

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Проектирование полигонов для обезвреживания и захоронения твердых коммунальных отходов	7
1.1. Выбор участка и расчет вместимости полигона	7
1.2. Проектирование участка складирования твердых коммунальных отходов	10
2. Строительство высотных полигонов для утилизации твердых коммунальных отходов на плоских участках местности.....	20
2.1. Производство земляных работ по устройству котлована в основании полигона ТКО	20
2.1.1. Проектирование котлована под полигон ТКО.....	20
2.1.2. Баланс грунтовых масс.....	25
2.1.3. Выбор комплекта машин для производства земляных работ	28
2.2. Устройство противofильтрационного экрана	38
2.2.1. Конструкция и расчет защитного экрана	38
2.2.2. Определение перечня строительных операций, условий производства и объемов работ по ним.....	47
2.2.3. Подбор комплекта машин для устройства противofильтрационного экрана.....	56
2.2.5. Технология строительства грунтопленочного экрана.....	61
3. Технология захоронения твердых коммунальных отходов	88
4. Производство работ по рекультивации закрытых полигонов твердых коммунальных отходов	101

Литература	118
<i>Приложение 1. Техничко-экономические показатели землеройно-транспортных машин</i>	<i>120</i>
<i>Приложение 2. Техничко-экономические показатели транспортной техники.....</i>	<i>126</i>

ВВЕДЕНИЕ

К твердым коммунальным отходам (ТКО) относятся отходы хозяйственной деятельности населения (приготовление пищи, уборки и текущего ремонта квартир и др.), включая отходы отопительных устройств местного отопления, крупногабаритные предметы домашнего обихода, упаковка, смёт с дворовых территорий, отходы ухода за зелеными насаждениями и другие. Удаление ТКО обеспечивает санитарную очистку городов и создает необходимые санитарно-экологические условия существования населенного пункта.

В крупных городах России ТКО составляют около 17 % всех видов отходов, что ежегодно приводит к накоплению свыше 130 млн м³. С целью охраны водных и земельных ресурсов и защиты окружающей среды, а также утилизации ценных составляющих, в мировой и отечественной практике разрабатываются и широко внедряются различные технологии обезвреживания и переработки ТКО. Несмотря на высокие темпы прироста мощностей промышленных установок по переработке отходов, количество ТКО, складированное на свалках и полигонах, к 2025 г. составит не менее 65 %.

Современные полигоны ТКО — комплексы природоохранных сооружений, предназначенные для складирования, изоляции и обезвреживания ТКО, обеспечивающие защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующие распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов. Основными элементами полигона являются: подъездная дорога, участок складирования ТКО, хозяйственная зона, инженерные сооружения и коммуникации. Участок складирования ТКО занимает большую часть площади полигона (до 95 %) и представляет собой сложное инженерное сооружение — каскад котлованов глубиной до 10–20 м с защитным противофильтрационным экраном из современных геосинтетических материалов в основании и на поверхности полигона и оборудованный системой сбора и утилизации биогаза и фильтрата.

Поэтому полигоны ТКО строят по проектам, разработанным проектными организациями, в соответствии с требованиями, предъявляемыми системой нормативных документов в строительстве [1, 4, 7]. При разработке студентами вопросов производства

работ по строительству полигонов ТКО в индивидуальных заданиях все проектные решения также должны приниматься с учетом действующих нормативов и быть аналогичны соответствующим разделам проектов производства работ (ППР) или организации строительства (ПОС). При проектировании полигонов ТКО необходимо предусматривать:

- применение современных геосинтетических материалов для устройства защитных противofильтрационных экранов [8, 9];
- устройство дренажных систем и очистных сооружений для сбора и очистки фильтрата [11];
- устройство систем сбора биогаза [10, 15].

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛИГОНОВ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

1.1. Выбор участка и расчет вместимости полигона

Полигоны по захоронению твердых коммунальных отходов (ТКО) размещаются за пределами городов и других населенных пунктов. Размер санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границ полигона составляет 500 м. Исключается использование под полигон болот и участков с выходами грунтовых вод в виде ключей, затопляемых паводковыми водами территорий, районов геологических разломов, а также земельных участков, расположенных ближе 15 км от аэропортов.

Площадь участка, отводимого под полигон, выбирается, как правило, из условия срока его эксплуатации не менее 15–20 лет. В *табл. 1* приведена ориентировочная площадь участка складирования полигона на расчетный срок эксплуатации 15 лет.

