

Практическая работа № 2

Полигоны ТКО и их влияние на окружающую среду

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

Теоретическая часть

Твёрдые коммунальные отходы (ТКО) – непригодные для дальнейшего использования пищевые продукты и предметы быта, выбрасываемые человеком.

Наиболее распространенными сооружениями по обезвреживанию ТКО являются *полигоны*. Современные полигоны ТКО – 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 ТКО. Теоретическая вместимость полигона на расчетный срок эксплуатации (15...30 лет) определяется по формуле:

$$V_{\text{П}} = (U_1 + U_2) (N_1 + N_2) T K_2 / 4K_1,$$

где U_1, U_2 – удельные годовые нормы накопления отходов в первый и последний годы эксплуатации полигона, т/чел.;

N_1, N_2 – численность населения, обслуживаемого полигоном, на первый и последний годы эксплуатации, чел.;

T – расчетный срок эксплуатации полигона, годы;

K_1 – коэффициент уплотнения ТКО, равный отношению плотности ТКО после уплотнения к плотности ТКО, доставляемых мусоровозами на полигон (зависит от массы грунтоуплотняющей машины и толщины изолирующего слоя);

K_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 ТКО по объёму за 2-й год эксплуатации определяется из условия ежегодного роста её по объёму на 3 %, то есть $U_2 = U_1 + (1,03) T$.

Коэффициент K_1 , учитывающий уплотнение ТКО в процессе эксплуатации полигона за весь срок T определяется по таблице с учётом массы бульдозера или катка:

Таблица 1 – Возможные значения коэффициента K_1

Масса бульдозера или катка, т	Полная проектируемая высота полигона, м	K_1
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 K_2 , учитывающий объём изолирующих слоёв грунта, в зависимости от общей высоты, определяется по таблице 2.

Таблица 2 – Возможные значения коэффициента K_2

Высота, м	5,25	7,50	9,75	12-15	16-39	40-50	Более 50
K_2	1,37	1,27	1,25	1,22	1,20	1,18	1,16

Площадь участка складирования ТКО определяется по формуле:

$$S_{у.с.} = 3V_{II} / H,$$

где H – проектируемая высота полигона, м.

Требуемая площадь полигона составит:

$$S = 1,1S_{у.с.} + S_{доп},$$

где $S_{доп}$ – площадь участка хозяйственной зоны и площадки мойки контейнера (в среднем $S_{доп} = 1,0$ 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, углеводородных 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:

$$Q = 10^{-4} R(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б),$$

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 углеводородных 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:

$$Q_w = 10^{-6} R(100 - W)(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б),$$

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:

$$P_{уд} = \frac{Q_w}{t_{сбр}},$$

где $t_{сбр}$ – период полного сбраживания органической части отходов, лет, определяемый по приближённой эмпирической формуле:

$$t_{сбр} = \frac{10248}{T_{тепл} \cdot t_{ср.тепл}^{0,301966}},$$

где $t_{ср.тепл}$ – средняя из среднемесячных температура воздуха в районе полигона твёрдых коммунальных и промышленных отходов (ТКО и ПО) за тёплый период года ($t > 0$), °С;

$T_{тепл}$ – продолжительность тёплого периода года в районе полигона ТКО и ПО, дни; 10248 и 0,301966 – удельные коэффициенты, учитывающие термическое разложение органики.

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

$$\rho_{б.г.} = 10^{-6} \sum_{i=1}^n C_i,$$

где C_i – 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:

$$C_{вес.i} = 10^{-4} \frac{C_i}{\rho_{б.г.}},$$

По рассчитанным количественному выходу биогаза за год, отнесённому к 1 тонне отходов и весовым процентным содержаниям

компонентов в биогазе определяются удельные массы компонентов, кг/тонн отходов в год, по формуле:

$$P_{y\partial.i} = \frac{C_{вес.i} \cdot P_{y\partial}}{100},$$

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:

$$M_i = 0,01 \cdot C_{вес.i} \cdot M_{сум},$$

где

$$M_{сум} = \frac{P_{y\partial} \sum D}{86,4 \cdot T_{тепл}},$$

где $\sum D$ – количество активных, стабильно генерирующих биогаз отходов, т;

$T_{тепл}$ – продолжительность тёплого периода года в районе полигона ТКО, дней.

Биогаз образуется неравномерно в зависимости от времени года. При отрицательных температурах процесс «мезофильного сбраживания» (до 55 °С) органической части ТКО и ПО прекращается, происходит т. н. «законсервирование» до наступления более тёплого периода года ($t_{ср.мес.} > 0$ °С).

Приведённая формула для вычисления максимального разового выброса i -го компонента справедлива только в тёплый период года ($t_{ср.мес.} > 8$ °С). При обследовании в более холодное время ($0 < t_{ср.мес.} \leq 8$ °С), 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:

$$G_{\text{сум}} = M_{\text{сум}} \left(\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{b \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1.3} \right) \cdot 10^{-6},$$

$$G_i = 0.01 \cdot C_{\text{вес.}i} \cdot G_{\text{сум}},$$

где a и b – периоды, соответственно, тёплого и холодного периода года в месяцах (a при $t_{\text{ср.мес.}} > 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, b – при $0 < t_{\text{ср.мес.}} \leq 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Практическая часть

Задание: рассчитать площадь полигона твёрдых коммунальных 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, $^{\circ}\text{C}$	-10	-9	-4	+4	+12	+16	+18	+16	+10	+4	-2	-8

- 2 Рассчитать удельный выход биогаза за период его активной стабилизированной генерации при метановом брожении и количественный выход биогаза за год.
- 3 Определить плотность выделяющегося биогаза, если концентрации его компонентов, полученные анализами, следующие ($\text{мг}/\text{м}^3$): CH_4 – 1,25; CO_2 – 0,78; N_2 – 0,02; H_2S – 0,01.
- 4 Рассчитать весовое процентное содержание компонентов и их удельные массы, максимальные разовые выбросы и валовые выбросы. Результаты занести в таблицу:

Компонент	Концентрация в биогазе, $\text{мг}/\text{м}^3$	Весовое содержание, %	Удельная масса, $\text{кг}/\text{т}$ отходов в год	Максимальные разовые выбросы, $\text{г}/\text{с}$	Валовые выбросы, $\text{т}/\text{год}$
Метан					
Диоксид углерода					
Азот					
Сероводород					

- 5 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	58	75	105	84	59	110	35	26	45	52	34	47	86	95	78	56	76	110	86	59	114	34
– в последний год	61	79	112	88	65	116	39	30	48	61	41	52	92	103	82	63	80	102	88	65	118	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	12	16	25	18	26	34	17	22	12	14	21	20	16	18	19	13	15	24	17	24	32	15
– углеводородных	35	42	38	24	31	22	27	21	29	19	18	22	26	20	24	33	40	36	23	31	24	25
– белковых	53	42	37	58	43	44	56	57	59	67	61	58	58	62	57	54	41	35	55	43	41	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