  54 | 15  40  41 | 24  36  35 | 17  23  55 | 24  31  43 | 32  24  41 | 15  25  55 |
| Влажность отходов, % | 10 | 12 | 16 | 12 | 11 | 18 | 16 | 14 | 12 | 8 | 5 | 11 | 14 | 12 | 12 | 11 | 13 | 15 | 12 | 10 | 16 | 18 |