Таблица 1

Ориентировочная площадь полигонов ТКО (га)

Средняя численность обслуживаемого населения, тыс. чел.	Высота складирования ТКО, м					
	12	20	25	35	45	60
50	6,5	4,5–5,5	–	–	–	–
100	12,5	8,5	6,5–7,5	–	–	–
250	31,0	21,0	16,0	11,5–13,5	–	–
500	61,0	41,0	31,0	23,0	16,5–20	–
750	91,0	61,0	46,0	34,0	26,0	–
1000	121,0	81,0	61,0	45,0	35,0	27–31,0

Потребная площадь участков для высоконагружаемых полигонов (высотой более 20 м) на стадии предварительных расчетов может быть определена также по формуле:

$$\Phi = \left(\sqrt{N_{\text{cp}}} + 0,01N_{\text{cp}} \right) \frac{T}{15}, \text{ га} \quad (1)$$

где N_{cp} — средняя численность населения города за расчетный срок, тыс. чел;

T — расчетный срок эксплуатации полигона, год.

На выбранном под полигон участке выполняется топографическая съемка, геологические, гидрогеологические изыскания и санитарные исследования. Для проектирования полигона необходимо иметь план всего участка в масштабе 1:1000 с горизонталями через 1 м. План участка хозяйственной зоны, инженерных сооружений и внешних коммуникаций составляется в масштабе 1:500 с горизонталями через 0,5 м (проект внешних сетей большой протяженности может выполняться в масштабе 1:1000).

Геологические исследования определяют порядок напластования, мощность и состав пород, слагающих основание полигона, коэффициенты фильтрации грунтов всех разностей. Гидрогеологические исследования определяют уровень грунтовых вод (УГВ) и направление их потока. По гидрогеологическим условиям лучшими являются участки с глинами или тяжелыми суглинками и грунтовыми водами, расположенными на глубине более 2 м. Для расчета водоотводных канав, защищающих полигон от потока поверхностных вод (дождевых и талых), собираются сведения об интенсивности и испаряемости атмосферных осадков и площади их водосбора.

Проектируемая вместимость полигона рассчитывается для обоснования требуемой площади участка складирования ТКО. Расчет ведется с учетом удельной обобщенной годовой нормы накопления ТКО на одного жителя, количества обслуживаемого полигоном населения, расчетного срока эксплуатации полигона, степени уплотнения ТКО на полигоне.

Вместимость полигона E_T на расчетный срок определяется по формуле:

$$E_T = (Y_1 + Y_2)(H_1 + H_2) \cdot T \cdot \frac{K_2}{4K_1}, \text{ м}^3 \quad (2)$$

где Y_1 и Y_2 — удельные годовые нормы накопления ТКО по объему на 1-й и последний годы эксплуатации, $\text{м}^3/\text{чел} \cdot \text{год}$;

N_1 и N_2 — количество обслуживаемого полигоном населения на 1-й и последний годы эксплуатации, чел.;

T — срок эксплуатации полигона, год;

K_1 — коэффициент, учитывающий уплотнение ТКО в процессе эксплуатации полигона на весь срок T (табл. 2);

K_2 — коэффициент, учитывающий объем наружных изолирующих слоев грунта (промежуточных и окончательных) (табл. 3).

Таблица 2

Характеристика уплотнения ТКО на полигоне

Масса бульдозера или катка, т	Полная проектируемая высота полигона, м	K_1
3–6	20–30	3
12–14	менее 10	3,7
12–14	20–30	4
20–22	50 и более	4,5

Таблица 3

Учет объема изолирующих слоев на полигоне ТКО

Общая высота, м	5,25	7,5	9,75	12–15	16–39	40–50	Более 50
Число рабочих слоев ТКО высотой 2 м, шт.	2	3	4	5–6	7–17	18–22	Более 23
K_2	1,37	1,27	1,25	1,22	1,2	1,18	1,16
Средняя глубина котлована в основании полигона, м	1,3	1,52	1,79	2,3	3–4	5–6,1	Более 6,5

Примечание: При обеспечении работ по промежуточной и окончательной изоляции полностью за счет грунта, разрабатываемого в основании полигона, $K_2 = 1$.

Удельная годовая норма накопления ТКО по объему на T -й год эксплуатации определяется из условия ежегодного роста ее по объему на 3 % (среднее значение по РФ 3–5 %).

$$Y_2 = Y_1 \cdot (1,03)^T . \quad (3)$$

При расчете вместимости полигона необходимо учитывать демографические изменения численности населения в обслуживаемом районе за расчетный период:

$$N_2 = N_1 \cdot K_3 , \quad (4)$$

где K_3 — коэффициент, учитывающий демографические изменения за счет рождаемости и миграции населения, $K_3 = 1,0 - 1,4$.

С учетом производительности применяемых на полигонах машин и механизмов устанавливается следующая классификация сооружений по годовому объему принимаемых ТКО в тыс. м³/год: 10, 20, 30, 60, 120, 240, 360, 800, 1000, 1500, 2000 и 3000.

1.2. Проектирование участка складирования твердых коммунальных отходов

Основными элементами полигона являются: подъездная дорога, участок складирования ТКО, хозяйственная зона, инженерные сооружения и коммуникации (рис. 1).

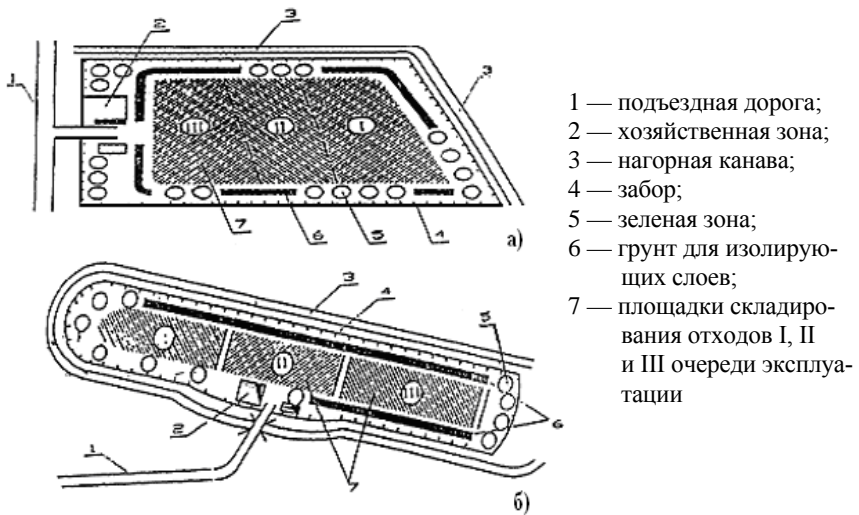


Рис. 1. Схема размещения основных сооружений полигона при соотношении его длины и ширины менее 1:2 (а) и более 1:3 (б)

Подъездная дорога соединяет существующую транспортную магистраль с участком складирования ТКО. Подъездная дорога рассчитывается на двустороннее движение. Категория и основные параметры подъездной автодороги определяются в соответствии с расчетной интенсивностью движения.

Хозяйственная зона проектируется на пересечении подъездной дороги с границей полигона, что обеспечивает возможность эксплуатации зоны на любой стадии заполнения полигона ТКО. В хозяйственной зоне размещаются бытовые и производственные сооружения. Планировка хозяйственной зоны с примыкающими к ней сооружениями приведена на *рис. 2*. На участках с конфигурацией, близкой к квадрату, зона проектируется у последней очереди складирования ТКО. На участках вытянутой формы зона размещается посередине длинной стороны.

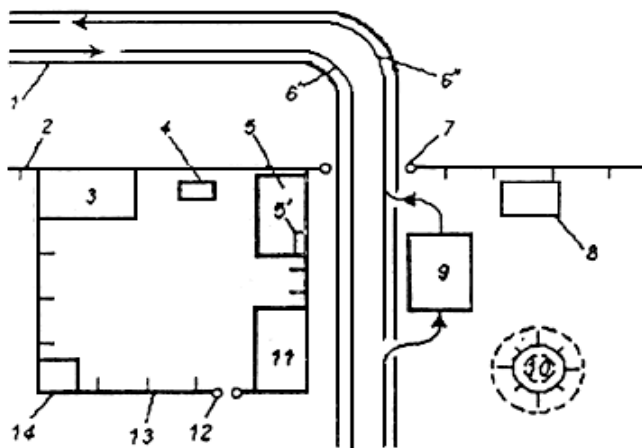


Рис. 2. План хозяйственной зоны и примыкающих сооружений

1 — подъездная дорога; 2 — ограждение полигона; 3 — площадка для складирования сборно-разборных элементов временных дорог; 4 — трансформаторная подстанция; 5 — административно-бытовое здание; 5' — окно конторского помещения; 6 — транспортный поток прибывающих машин; 6' — то же убывающих машин; 7 — ворота полигона; 8 — грязеотстойник; 9 — площадка для дезинфекции; 10 — противопожарный резервуар; 11 — навес (помещение) для машин и механизмов; 12 и 13 — ворота и ограждение хозяйственной зоны; 14 — склад ГСМ

Основное сооружение полигона — участок складирования ТКО. Он занимает основную (до 95 %) площадь полигона, в зависимости от объема принимаемых ТКО. Для перехвата дождевых и паводковых вод по границе участка проектируется водоотводная канава. На расстоянии 1...2 м от водоотводной канавы размещается ограждение вокруг полигона. По периметру на полосе шириной 5...8 м проектируется посадка деревьев, прокладываются инженерные коммуникации (водопровод, канализация), устанавливаются мачты электроосвещения; при отсутствии инженерных сооружений на этой полосе отсыпается кавальеры грунта для использования его на изоляцию ТКО.

Требуемая для отвода площадь участка складирования ТКО определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{y.c.}} = \frac{3E_{\text{г}}}{H}, \quad (5)$$

Требуемая площадь полигона тогда составит:

$$\Phi = 1,1 \Phi_{\text{y.c.}} + \Phi_{\text{доп}}, \text{ га}, \quad (6)$$

где $\Phi_{\text{доп}}$ — площадь участка хозяйственной зоны и площадки мойки контейнеров (0,5–1,5 га).

Наиболее экономичны земельные участки, близкие по форме к квадрату. В этом случае, расчетная ширина участка складирования будет равна:

$$\text{Ш} = \sqrt{\Phi_{\text{y.c.}}}. \quad (7)$$

На плоских участках полигонов, принимающих более 120 тыс. м³ ТКО в год, применяется высотная схема (рис. 3). Высота полигона H над уровнем земли определяется из условия заложения внешних откосов 1:4 и необходимости иметь размеры верхней площадки, обеспечивающие надежную работу мусоровозов и бульдозеров:

$$H = \frac{\text{Ш}}{2m} - h, \quad (8)$$

где Ш — фактическая ширина участка складирования, м;
 h — показатель снижения высоты, м;
 m — коэффициент заложения откосов, $m = 4$.

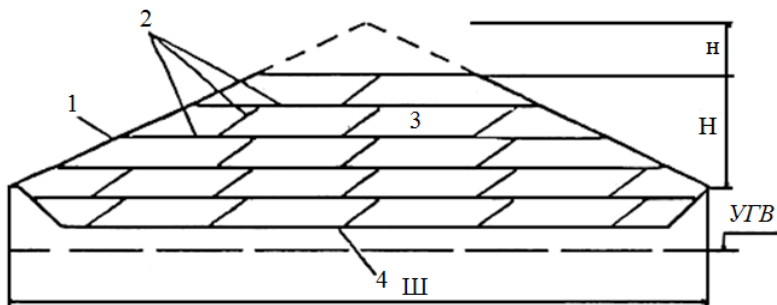


Рис. 3. Схематический разрез полигона ТКО:

1 — наружная (окончательная) изоляция; 2 — промежуточная изоляция; 3 — ТКО; 4 — водоупорное основание; Н — высота; н — показатель снижения высоты; Ш — ширина; УГВ — уровень грунтовых вод

$$n = \frac{Ш_v}{2m}, \quad (9)$$

где $Ш_v$ — ширина верхней площадки, м;

Минимальная ширина верхней площадки определяется удвоенным радиусом разворота мусоровозов с соблюдением правила размещения мусоровозов не ближе 10 м от откоса:

$$Ш_v = 2(R_{пов} + 10), \quad (10)$$

где $R_{пов}$ — радиус разворота машин, $R_{пов} \approx 9$ м.

Фактическая вместимость полигона с учетом уплотнения рассчитывается по формуле усеченной пирамиды:

$$E_{\phi} = \frac{1}{3}(C_1 + C_2 + \sqrt{C_1 C_2})H, \quad (11)$$

где C_1 и C_2 — площади верхней площадки и основания соответственно, m^2 .

Потребность в изолирующем материале определяется по формуле:

$$V_r = E_{\phi}(1 - 1/K_2), \quad (12)$$

где K_2 — коэффициент, учитывающий объем наружных изолирующих слоев грунта, определяемый по *табл. 3* (без учета примечания к *табл. 3*).

Наилучшим решением по обеспечению полигона изолирующим материалом для промежуточной и окончательной изоляции является открытие котлована в основании, что возможно при благоприятных гидрогеологических условиях — наличии в основании глин и тяжелых суглинков и уровне грунтовых вод не менее 1 м от проектируемого дна котлована. В этом случае объем котлована в основании полигона равен потребности в изолирующем материале с учетом уплотнения и потерь грунта при транспортировке:

$$W_{\text{котл}} = V_{\Gamma} \cdot K_y \cdot K_{\Pi}, \quad (13)$$

где K_{Π} — коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировании. При использовании скреперов, автотранспорта и землевозов и дальности возки до 1 км — $K_{\Pi} = 1,005$.

K_y — коэффициент уплотнения грунта при устройстве промежуточной и окончательной изоляции ТКО:

$$K_y = \gamma_{\text{изол}} / \gamma_{\text{ест}}, \quad (14)$$

где $\gamma_{\text{изол}}$ и $\gamma_{\text{ест}}$ — плотность грунта в изолирующем слое и в естественном залегании соответственно, т/м³.

Средняя проектируемая глубина котлована в основании полигона определяется по формуле:

$$H_{\text{к}} = 1,1 \cdot \frac{W_{\text{котл}}}{C_2}. \quad (15)$$

Участок складирования разбивается на очереди эксплуатации с учетом обеспечения приема отходов в течение 3–5 лет (*рис. 1*). В первую, вторую и, если позволяют размеры участка, в третью очередь складирование отходов ведется на высоту в 2–3 яруса высотой по 2,0–2,5 м каждый. Последующие очереди эксплуатации заключаются в увеличении насыпи ТКО до проектной отметки.

ПРИМЕР 1

Исходные данные: Расчетный срок эксплуатации полигона $T = 20$ лет. Годовая удельная норма накопления ТКО с учетом жилых зданий и непромышленных объектов на год проектирования $Y_1 = 1,1$ м³/чел·год. Количество обслуживаемого населения на год проектирования $N_1 = 250$ тыс. чел, прогнозируется через 20 лет с учетом близко расположенных населенных пунктов рост населе-

ния на 40 %. Высота складирования ТКО $H = 40$ м. Грунт в основании полигона — тяжелые суглинки. Глубина залегания грунтовых вод — 4,0 м.

Потребная площадь участка для полигона на стадии предварительных расчетов определяется по формуле:

$$\Phi = (\sqrt{H_{cp}} + 0,01H_{cp}) \frac{T}{15} = (\sqrt{300} + 0,01 \cdot 300) \frac{20}{15} = 27 \text{ га},$$

где $T = 20$ лет — срок эксплуатации полигона;

H_{cp} — средняя численность населения города за расчетный срок, тыс. чел:

$$H_{cp} = \frac{H_1 + H_2}{2} = \frac{250000 + 350000}{2} = 300000 \text{ чел} = 300 \text{ тыс. чел},$$

где $H_1 = 250000$ чел. и $H_2 = 350000$ чел. — количество обслуживаемого полигоном населения на 1-й и последний годы эксплуатации:

$$H_2 = H_1 \cdot K_3 = 250000 \cdot 1,4 = 350000 \text{ чел.}$$

В зависимости от инженерно-геологических и гидрогеологических условий, размеров полигона, расстояния до ближайших населенных пунктов и существующих транспортных коммуникаций выбран участок под полигон захоронения ТКО. Грунт в основании полигона состоит из тяжелых суглинков и может быть использован в качестве изолирующего материала. Грунтовые воды вскрыты на глубине 4,0 м, что позволяет устраивать котлован для получения грунта изолирующих слоев глубиной 3–4 м (см. *табл. 3*). Расстояние до ближайшего населенного пункта превышает размеры СЗЗ — 500 м. Участок, отводимый под полигон ТКО, располагается на территории с развитой транспортной инфраструктурой.

Вместимость полигона E_T на расчетный срок определяется по формуле (2):

$$\begin{aligned} E_T &= (Y_1 + Y_2)(H_1 + H_2) \cdot T \cdot \frac{K_2}{4K_1} = \\ &= (1,1 + 1,99)(250000 + 350000) \cdot 20 \cdot \frac{1}{4 \cdot 4} = 2317500 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

где $Y_1 = 1,1$ м³/чел.·год и $Y_2 = 1,99$ м³/чел.·год — удельные годовые нормы накопления ТКО по объему на 1-й и последний годы эксплуатации:

$$Y_2 = Y_1 \cdot (1,03)^T = 1,1 \cdot (1,03)^{20} = 1,99 \text{ м}^3/\text{чел} \cdot \text{год},$$

где $K_1 = 4,0$ — коэффициент, учитывающий уплотнение ТКО с помощью катков или бульдозеров массой 12–14 т. (см. *табл. 2*);

$K_2 = 1,0$ — коэффициент, учитывающий объем наружных изолирующих слоев грунта, разрабатываемого в основании полигона (см. прим. к *табл. 3*).

Годовой объем принимаемых полигоном ТКО равен:

$$E_{\text{год}} = \frac{1}{4}(Y_1 + Y_2)(H_1 + H_2) = \\ \frac{1}{4}(1,1 + 1,99)(250000 + 350000) = 463500 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Площадь участка складирования ТКО по формуле (5) равна:

$$\Phi_{\text{y.c.}} = \frac{3E_{\text{г}}}{H} = \frac{3 \cdot 2317500}{40} = 173813 \text{ м}^2 = 17,4 \text{ га}.$$

Требуемая площадь полигона составляет:

$$\Phi = 1,1\Phi_{\text{y.c.}} + \Phi_{\text{доп}} = 1,1 \cdot 17,4 + 1,0 = 20,1 \text{ га},$$

где $\Phi_{\text{доп}}$ — площадь участка хозяйственной зоны и площадки мойки контейнеров (0,5–1,5 га).

Наиболее экономичны земельные участки, близкие по форме к квадрату. В этом случае расчетная ширина участка складирования равна:

$$Ш = \sqrt{\Phi_{\text{y.c.}}} = \sqrt{173813} = 417 \text{ м}.$$

Полигон ТКО проектируется на плоском рельефе. На плоских участках полигонов, принимающих более 120 тыс. м³ ТКО в год, применяется высотная схема. Высота полигона H над уровнем земли устанавливается по формуле (8):

$$H = \frac{Ш}{2m} - n = \frac{417}{2 \cdot 4} - 4,75 = 47,38 \text{ м},$$

где $Ш = 417 \text{ м}$ — ширина участка складирования;
 $m = 4$ — коэффициент заложения откосов;
 n — показатель снижения высоты полигона:

$$H = \frac{Ш_b}{2m} = \frac{50}{2 \cdot 4} = 6,25 = \frac{38}{2 \cdot 4} = 4,75 \text{ м.}$$

Минимальная ширина верхней площадки определяется удвоенным радиусом разворота мусоровозов ($R_{\text{пов}} \approx 9 \text{ м}$) с соблюдением правила размещения мусоровозов не ближе 10 м от откоса:

$$Ш_b = 2(R_{\text{пов}} + 10) = 2(9 + 10) = 38 \text{ м.}$$

Поскольку расчетная величина $H = 47,38 \text{ м}$ превышает проектное значение высоты полигона ($H = 40 \text{ м}$), требуется увеличить размеры верхней площадки до $Ш_b = 95 \text{ м}$.

Фактическая вместимость полигона с учетом уплотнения отходов рассчитывается по формуле (11):

$$E_{\phi} = \frac{1}{3} (C_1 + C_2 + \sqrt{C_1 C_2}) H$$

$$\frac{1}{3} (9025 + 172225 + \sqrt{9025 \cdot 172225}) 40 = 2582909 \text{ м}^3,$$

где C_1 — площадь верхней площадки:

$$C_1 = Ш_b^2 = 95^2 = 9025 \text{ м}^2,$$

C_2 — площадь основания полигона:

$$C_2 = (Ш_b + 2 \cdot m \cdot H)^2 = (95 + 2 \cdot 4 \cdot 40)^2 = 172225 \text{ м}^2.$$

Потребность в изолирующем материале определяется по формуле (12)

$$V_{\Gamma} = E_{\phi} \cdot (1 - 1/K_2) = 2582909 \cdot (1 - \frac{1}{1,2}) = 430485 \text{ м}^3.$$

Наилучшим решением по обеспечению полигона изолирующим материалом для промежуточной и окончательной изоляции является открытие котлована в основании, что возможно по гидрогеологическим условиям — наличии в основании полигона тяжелых суглинков и уровне грунтовых вод на отметке 4,0 м от поверхности земли, что на 1,24 м ниже дна проектируемого котлована (см. ниже). В этом случае объем котлована в основании полигона равен:

$$W_{\text{котл}} = B_{\Gamma} \cdot K_y \cdot K_{\Pi} = 430485 \cdot 1,0 \cdot 1,005 = 432637 \text{ м}^3.$$

где $K_{\Pi} = 1,005$ — коэффициент, учитывающий потери грунта при его транспортировании скреперами и автосамосвалами на расстояние до 1 км;

$K_y = 1,0$ — коэффициент уплотнения грунта при устройстве промежуточной и окончательной изоляции ТКО. Для предотвращения просадки свалочного грунта на территории полигона грунт изолирующего слоя уплотняют, но, как правило, лишь до естественной плотности: $\gamma_{\text{изол}} = \gamma_{\text{ест}}$.

Средняя проектируемая глубина котлована в основании полигона устанавливается по формуле (15):

$$H_{\text{к}} = 1,1 \cdot \frac{W_{\text{котл}}}{C_2} = 1,1 \frac{432637}{172225} = 2,76 \text{ м.}$$

Определяем число очередей эксплуатации с учетом обеспечения приема отходов в течение 4 лет: $n = T/4 = 20/4 = 5$ очередей. Полигон разбивается по площади, а затем и по высоте на очереди эксплуатации с учетом основного правила: объем захороненных ТКО на каждой очереди эксплуатации примерно одинаков (см. *рис. 4*).

Площадь участка складирования $n_{\text{пл}}$ разбивается на 2 очереди эксплуатации с габаритами 415×208 м и площадью 8,6 га. Каждая из этих очередей эксплуатируется с учетом укладки 4 рабочих слоев ТКО (2 м ТКО и 0,25 м грунта). Общая высота составляет:

$$2,0 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 = 9,0 \text{ м.}$$

В том числе над поверхностью земли (черные отметки) высота насыпи за каждую очередь составит:

$$9,0 - 2,76 = 6,24 \text{ м.}$$

Наращивание высоты с отметки +6,24 до +10,74 м (2 рабочих слоя ТКО с изоляцией) составляет 3 очередь эксплуатации, высоты с отметки +10,74 до +19,74 м (еще 4 рабочих слоя ТКО с изоляцией) — 4 очередь эксплуатации и с отметки +19,74 до +40 м (включая окончательную изоляцию) — последнюю 5-ю очередь эксплуатации.

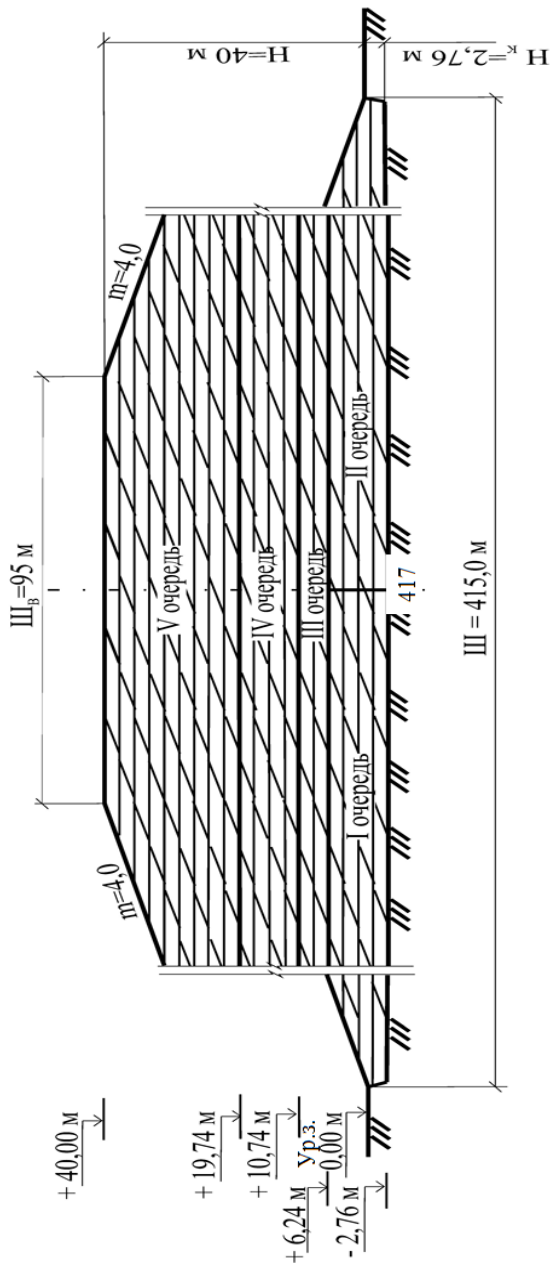


Рис. 4. Разбивка участка складирования ТКО на очереди эксплуатации

2. СТРОИТЕЛЬСТВО ВЫСОТНЫХ ПОЛИГОНОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ПЛОСКИХ УЧАСТКАХ МЕСТНОСТИ

2.1. Производство земляных работ по устройству котлована в основании полигона ТКО

2.1.1. Проектирование котлована под полигон ТКО

Крутизна откосов котлована назначается по СНиП 12-03-2001 в зависимости от вида грунта и глубины выемки (табл. 4). При большей глубине котлованов крутизну откосов назначают на основании расчета их устойчивости по актуализированной версии СНиП 3.02.01-87 с учетом всех ожидаемых нагрузок от веса машин, материалов, грунта в отвалах и кавальерах и т. п. В глубоких котлованах через каждые 5...10 м по высоте устраивают промежуточные бермы шириной не менее 3 м.

Таблица 4

Наибольшая крутизна устойчивых откосов котлованов в грунтах естественной влажности

Виды грунтов	Коэффициент заложения откосов при глубине выемки, м, не более		
	1,5	3	5
Насыпные неуплотненные	0,67	1	1,25
Песчаные и гравийные	0,5	1	1
Супесь	0,25	0,67	0,85
Суглинок	0	0,5	0,75
Глина	0	0,25	0,5
Лессы и лессовидные	0	0,5	0,5

Грунт, разрабатываемый в котловане первой очереди, размещается в кавальерах, устраиваемых по периметру участка складирования.

Объем котлована первой (и любой другой) очереди эксплуатации равен:

$$W_{\text{Иочереди}} = W_{\text{котл}} / N_{\text{котл}} , \quad (16)$$

где $N_{\text{котл}}$ — число котлованов под отдельные очереди складирования, шт.

Грунт из котлована второй и третьей очередей эксплуатации подают для изоляции отходов, размещаемых на картах первой и второй очереди соответственно. Как правило, объем грунта в каждом из котлованов превышает потребность в грунте для изоляции ТКО на участке складирования одной из очередей эксплуатации. Поэтому излишек грунта до начала эксплуатации этого участка также перемещается в кавальер минерального грунта.

Излишек грунта, перемещаемый в кавальеры из котлованов второй или третьей очереди эксплуатации, равен:

$$\Delta W = W_{\text{Иочереди}} - \frac{B_{\text{г}}}{n} , \quad (17)$$

где n — число очередей эксплуатации участка складирования, шт.

Грунт из кавальеров используют для промежуточной и окончательной изоляции ТКО, размещаемых на картах третьей и последующих очередей эксплуатации.

Суммарный объем минерального грунта в кавальере с учетом разрыхления составит:

$$W_{\text{м. гр.}}^{\text{кав}} = (W_{\text{Иочереди}} + [N_{\text{котл}} - 1] \cdot \Delta W) \cdot K_{\text{разр}}^{\text{ост}} , \quad (18)$$

где $K_{\text{разр}}^{\text{ост}}$ — коэффициент остаточного разрыхления минерального грунта, пролежавшего в отвале свыше 4-х месяцев (табл. 5).

Удельный объем кавальера минерального грунта составляет:

$$\omega_{\text{м. гр.}}^{\text{кав}} = \frac{W_{\text{м. гр.}}^{\text{кав}}}{L_{\text{кав}}} , \quad (19)$$

где $L_{\text{кав}}$ — длина кавальера минерального грунта, м. При размещении кавальеров грунта по периметру полигона и квадратной форме участка складирования $L_{\text{кав}} \approx 4 \times \Pi$.

Ширина кавальера поверху должна быть не менее 6,0 м (для размещения на насыпи землеройно-транспортных машин). Задаваясь шириной кавальера поверху $b_{\text{м.гр.}}^{\text{кав}}$, определяем его высоту:

$$h_{\text{м.гр.}}^{\text{кав}} = \frac{-b_{\text{м.гр.}}^{\text{кав}} \pm \sqrt{b_{\text{м.гр.}}^{\text{кав}^2} + 4 \cdot \omega_{\text{м.гр.}}^{\text{кав}} \cdot m}}{2m}, \quad (20)$$

где m — коэффициент заложения откоса кавальера минерального грунта, $m = 1,0$.

Ширина кавальера минерального грунта понизу составляет:

$$B_{\text{кав}} = b_{\text{м.гр.}}^{\text{кав}} + 2mh_{\text{м.гр.}}^{\text{кав}}. \quad (21)$$

Таблица 5

Коэффициенты первоначального и остаточного разрыхления грунта

Вид грунта	Коэффициент разрыхления	
	Первоначальный (до 4 ^х месяцев в отвале)	Остаточный (свыше 4 ^х месяцев в отвале)
Глина ломовая	1,28–1,32	1,06–1,09
Глина мягкая	1,24–1,30	1,04–1,07
Глина сланцевая	1,28–1,32	1,06–1,09
Гравийно-галечные грунты	1,16–1,20	1,05–1,08
Лесс мягкий	1,18–1,24	1,03–1,06
Лесс твердый	1,24–1,30	1,04–1,07
Мергель	1,33–1,37	1,11–1,15
Опока	1,33–1,37	1,11–1,15
Песок	1,10–1,15	1,02–1,05
Разборно-скальные грунты	1,30–1,45	1,15–1,20
Скальные грунты	1,45–1,50	1,20–1,30
Солончак и солонец мягкий	1,20–1,26	1,03–1,06
Солонец твердый	1,28–1,32	1,05–1,09

Вид грунта	Коэффициент разрыхления	
	Первоначальный (до 4 ^х месяцев в отвале)	Остаточный (свыше 4 ^х месяцев в отвале)
Суглинок легкий	1,18–1,24	1,03–1,06
Суглинок тяжелый	1,24–1,30	1,05–1,08
Супесь	1,12–1,17	1,03–1,05
Торф	1,24–1,30	1,08–1,10
Растительный грунт	1,22–1,28	1,05–1,07
Шлак	1,14–1,18	1,08–1,10

Плодородный слой почвы до начала основных земляных работ должен быть снят в размерах, установленных ГОСТ 17.5.3.06-85, и перемещен в кавальеры по периметру полигона для последующего использования его при рекультивации. Откосы кавальеров засеиваются гидроспособом многолетними травами. Плодородный слой почвы может храниться в кавальерах сроком до 20 лет.

Растительный грунт срезается со всей поверхности котлована и основания под кавальер минерального грунта в объеме:

$$W_{\text{р. гр.}} = W_{\text{р. гр.}}^{\text{котл}} + W_{\text{р. гр.}}^{\text{кав}}, \quad (22)$$

где $W_{\text{р. гр.}}^{\text{котл}}$ — растительный грунт, срезаемый с поверхности котлована, м³:

$$W_{\text{р. гр.}}^{\text{котл}} = C_2 \cdot t_{\text{р. гр.}}; \quad (23)$$

$W_{\text{р. гр.}}^{\text{кав}}$ — растительный грунт, срезаемый с основания под кавальер минерального грунта, м³:

$$W_{\text{р. гр.}}^{\text{кав}} = B_{\text{кав}} \times t_{\text{р. гр.}} \times L_{\text{кав}}, \quad (24)$$

где $t_{\text{раст. гр.}}$ — толщина срезки растительного грунта, м. Зависит от типа почвы и составляет:

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru