

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

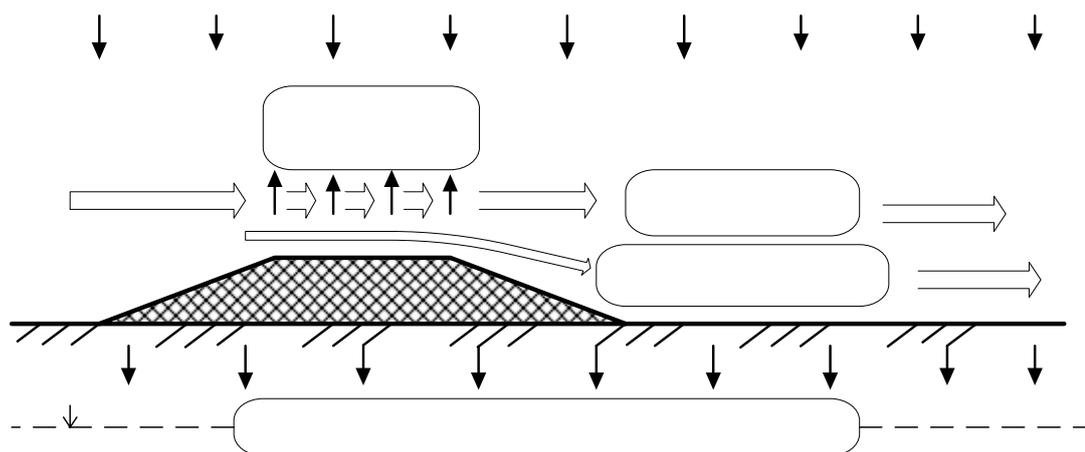
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

**В.И.СМЕТАНИН, И.А.СОЛОМИН, О.А.СОЛОМИНА**

## **УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

### **ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ: ПРОЕКТ ПОЛИГОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

**(для студентов, обучающихся по специальностям: 330200 –  
Инженерная защита окружающей среды)**



**Москва 2006**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

**В.И.СМЕТАНИН, И.А.СОЛОМИН, О.А.СОЛОМИНА**

## **УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

### **ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ: ПРОЕКТ ПОЛИГОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

**(для студентов, обучающихся по специальностям: 330200 - Защита  
окружающей среды)**

Рекомендовано:  
Методической комиссией  
эколого-мелиоративного факультета

**Москва 2006**

ББК 20.18я73  
УДК 502.55 (075.8)  
П78

Рецензенты:

Доктор технических наук, заведующий отделом мелиорации  
Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и  
мелиорации им. А.Н. Костякова  
*К.В. Губер*

Кандидат технических наук, профессор кафедры эксплуатации  
гидромелиоративных систем МГУП  
*И.С. Сильченков*

Сметанин В.И., Соломин И.А., Соломина О.И.  
П78 Учебное пособие по курсовому проектированию: Проект полигона  
захоронения твердых бытовых отходов. М.: МГУП, 2006, 68 с.  
ISBN 5-89231-169-4

Методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности: 330200 - Защита окружающей среды при выполнении курсового проекта «Проект полигона захоронения твердых бытовых отходов» и дипломном проектировании.

В методическом пособии рассмотрены материалы по решению вопросов проектирования полигонов захоронения ТБО. При выполнении курсового проекта студенты осваивают последовательность проектирования и методы расчета отдельных конструктивных элементов полигона, углубляют свои знания по организации, эксплуатации полигона и ведению экологического мониторинга. Приобретают навыки работы с нормативной, справочной и технической литературой.

ISBN 5-89231-169-4

© Сметанин В.И., Соломин И.А., Соломина О.И.  
© Московский государственный университет  
природообустройства, 2006

## Оглавление

Введение .....	5
1. Общие положения .....	6
2. Этапы проектирования полигонов захоронения ТБО .....	7
3. Выбор участка под строительство полигона .....	8
4. Проект полигона ТБО .....	10
4.1. Состав проекта .....	10
4.2. Расчет необходимой площади отвода участка земли для строительства полигона захоронения ТБО. Пример расчета .....	11
4.2.1. Организация сбора отходов .....	11
4.2.2. Расчет годовой нормы накопления ТБО в населенных пунктах .....	12
4.2.3. Определение проектной вместимости полигона .....	13
4.2.4. Расчет требуемой площади земельного участка для размещения полигона. Схема полигона .....	14
4.3. Проектирование участка складирования. Пример расчета .....	16
4.3.1. Расчет вместимости полигона .....	16
4.3.2. Проектирование кавальеров для складирования плодородного и минерального грунта .....	21
4.4. Прогноз техногенного влияния полигона ТБО на компоненты природной среды. Инженерные решения по защите окружающей среды .....	23
4.5. Защитные экраны полигонов .....	25
4.5.1. Общие положения .....	25
4.5.2. Природные геохимические барьеры .....	26
4.5.3. Противофильтрационные экраны в основании полигона, выполняемые из глины .....	27
4.5.4. Противофильтрационные экраны в основании полигона, выполняемые с использованием геосинтетических материалов .....	27
4.6. Устройство противофильтрационных экранов в основании полигона .....	29
4.6.1. Пример устройства глиняного противофильтрационного экрана .....	30
4.6.2. Пример устройства противофильтрационного экрана из рулонных геосинтетических материалов .....	30
4.7. Внутренний дренаж и система удаления фильтрата. Пример расчета .....	37
4.7.1. Общие положения проектирования дренажа .....	37
4.7.2. Расчет объема фильтрата, удаляемого из свалочного тела в период эксплуатации полигона. Пример расчета .....	41
4.8. Проектирование системы дегазации полигона. Пример расчета .....	43
4.9. Ограждающие сооружения. Определение параметров нагорных каналов. Пример расчета .....	45
5. Административно-хозяйственная зона и инженерные сооружения .....	46
6. Санитарно-защитная зона и система мониторинга .....	48
6.1. Санитарно-защитная зона .....	47
6.2. Система мониторинга .....	47
7. Технологическая схема эксплуатации полигона .....	52
9. Закрытие полигона и передача участка под дальнейшее использование .....	55
9.1. Технический этап рекультивации .....	56
9.2. Биологический этап рекультивации .....	57
10. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций .....	58
Список литературы .....	59

## **Введение.**

Рост численности населения в городах и развитие промышленности сопряжено с увеличением количества образующихся бытовых и промышленных отходов, которые при неправильном сборе, несвоевременном удалении и неудовлетворительном обезвреживании, ухудшают экологическую обстановку и наносят экологический ущерб окружающей среде, вызывая загрязнение атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и подземных вод. Санитарная очистка городов от отходов производства и потребления является элементом жизнеобеспечения. Известно более 20 методов обезвреживания и утилизации ТБО. По каждому методу известны от 5 до 10 разновидностей приемов их обезвреживания и переработки. Наибольшее распространение получили следующие методы обезвреживания отходов: захоронение отходов на свалках и полигонах, термические и биотермические методы обезвреживания.

Выбор оптимального метода и технологии обезвреживания и переработки ТБО базируется, прежде всего, на недопущении негативного воздействия отходов на окружающую среду, ухудшения здоровья человека, обострения социальных аспектов развития общества и повышении экономической эффективности процессов обезвреживания отходов и рационального использования земельных ресурсов.

Захоронение отходов производства и потребления на свалках и полигонах является наиболее широко практикуемым способом обезвреживания и утилизации ТБО, но, к сожалению, оно порождает массу экологических и санитарно-гигиенических проблем. Но, несмотря на это, захоронение ТБО еще долгое время будет оставаться наиболее распространенным методом обезвреживания и утилизации ТБО. Поэтому, при изучении дисциплины “Утилизация и переработка отходов” уделяется большое внимание проектированию полигонов ТБО, как инженерно-экологического сооружения в системе природно-техногенного комплекса.

## 1. Общие положения

Полигоны захоронения ТБО - инженерно-экологические комплексы, предназначенные для централизованного приема ТБО, их обезвреживания и захоронения, предотвращающие распространение загрязняющих веществ в компоненты природной среды.

На полигоны захоронения ТБО принимают:

- бытовые отходы и отходы потребления из жилых зданий, учреждений и предприятий общественного назначения, объектов оптово-розничной торговли промышленными и продовольственными товарами;
- строительные отходы, образованные при сносе, ремонте, реконструкции, новом строительстве зданий и сооружений, отходы стройиндустрии, промышленные отходы, приравненные к ТБО, древесно-растительные отходы от планового ухода за зелеными насаждениями городов;
- твердые промышленные отходы IV класса опасности по согласованию с органами природных ресурсов и охраны окружающей среды, санитарно-эпидемиологическими службами и учреждениями коммунальной сферы, в количестве, не превышающем 30% от массы принимаемых ТБО,
- отходы лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) в соответствии с «Правилами сбора, хранения и удаления отходов лечебно-профилактических учреждений».

Запрещен прием на полигоны следующих видов отходов:

- строительных, содержащих асбестовый шифер в виде боя, шлаки, золы, отработанный асбест, отходов мягкой кровли, имеющих 4-й класс опасности;
- промышленных 1, 2 и 3 классов опасности;
- радиоактивных, независимо от уровня их радиации;
- ртутных ламп и продуктов демеркуризации.

***Полигоны ТБО по видам принимаемых отходов подразделяют на два класса:***

- полигоны ТБО 1-го класса – полигоны, на которых разрешено размещать отходы, содержащие  $\leq 25\%$  органические примеси, при разложении которых образуются вредные вещества в количествах, не превышающих значения ПДК;
- полигоны ТБО 2-го класса - полигоны, на которых размещают отходы, содержащие  $> 25\%$  органические примеси, а также другие виды отходов, при

разложении которых образуются вредные вещества в количествах превышающих значения ПДК.

Организации, эксплуатирующие полигоны, разрабатывают регламент (режим) работы полигона и инструкцию по приему ТБО. В соответствии с разработанной инструкцией, осуществляют учет поступающих отходов, обеспечивают их контроль, распределяют в пределах эксплуатируемой части полигона, выполняют послойную изоляцию отходов, обеспечивают выполнение требований, предъявляемые к безопасности жизнедеятельности предприятий в чрезвычайных ситуациях.

## **2. Этапы проектирования полигонов захоронения ТБО**

Создание полигона захоронения ТБО, как и любого объекта строительства, осуществляют в непрерывном инвестиционном процессе с момента возникновения замысла до сдачи объекта в эксплуатацию.

Предпроектные и проектные работы ведут согласно нормативным документам:

1. «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений» (СНиП 11-101-95);
2. «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений» (СНиП 11-01-95).

В инвестиционном процессе проектная подготовка строительства с учетом действующего российского законодательства и зарубежной практики, как правило, состоит из трех основных этапов.

**Первый этап** – определение цели инвестирования, вид и объемы приема отходов на объекте строительства, морфологический состав и свойства отходов, срок эксплуатации, расчетный объем полигона и его требуемая площадь, перспективные участки строительства с учетом экономических и экологических требований. На основе необходимых исследований и проработок об источниках финансирования, условиях и средствах реализации поставленной цели с использованием максимально возможной информационной базы данных заказчиком проводится оценка возможностей инвестирования и достижения технико-экономических показателей.

С учетом принятых на данном этапе решений заказчик представляет, в установленном порядке, ходатайство (декларацию) о намерениях.

После получения положительного решения местного органа исполнительной власти заказчик приступает к разработке обоснований инвестиций в строительство.

**Второй этап** – разработка обоснований инвестиций в строительство на основании полученной информации, требований государственных органов и заинтересованных организаций в объеме достаточном для принятия заказчиком решения о целесообразности дальнейшего инвестирования, получения от соответствующего органа исполнительной власти предварительного согласования места размещения объекта (акта выбора участка) и разрешения на разработку проектной документации.

**Третий этап** – разработка, согласование, экспертиза и утверждение проектной документации, получение на ее основе решения об изъятии земельного участка под строительство.

### **3. Выбор участка под строительство полигона**

Выбор перспективных участков для строительства полигонов производят на стадии составления схем районных планировок и генеральных планов городов и их зеленых зон, схем санитарной очистки населенных пунктов от твердых бытовых отходов (ТБО). Число и площадь полигонов зависит от численности жителей населенных мест, обслуживаемых полигонами, площади и конфигурации населенных пунктов, дальности транспортировки отходов.

Полигоны размещают за пределами населенных пунктов с соблюдением размера санитарно-защитной зоны, устанавливаемой, в соответствии со СанПиН 2.1.7.722-98, не менее 500 м до жилой застройки.

Для выбора участка под строительство заказчик с регламентирующими организациями (архитектурно-планировочным управлением, санитарно-эпидемиологической, гидрогеологической службами и др.) определяют районы, в которых намечается подбор участков. Перспективные участки для размещения полигонов определяют на основании анализа карт специального типологического зонирования анализируемых территорий в масштабе М 1:200000, которые включают фондовые геологические и гидрогеологические условия. При необходимости проводят рекогносцировочные полевые исследования.

При выборе перспективных участков для размещения полигона руководствуются следующими принципами:

- а) участки, на которых природные условия исключают размещение полигонов;
- б) участки, на которых природные условия не способствуют существенному негативному воздействию полигонов на компоненты природной среды.

***Благоприятными земельными участками с точки зрения размещения полигонов считаются:***

- открытые, хорошо продуваемые (проветриваемые), незатопляемые и неподтопляемые, допускающие проведение природоохранных мероприятий и выполнение инженерных решений, обеспечивающих предотвращение загрязнения окружающей среды;
- расположенные с подветренной стороны относительно нахождения населенных пунктов и рекреационных зон, в соответствии с розой ветров;
- расположенные ниже мест водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения, рыбоводных хозяйств, мест нереста, массового нагула и зимовальных ям рыбы;
- удаленные от аэропортов на 15 км и более, от сельскохозяйственных угодий и транзитных магистральных дорог на 200 м, от лесных массивов и лесопосадок, не предназначенных для рекреации, на 50 м;
- на которых обеспечивается соблюдение 500 м санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границ полигона;
- с преобладающими уклонами в сторону населенных пунктов, промышленных предприятий, сельскохозяйственных угодий и лесных массивов не более 1,5%;
- с залеганием грунтовых вод при наибольшем подъеме их уровня не менее 1 м от нижнего уровня складироваемых отходов;
- с преобладанием в геологическом разрезе четвертичных отложений, экранирующих пород (в том числе маренных суглинков), характеризующихся коэффициентом фильтрации  $10^{-7}$  м/с и менее;
- с развитым региональным водоупорным горизонтом (юрские глины), характеризующимся отсутствием «гидрогеологических окон» и значительных по площади трещиноватых зон;
- с отсутствием опасных геологических процессов (оползневых, карстово-суффозионных, овражно-эрозионных и т.д.).

Оценку гидрогеологической обстановки выполняют при проведении полевых исследований.

Критерии по оценке гидрогеологических условий носят, в основном, рекомендательный характер и их несоблюдение может быть компенсировано

использованием технологических решений, получивших положительное заключение Государственной экологической экспертизы.

При размещении полигонов учитывают опыт функционирования объектов-аналогов в подобных условиях размещения, исходя из природных условий (геологических, гидрогеологических, водно-физических свойств горных пород, развития опасных геологических процессов) и технологических особенностей складирования ТБО (площадь полигона, мощность складированных ТБО, схема складирования).

Размер участка размещения полигона устанавливают, исходя из условия продолжительности эксплуатации полигона в течение 15...20 лет.

По форме в плане наиболее благоприятны земельные участки близкие к квадрату, и позволяющие устраивать полигоны с наибольшей высотой складирования отходов.

Необходимую площадь для отвода земельного участка определяют исходя из проектной вместимости полигона и проектной высоты складирования отходов.

#### **4. Проект полигона ТБО**

##### **4.1. Состав проекта**

В состав проекта строительства полигона ТБО входят следующие разделы:

1. Общая пояснительная записка с описанием гидрогеологических условий и обоснованием выбора площадки участка строительства;
2. Генеральный план и транспорт;
3. Технологические решения (расчет вместимости полигона, технологическая схема заполнения полигона с учетом очередности его строительства, конструкция противофильтрационных экранов, продольный и поперечный разрезы участка складирования, рекомендации по рекультивации участка после закрытия полигона для приема ТБО);
4. Организация и условия труда работников (охрана труда);
5. Управление производством и предприятием (режим эксплуатации, расчет потребности в эксплуатационном персонале, машинах и механизмах);
6. Архитектурно-строительная часть (организационно-хозяйственная зона полигона);
7. Инженерное оборудование, сети и системы (системы сбора и удаления фильтрата и биогаза);
8. Организация строительства;
9. Охрана окружающей среды (санитарно-защитная зона и организация экологического мониторинга);

10. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций;

11. Сметная документация.

#### **4.2. Расчет необходимой площади отвода участка земли для строительства полигона захоронения ТБО. Пример расчета**

Для обоснования требуемой площади для отвода земельного участка под складирование ТБО, в первую очередь, необходимо определить проектируемую вместимость полигона ( $E_T$ ).

Расчет ведут с учетом удельной обобщенной годовой нормы накопления ТБО на одного жителя, (включая ТБО из учреждений и организаций), количества обслуживаемого полигоном населения, расчетного срока эксплуатации полигона, степени уплотнения ТБО на полигоне.

Требуемую для отвода площадь участка складирования ТБО, определяют делением проектируемой вместимости полигона ( $m^3$ ) на принимаемую в проекте высоту полигона (м).

##### **4.2.1. Организация сбора отходов**

В соответствии с исходными данными на проектирование полигона для захоронения ТБО предполагается организация сбора образующихся отходов в 4-х населенных пунктах (исходные данные - табл.1 в задании на курсовое проектирование). Участок, предназначенный для размещения полигона, расположен от самого дальнего пункта (пункт №3) на расстоянии 22,5 км и от самого близкого - на расстоянии 11,2 км (рис. 3 – в задании на курсовое проектирование). Сбор ТБО в населенных пунктах предполагается вести в устанавливаемые мусоросборные ёмкости (бункеры) вместимостью  $0,75 m^3$ . Транспортирование от мест накопления ТБО до полигона предполагается мусоровозами КО-415А с объемом кузова  $23 m^3$ . Расчет общей численности населения обслуживаемого полигоном выполнен в форме таблицы, 4.1.

**Таблица 4.1.**

#### **Определение численности населения, обслуживаемого полигоном.**

<b>Номер населенных пунктов</b>	<b>Численность населения, тыс. чел.</b>
2	$N_2=80$
3	$N_3=25$
4	$N_4=30$
5	$N_5=35$
$\Sigma N = 170$	

#### 4.2.2. Расчет годовой нормы накопления ТБО населенных

Расчет накопления ТБО за один год в осуществляют в соответствии с удельными нормами их накопления на одного жителя. Их рассчитывают от двух источников образования: жилого сектора и общественных зданий, учреждений.

ТБО в городах имеют не одинаковый морфологический состав и разную плотность. Поэтому удельное накопление ТБО учитывают как по массе, так и по объему.

Нормы накопления ТБО для различных источников определяют специальными научными организациями (не реже 1 раза в 5 лет). Результаты исследований утверждают администрации населенных пунктов.

В курсовом проекте нормы накопления ТБО для заданных населенных пунктов приведены в табл. 4.2. (гр. 4). В этой же таблице произведен расчет определения объемов накопления ТБО (гр.6).

*Таблица 4.2.*

#### **Определение объема накопления ТБО**

<b>Объект образования отходов</b>	<b>Расчетная единица</b>	<b>Норма накопления ТБО, кг/год</b>	<b>Количество единиц</b>	<b>Всего, кг/год (гр.3)х(гр.4)</b>
1	2	3	4	5
Жилые дома благоустроенного типа	1 чел.	200	$0,6 \times H^*$	20400000
Жилые дома неблагоустроенного типа	1 чел.	400	$0,4 \times H^*$	27200000
Гостиницы	1 место	120	$0,07 \times H^*$	1428000
Детсады, ясли	1 место	95	$0,05 \times H^*$	810000
Учебные заведения	1 ученик	24	$0,03 \times H^*$	120000
Театры, кинотеатры	1 место	30	1000 мест	30000
Учреждения, офисы	1 сотр.	40	$0,3 \times H^*$	2040000
Продовольственные магазины	1 кв.м	200	5000	1000000
Промтоварные магазины	1 кв.м	100	5000	500000
Рынок	1 кв.м	100	10000	1000000
Автовокзалы	1 кв.м	125	800	100000
Больница	1 койка	230	$0,05 \times H^*$	1996000
Поликлиники	1 посещ.	30	$0,9 \times H^*$	4590000
<b>Всего:</b>				<b><math>\Sigma P = 61214000</math></b>

Таким образом, суммарный объем накопления ТБО составляет  $\Sigma V = 61214000$  кг/год

Суточная величина накопления ТБО составит:  $P_{\text{сут}} = \frac{\sum P}{\sum T_{\text{год}}}$ , где  $T_{\text{год}}$  – количество дней в году, 365 дней.  $P_{\text{сут}} = \frac{61214000}{365} = 167709,5 \text{ кг/сут} = 167,7 \text{ т/сут}$ .

Удельную норму накопления ТБО по массе определяют по формуле:  $Y = \frac{\sum P}{\sum H}$ .

$Y = \frac{61214000}{170000} = 360,0 \text{ кг/чел год}$ .

При плотности отходов  $\gamma = 210 \text{ кг/м}^3$ , удельная норма накопления по объёму составит:  $Y^* = \frac{Y}{\gamma} = \frac{360,0}{210} = 1,7 \text{ м}^3/\text{чел}\cdot\text{год}$ .

#### **4.2.3. Определение проектной вместимости полигона.**

Проектную вместимость полигона ( $E_p$ ) определяют на расчетный период эксплуатации полигона

$$E_m = \frac{(Y^* + Y^{**}) \times (H^* + H^{**}) \times T \times (\kappa_2 / \kappa_1)}{4},$$

где  $T$  – принимаемый срок эксплуатации полигона (определяется по табл. 1 исходных данных),  $T=20$  лет;  $Y^*$  и  $Y^{**}$  – удельные годовые нормы накопления ТБО на 1-й и последний годы эксплуатации полигона,  $\text{м}^3/\text{чел} \times \text{год}$ ;  $Y^*$  – удельная норма накопления ТБО по объёму на 1-й год эксплуатации полигона определяется как удельная обобщенная годовая норма накопления ТБО на одного жителя, (включая ТБО из учреждений и организаций), табл. 4.2;  $Y^{**}$  – удельная норма накопления ТБО по объёму на последний год эксплуатации полигона, определяется из условия ежегодного прироста ее по объёму на 3%,  $Y^{**} = Y^* \times (1,03)^{T-1} = 1,7 \times (1,03)^{19} = 3,1 \text{ м}^3/\text{чел} \text{ год}$ ;  $H^*$  и  $H^{**}$  – соответственно количество обслуживаемого полигоном населения на 1-й и последний годы эксплуатации полигона, чел.;  $\kappa_1$  – коэффициент, учитывающий уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона за срок  $T$ , определяются по табл. 4.3.

Количество обслуживаемого полигоном населения на 1-й ( $H^*$ ) определяется согласно исходным данным в таблице 4.1, (раздел 4.2.1), как  $H^* = \sum N$ . Количество обслуживаемого полигоном населения на последний год эксплуатации полигона ( $H^{**}$ ) определяется согласно генеральному плану развития района застройки. Исходя из этого, ожидается ежегодный рост населения на 2%, тогда:

$$H^{**} = H^* (1,02)^{T-1} = 170000 (1,02)^{19} = 252600 \text{ чел};$$

Проектная высота полигона определяется по графику, рис.1 в задании на проектирование, на последний год его эксплуатации. При численности населения 252600 человек высота полигона составит  $H_{пл}=22,0$  м.

Согласно табл. 4.3 при  $H_{пл}=22,0$  м  $\rightarrow k_1=4$ ;

$k_2$  - коэффициент, учитывающий объем изолирующих слоев грунта (промежуточных и окончательного),  $k_2=1,2$ .

Проектная вместимость полигона  $E_T$  составит:

$$E_m = \frac{(1,7 + 3,1)(170000 + 252600) \cdot 20 \cdot 1,2}{4 \cdot 4} = 3000000 \text{ м}^3.$$

**Таблица 4.3**

**Зависимость коэффициента уплотнения ТБО ( $k_1$ ) от высоты полигона ( $H_{пл}$ ).**

Полная проектная высота полигона ( $H_{пл}$ ), м	$k_1$
до 10	3
от 11 до 20	3,7
от 21 до 50	4
от 51 и более	4,5

#### **4.2.4. Расчет требуемой площади земельного участка для размещения полигона.** **Схема полигона**

Элементами полигона являются: подъездная дорога, участок складирования ТБО, административно- хозяйственная зона.

Подъездная дорога соединяет существующую транспортную магистраль с полигоном и рассчитывается на двухстороннее движение шириной не менее 6,5 м.

На пересечении дороги с участком полигона размещают пост контроля въезда и выезда мусоровозов и административно- хозяйственную зону.

Участок складирования – основное сооружение полигона. Он занимает около 85-95% площади полигона ТБО. Участок складирования обычно разбивают на очереди эксплуатации с учетом обеспечения производства работ по приему ТБО в течение 3-5 лет на каждой очереди.

Участки складирования должны быть защищены от вышерасположенных земельных массивов. Для перехвата ливневых и паводковых вод по верхней границе участка проектируют нагорные каналы.

На расстоянии 1...2 м от нагорных каналов по периметру полигона размещают ограждение. На расстоянии 2 м от ограждения полигона размещают посадки деревьев.

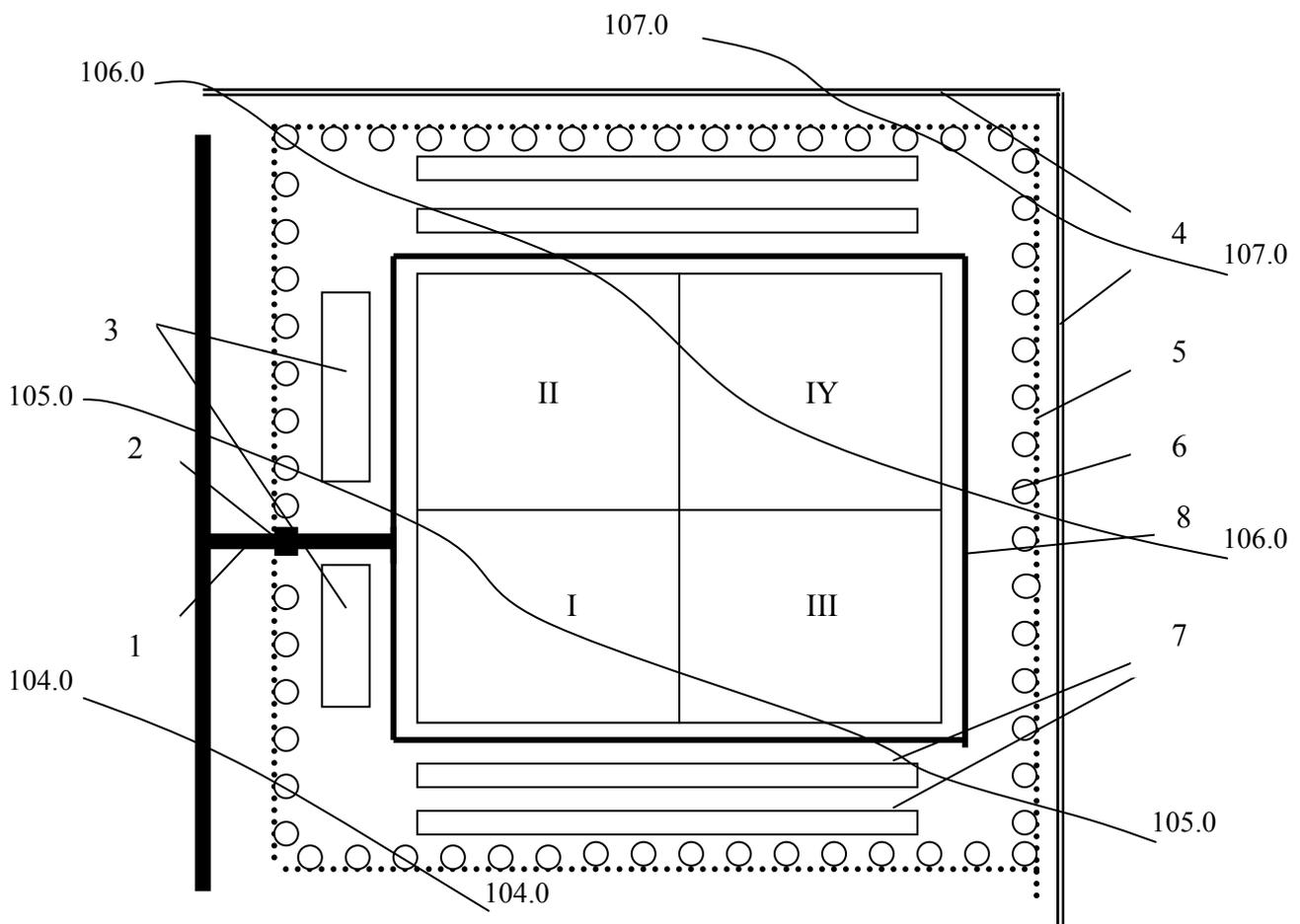
На расстоянии 2-3 м от внешнего откоса котлована устраивают кольцевую дорогу с односторонним движением шириной не менее 3,5 м.

Между кольцевой дорогой и лесопосадками располагают кавальеры с плодородным и минеральным грунтом, которые в процессе эксплуатации полигона используют для изоляции отходов, (рис. 4.1).

Требуемая площадь полигона ( $\Phi$ ) определяется по формуле

$$\Phi = k_3 \cdot \Phi_{\text{ус}} + \Phi_{\text{доп}},$$

где  $k_3$  – коэффициент, учитывающий полосу вокруг участка складирования,  $k_3=1,1$ ;  $\Phi_{\text{ус}}$  – площадь участка складирования, га;  $\Phi_{\text{доп}}$  – площадь участка административно-хозяйственной зоны.



**Рис. 4.1. Горизонтальная планировка полигона.**

(I- IV) – очереди эксплуатации полигона.

1 – подъездная дорога; 2- въезд на полигон с пунктом радиометрического контроля; 3 – административно- хозяйственная зона; 4 – нагорный канал; 5 – ограждение полигона; 6 – лесополоса; 7 – кавальеры минерального и плодородного грунта; 8 – внутривозлепная дорога

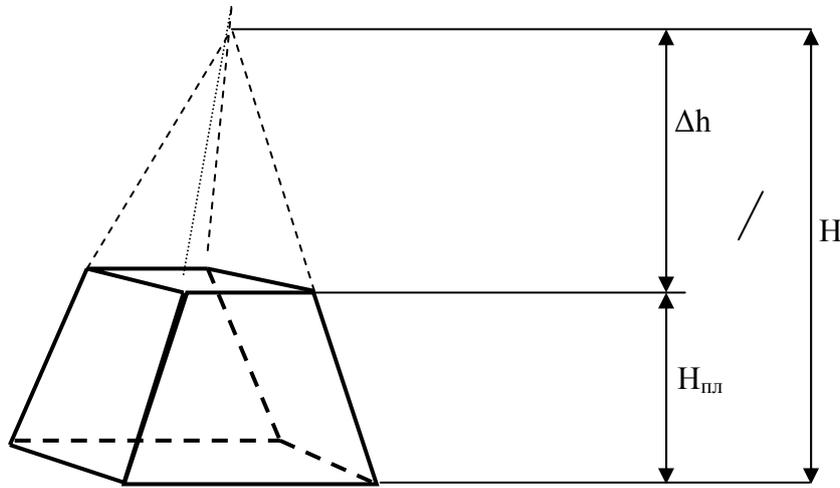
Площадь участка складирования находят из формулы определения объема пирамиды (рис. 4.2):

$$\Phi_{\text{ус}} = \frac{3E_m}{H_{\text{пл}} + \Delta h} = (3k_4 \cdot E_T) / H_{\text{пл}},$$

где  $k_4$  – коэффициент, учитывающий снижение высоты пирамиды до заданной  $H_{\text{пл}}$  (рис.4.2);  $k_4=0,5$ .

$$\text{Тогда } \Phi_{\text{ус}} = (0,5 \times 3 \times 3000000) / 22 = 204545,5 \text{ м}^2 = 20,5 \text{ га.}$$

Принимая размер участка административно-хозяйственной зоны  $\Phi_{\text{доп}} = 0,1 \Phi_{\text{ус}}$ , получим требуемую площадь полигона:  $\Phi = 1,1 \cdot 20,5 + 0,1 \cdot 20,5 = 24,6 \text{ га.}$



**Рис. 4.2. Расчетная схема для определения размеров полигона ТБО**

Полигон размещают на плоском рельефе. Фактическая отведенная площадь участка составит:  $\Phi_{\text{отв}} = \Phi + Д$ ,

где  $Д$  - отвод земли для размещения подъездной дороги от автомагистрали до полигона, для дороги длиной  $L_{\text{дор}}=4000 \text{ м}$  и шириной  $B_{\text{дор}}=6,5 \text{ м}$ .

$$Д = (L_{\text{дор}} \times B_{\text{дор}}) = (4000 \times 6,5) = 26000 \text{ м}^2 = 2,6 \text{ га.}$$

$$\Phi_{\text{отв}} = 24,6 + 2,6 = 27,2 \text{ га.}$$

### 4.3. Проектирование участка складирования. Пример расчета

#### 4.3.1. Расчет вместимости полигона

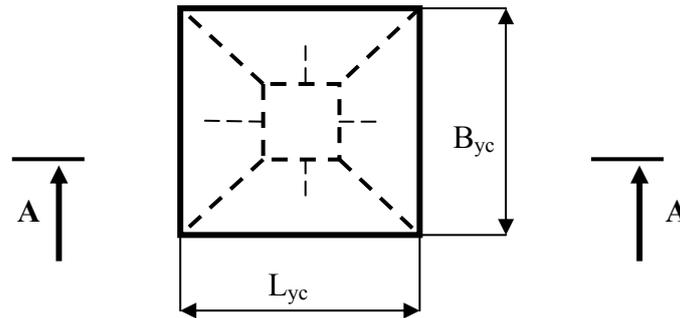
Согласно заданию на проектирование, грунт в основании полигона представлен суглинком легким. Грунтовые воды расположены на глубине 4,8 м.

Принимаем решение - полностью удовлетворить потребность в грунте для промежуточной и окончательной изоляции за счет сооружения котлована в основании полигона.

Реальный участок складирования ТБО площадью  $\Phi_{yc}=204545,5 \text{ м}^2$  в плане имеет форму квадрата, со стороной:

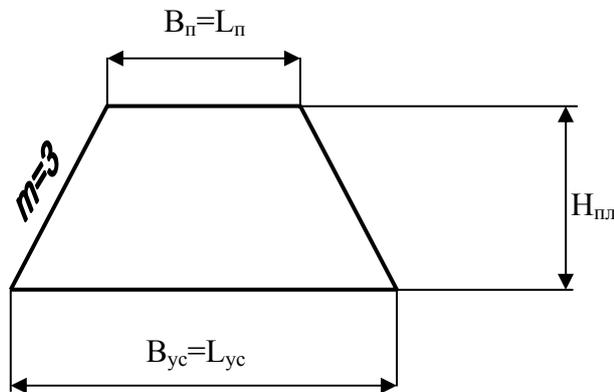
$$L_{yc} = B_{yc} = \sqrt{\Phi_{yc}} = \sqrt{204545,5} = 452 \text{ м},$$

где  $L_{yc} = B_{yc}$  – соответственно, длина и ширина участка складирования, м, рис.4.3.



**Рис. 4.3. Участок складирования ТБО в плане.**

После заполнения полигона отходами до проектных отметок участок складирования будет иметь форму усеченной пирамиды, а в поперечном сечении - трапеции (рис.4.4.).



**Рис. 4.4. Поперечное сечение участка складирования (без котлована).  
Разрез А-А**

Определим размеры верхней площадки полигона захоронения отходов, (рис.4.5.):

$$B_n = L_n = B_{yc} - 2mH_{пл} = 452 - 2 \times 3 \times 22 = 320 \text{ м},$$

Где  $B_n$  и  $L_n$  - соответственно ширина и длина верхней площадки участка складирования, м.

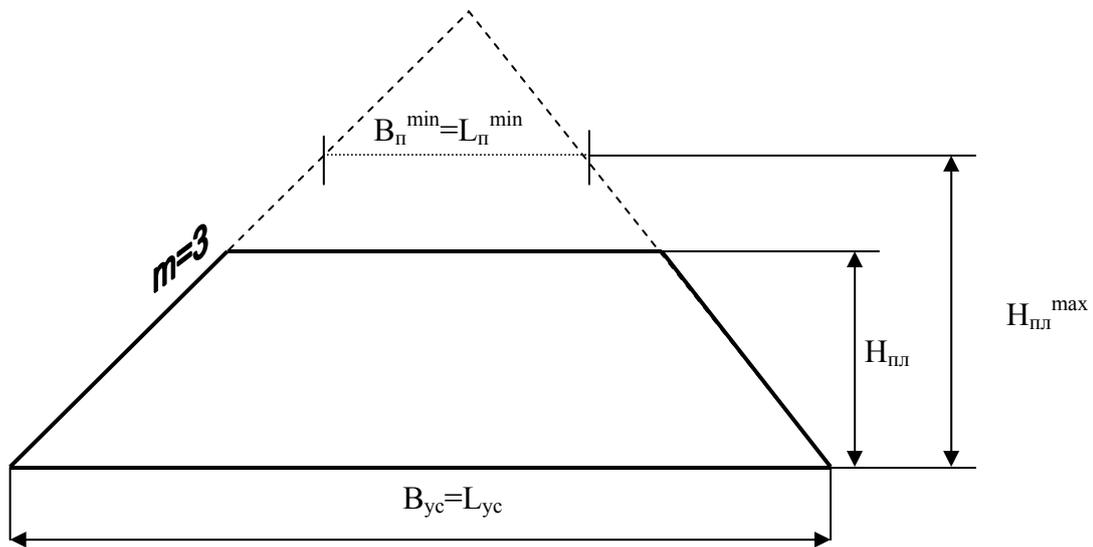
Площадь верхней площадки участка складирования:

$$\Phi_n = B_n^2 = 320^2 = 102400 \text{ м}^2 = 10,2 \text{ га}.$$

Максимальная допустимая высота полигона  $H_{пл}^{max}$  определяется из условия заложения внешних откосов не менее чем  $m=3$  и необходимости создания верхней площадки размером обеспечивающей безаварийную работу мусоровозов и бульдозера (рис. 4.5.).

Минимальная ширина верхней площадки определяется возможностью разворота мусоровоза ( $R_{раз}$ ) и соблюдением условия движения мусоровоза не ближе  $v=10$  м от края откоса.

Тогда  $B_{п}^{min}=2R_{раз}+2v$ , а ее минимальная площадь равна:  $\Phi_{п}^{min} = (B_{п}^{min})^2 = (2R_{раз}+2v)^2 = (2 \times 9 + 2 \times 10)^2 = 1444 \text{ м}^2 = 0,14 \text{ га}$ , что значительно меньше принятой в проекте  $\Phi_{п} = 10,2 \text{ га}$ .



**Рис. 4.5. Схема для определения максимально возможной высоты полигона**

Максимально возможную высоту полигона определяют по зависимости:

$$H_{пл}^{max} = \frac{B_{yc} - B_{п}^{min}}{2m}, \text{ где } B_{yc} - \text{ ширина участка складирования, м. } H_{пл}^{max} = \frac{452 - 38}{2 \cdot 3} = 69 \text{ м.}$$

С целью получения грунта для послойной и окончательной изоляции ТБО, укладываемых в тело полигона, в основании полигона проектируют котлован. Среднюю глубину котлована рассчитывают из условия баланса земляных работ с учетом положения уровня грунтовых вод. Дно котлована размещают выше уровня грунтовых вод не менее чем на 2 м.

Участок складирования разбивают на очереди эксплуатации с учетом приема ТБО на каждой очереди в течение 3...5 лет

Фактическую вместимость полигона с учетом уплотнения ТБО рассчитывают по формуле для определения объема усеченной пирамиды:

$$E_{\phi} = \frac{H_{nl}}{3} [\Phi_{yc} + \Phi_n + (\Phi_{yc} + \Phi_n)^{0,5}], \text{ где } \Phi_{yc} \text{ и } \Phi_n - \text{площади нижнего и верхнего}$$

оснований свалочного тела, м<sup>2</sup>.

Вместимость котлована в основании полигона не учитывается, так как грунт, вынимаемый из него, расходуется на изоляцию ТБО.

В этом случае фактическая вместимость  $E_{\phi}$  равна объему ТБО в уплотненном состоянии, которая составит:

$$E_{\phi} = \frac{22}{3} [204304 + 102400 + (204304 + 102400)^{0,5}] = 3297193 \text{ м}^3$$

Потребность в минеральном грунте ( $V_r$ ) определяется по формуле

$$V_r = E_{\phi} \left(1 - \frac{1}{k_2}\right),$$

где  $k_2 = 1,2$ .

Для изоляции 3297193 м<sup>3</sup> ТБО после их уплотнения потребуется грунт в объеме:

$$V_r = 3297193 \left(1 - \frac{1}{1,2}\right) = 527550,88 \text{ м}^3,$$

В рассматриваемом случае весь грунт, вынимаемый из котлована, расходуется на изоляцию ТБО, поэтому потребность в изолирующем материале равна вместимости котлована.

Средняя проектная глубина котлована в основании полигона определяется по формуле:

$$H_k = \frac{1,1 \cdot V_z}{\Phi_{yc}},$$

где 1,1 - коэффициент, учитывающий откосы и картовую схему заполнения котлована,

$$H_k = \frac{1,1 \cdot 527550,88}{204545} = 2,58 \text{ м. Принимаем } H_k = 2,6 \text{ м.}$$

Проверяем условие размещения полигона:  $H_{угв} - H_k - H_{эк} \geq 2 \text{ м}$ , где:  $H_{угв}$  – глубина залегания грунтовых вод,  $H_{угв} = 4,8 \text{ м}$ ;  $H_{эк}$  – толщина защитного экрана основания полигона (п. 4.5.3).

$4,8 - 2,6 - 1 = 3,2 \text{ м} > 2 \text{ м}$ , - принятая глубина котлована удовлетворяет требуемым условиям.

Полигон ТБО разбиваем на пять очередей эксплуатации, (рис. 4.6.).

При этом сам котлован для складирования ТБО, будет разбит на четыре части.

Откосы котлована из условий работы бульдозера принимают с коэффициентом заложения не менее  $m=2,5$ .

Каждую очередь эксплуатации полигона рассчитывают из условия обеспечения приема ТБО в течение времени  $T_{оч} = \frac{T}{5} = \frac{20}{5} = 4$  года.

Площадь участка складирования каждой из четырех очередей эксплуатации в пределах первого яруса составит  $\Phi_{оч} = \frac{\Phi_{ус}}{4} = \frac{204545}{4} = 51136 \text{ м}^2$ .

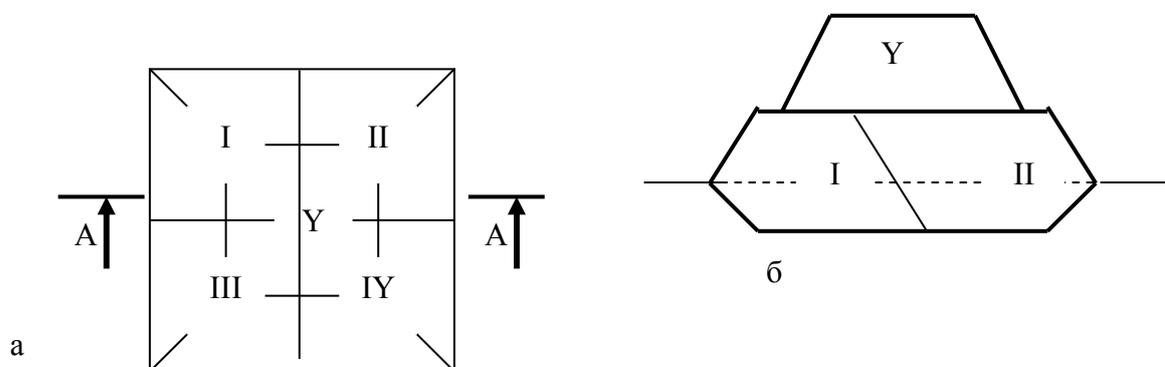


Рис. 4.6. План и разрез высоконагруженного полигона захоронения ТБО: а – план полигона; б – разрез А-А; (I-Y) – очереди строительства и эксплуатации полигона

Объем отходов, складированных в каждой очереди эксплуатации полигона, составит  $V_{оч} = \frac{E_{\phi}}{5} = \frac{3297193}{5} = 659439 \text{ м}^3$ .

Высота первого яруса (с I-IV очереди) определяется по зависимости:

$$H_{оч(I-IV)} = \frac{1,1V_{оч(I-IV)}}{\Phi_{ус}} = \frac{1,1 \cdot 2637756}{204545} = 14,2 \text{ м},$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий откосы и карттовую схему заполнения котлована.

Учитывая послойное заполнение полигона отходами: 1,8...2,0 м – отходы и 0,2 м – минеральный грунт, количество укладываемых слоев с I по IV очереди 1-го яруса

составит  $n_{сл(I-IV)} = \frac{H_{оч(I-IV)}}{h_c} = \frac{14,2}{2,0} \approx 7$  слоев. Принимаем – по 7 слоев укладки ТБО в

каждую очередь 1-го яруса. Тогда высота 1-го яруса над уровнем поверхности земли составит  $H^I = 2,0 \cdot 7 = 14 \text{ м}$ .

Объем котлована одной очереди составит  $v_{\Gamma}^{\text{оч}} = \frac{V_c}{4} = \frac{527550}{4} = 131887,5 \text{ м}^3$ .

Наращивание высоты полигона 2-го яруса с отметки 14 м до проектной – 22 м будет производиться заполнением V очереди полигона.

После заполнения 2-го яруса будет выполнено окончательное его перекрытие.

Количество слоев V очереди полигона составит  $n_{\text{слV}} = \frac{H_n - H^I}{h_c} = \frac{22 - 14}{2} \approx 6$  слоев.

Тогда общее количество слоев ТБО, укладываемых в тело полигона, составит:  $N = n_{\text{слI-IV}} + n_{\text{слV}} = 7 + 6 = 13$  слоев.

Перед производством работ снимают плодородный слой почвы со всей площади участка складирования ТБО, который отсыпают во временные кавальеры, размещаемые в стороне от участка складирования. В последствии этот грунт используют для рекультивации полигона, (рис. 4.7.). Грунт вынимаемый, из котлована 1 очереди, складировать во внешний кавальер для последующего использования при устройстве промежуточной изоляции при заполнении 4 и 5 очередей формирования полигона.

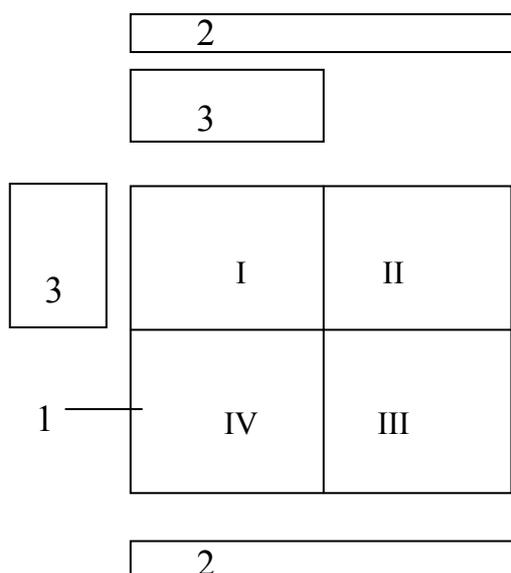


Рис. 4.7. Схема расположения кавальеров плодородного и минерального грунтов (начало эксплуатации 1 очереди полигона): I-IV – очереди заполнения полигона; 1 - полигон захоронения ТБО; 2 - кавальеры плодородного грунта; 3 - кавальеры минерального грунта.

#### **4.3.2. Проектирование кавальеров для складирования плодородного и минерального грунта.**

##### **а) Определение параметров кавальеров плодородного грунта**

Плодородный слой снимают со всей площади участка складирования.

Объём растительного грунта определяют:

$$V_p = \Phi_{yc} \times h_p \times k_p = 204304 \times 0,25 \times 1,23 = 62823 \text{ м}^3,$$

где  $h_p$  - толщина растительного слоя, м ( $h_p=0,25$  м из задания, табл. 1);  $k_p$  - коэффициент разрыхления,  $k_p=1,22 \dots 1,24$ , (принимается по ЕниР).

Длина кавальера:

$$L_{KB}^p = 2 \times L_{yc} = 2 \times 452 = 904 \text{ м, (рис. 4.8.)}$$

Площадь поперечного сечения кавальеров растительного грунта составит:

$$F_{KB}^p = V_p / L_{KB}^p = 62823 / 904 = 69,5 \text{ м}^2.$$

Принимаем поперечное сечение кавальера в виде трапеции высотой  $H_{KB}^p$  до 4 м и коэффициент заложения откосов -  $m=3$  (рис. 4.8.). Используя формулу трапеции  $F_{KB}^p = (B_{KB}^p + b_{KB}^p) / 2 \times H_{KB}^p$ , определяют ширину кавальера по низу,

где  $F_{KB}^p$  - площадь кавальера растительного грунта,  $\text{м}^2$ ;  $H_{KB}^p$  - высота кавальера,  $H_{KB}^p = 3$  м;  $B_{KB}^p$  - ширина кавальера по низу, м;  $b_{KB}^p$  - ширина кавальера по верху  $b_{KB}^p = B_{KB}^p - 2m \times H_{KB}^p$ , м.

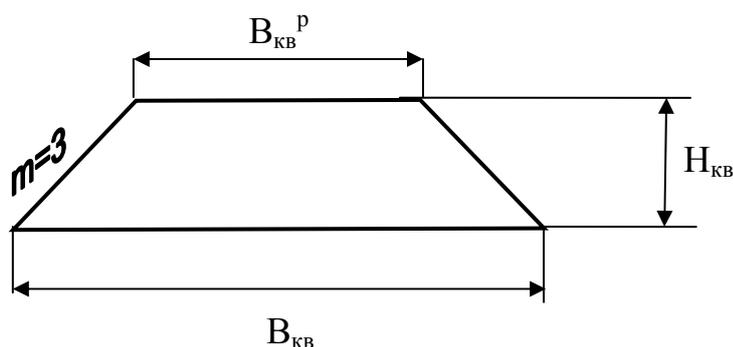


Рис. 4.8. Поперечное сечение кавальеров плодородного и минерального грунтов.

Из условия баланса грунтовых масс  $2F_{KB}^p = (B_{KB}^p + B_{KB}^p - 2m \times H_{KB}^p) \times H_{KB}^p$ , определяют ширину нижнего основания кавальера плодородного грунта:

$$B_{KB}^p = [(F_{KB}^p + m \times (H_{KB}^p)^2) / H_{KB}^p] = (69,5 + 3 \times 3^2) / 4 = 24,1 \text{ м.}$$

Далее рассчитывают ширину верхнего основания кавальера:

$$b_{KB}^p = B_{KB}^p - (2 \times m \times H_{KB}^p) = 24,1 - (2 \times 3 \times 3) = 6,1 \text{ м.}$$

Размеры кавальеров плодородного грунта позволяют их разместить с двух сторон участка складирования ТБО, рис. 4.7.

#### **б) Определение параметров кавальеров минерального грунта.**

Грунт из котлована 1-й очереди используют для изоляции ТБО, укладываемых в период эксплуатации IV и V очередей заполнения полигона. Для этих же целей

складируют избыточный минеральный грунт из котлованов II, III и IV очередей строительства полигона.

Объём минерального грунта разрабатываемого в котловане 1 очереди строительства полигона составит:  $v_{г}^{оч} = \frac{V_{г}}{4} = \frac{527550}{4} = 131887,5 \text{ м}^3$ . Объем грунта, укладываемого во временные кавальеры с учетом его разрыхления, составит -  $V^{мин 1 оч.} = v_{г}^{оч} \cdot k_p = 131887,5 \cdot 1,23 = 162221 \text{ м}^3$ . Тогда длина кавальеров минерального грунта:

$$L^{мин}_{кв} = L_{yc}/2 + B_{yc}/2 = 452/2 + 452/2 = 226 + 226 = 452 \text{ м.}$$

Площадь поперечного сечения кавальера минерального грунта:

$$F^{мин}_{кв} = V^{мин 1 оч.} / L^{мин}_{кв} = 162221 / 452 = 358,9 \text{ м}^2$$

Принимаем поперечное сечение кавальера в виде трапеции высотой  $H^{мин}_{кв} = 4 \text{ м}$ , с заложением откосов  $m=3$ , (рис. 4.8.).

Параметры кавальера для минерального грунта определяют по тем же зависимостям, что и для кавальера для плодородного грунта.

$$B^{мин}_{кв} = [(F^{мин}_{кв} - m \times (H^{мин}_{кв})^2) / H^{мин}_{кв}] / 4 = (358,9 - 3 \times 4^2) / 4 = 77,8 \text{ м,}$$

$$b^{мин}_{кв} = B^{мин}_{кв} - (2 \times m \times H^{мин}_{кв}) = 77,8 - (2 \times 3 \times 4) = 53,8 \text{ м.}$$

Размещаем 2 кавальера минимального грунта длиной по 226 м с двух сторон участка складирования ТБО 1-ой очереди эксплуатации полигона, рис.4,7.

#### **4.4. Прогноз техногенного влияния полигона ТБО на компоненты природной среды. Инженерные решения защиты окружающей среды**

Места захоронения твердых бытовых отходов (ТБО) является источником распространения загрязняющих веществ в компоненты природной среды, оказывая вредное воздействие на них в течение длительного периода времени. С существованием опасности бесконтрольного загрязнения окружающей среды связано понятие экологического риска.

Основные мероприятия по минимизации экологического риска и предотвращению необратимых последствий для окружающей среды основаны на следующих принципах: правильного выбора места для размещения полигонов; создания технологического и технического оформления полигонов, предотвращающих проникновение загрязняющих веществ в компоненты окружающей среды (элементов искусственной защиты); проведения контроля качества складированных отходов и мониторинга за окружающей средой.

Возможный ущерб окружающей среде от функционирования полигонов ТБО обусловлен образованием фильтрата и биогаза в толще свалочного тела. Фильтрат, проникая в породы зоны аэрации и грунтовые воды, загрязняет их. Стекающие

поверхностные воды с полигона на рельеф местности загрязняют почвы. С поверхностным и грунтовым стоком фильтрат поступает в водные объекты, загрязняют и их. В результате биохимических процессов в свалочных грунтах образуется биогаз, который при выходе на поверхность загрязняет атмосферный воздух, и что нередко приводит к возгоранию отходов на свалках и полигонах. Пожары на свалках и полигонах отравляют атмосферный воздух.

Для исключения возможного загрязнения горных пород зоны аэрации и подземных вод существуют два подхода:

- недопущение попадания излишнего количества влаги в тело полигона;
- защита грунтовых вод посредством правильного гидрогеологического обоснования выбора места для размещения полигона, устройство водонепроницаемого основания полигона, сбор и очистка удаляемых дренажных вод.

Под первым подходом имеется в виду: перехват поверхностного стока со стороны водосбора с помощью строительства нагорных каналов; понижение грунтовых вод с применением ловчих каналов; перекрытие заполненных участков или очередей полигона водонепроницаемым слоем.

Второй подход подразумевает создание условий для исключения проникновения дренажных вод (фильтрата) в грунтовые воды подразумевает: создание противofильтрационного экрана в основании полигона; устройство дренажной системы для отвода фильтра из толщи свалочного тела; создание системы очистки фильтрата на локальных очистных сооружениях или вывоз его на централизованные очистные сооружения.

Газ, образующийся в толще свалочного тела при складировании ТБО на полигонах, в своем составе содержит множество загрязнений. На 98% он состоит из метана и диоксида углерода. Биогаз обладает выраженным токсичным действием и неприятным раздражающим запахом.

Для минимизации отрицательного воздействия его на окружающую среду и на здоровье человека проводят дегазацию свалочного тела полигона. Чаще дегазацию полигонов осуществляют методом откачки биогаза через систему горизонтально проложенных перфорированных труб в теле полигона, соединенных с вертикальными колодцами (коллекторами). Газ, собранный системой таких колодцев, сжигают через факел.

На полигонах возникают стихийно пожары из-за саморазогрева мусорной массы в результате процессов биохимического разложения органического вещества, причем горят как сам мусор, так и выделяющийся из отходов полигона биогаз.

Для тушения пожаров на полигонах используют огнетушители и другие предусмотренные нормативами средства противопожарной безопасности.

Для предотвращения выноса легких фракций складированного мусора (бумага, полимерная пленка и др.) за пределы участка складирования его территорию огораживают защитной сеткой из тонкой проволоки. Раз в неделю работники полигона собирают мусор, вынесенный сильными порывами ветра через заграждение.

Для борьбы с крысами на территории полигона устанавливают "кормушки" в виде отрезка трубы, в которые закладывают приманку, отравленную ядом замедленного действия. Отравляющий эффект воздействует на крыс в течение нескольких суток с целью исключения возможности передачи информации отравившимися особями другим, чем именно они отравились. В результате такой операции наблюдается практически полное истребление крыс на территории полигонов.

Для предотвращения размножения болезнетворных микробов и простейших микроорганизмов в массе захороненных отходов на полигонах запрещено производить захоронение больничных, ветеринарных и биологических отходов - для них предусматриваются термические методы их обезвреживания.

#### **4.5. Защитные экраны полигонов**

##### **4.5.1. Общие положения**

Защита горных пород зоны аэрации, подземных и поверхностных вод от загрязнения в период эксплуатации полигона достигается благодаря наличию естественного геохимического барьера или искусственно создаваемому защитному экрану, устраиваемому в основании полигона с дренажной системой сбора и удаления фильтрата, а также системы выполнения послойной изоляции ТБО связным грунтом. После окончания эксплуатации полигона и его закрытия, охрану горных пород зоны аэрации, грунтовых и поверхностных вод, атмосферного воздуха осуществляют устройством верхнего перекрытия (защитного экрана поверхности полигона) в сочетании с защитным экраном и системой сбора и удаления фильтрата в основании полигона.

Защитные экраны основания и поверхности полигона - это конструктивные элементы, обеспечивающие природоохранные функции.

Срок службы защитных экранов определяется как периодом эксплуатации полигона (заполнение полигона до проектной вместимости полигона), что составляет 15...30 лет, так и пассивным периодом, когда полигон закрыт и не принимает отходы. Однако в теле полигона после его закрытия и рекультивации протекают активно аэробные и анаэробные процессы разложения органического вещества, сопровождающиеся образованием биогаза и фильтрата, и, следовательно, веществ, представляющих угрозу окружающей среде. Длительность этого периода определяется морфологическим составом отходов, климатическими условиями и другими факторами, и по оценкам различных авторов этот период составляет от 30 до 100 лет. Таким образом, срок службы защитных экранов полигонов ТБО должен составлять от 45 до 100 лет.

Элементы защитных экранов основания и поверхности полигона находятся в непосредственном контакте с агрессивной средой - фильтратом и биогазом. Поэтому при подборе материалов для выполнения этих конструкций следует оценивать их устойчивость к агрессивным средам.

Для устройства защитных экранов применяют сертифицированные материалы.

Противофильтрационный экран в основании полигона совместно с защитным экраном, устраиваемым при перекрытии верха полигона после окончания его эксплуатации, образуют замкнутую систему типа «саркофаг». В роли противофильтрационного экрана могут выступать природные (естественные) геохимические барьеры и искусственные барьеры, выполняемые в виде глиняного замка или экрана, выполняемого из геосинтетических материалов.

#### **4.5.2. Природные геохимические барьеры**

Природными геохимическими барьерами называют естественное грунтовое основание, которое обладает достаточными противофильтрационными свойствами, мощность слоя которого обеспечивает нераспространение загрязняющих веществ в горные породы зоны аэрации и грунтовые воды. Подобными свойствами обладают глины с коэффициентом фильтрации  $k_f < 10^{-7}$  м/с. Минимальная мощность природного геохимического барьера должна быть не менее 1...3 м.

В случае отсутствия подобных пород в основании проектируемого полигона то устраивают глиняный замок или противофильтрационный экран.

#### **4.5.3. Противофильтрационные экраны в основании полигона, выполняемые в виде глиняного замка**

Основное функциональное назначение противофильтрационной защиты основания полигона - создание искусственного барьера, препятствующего проникновению фильтрата в породы зоны аэрации и грунтовые воды. В целях обеспечения экологической безопасности барьер должен включать противофильтрационные и дренажные элементы, позволяющие собрать и отвести фильтрат. На рис. 4.10 приведена конструкция глиняного замка, устраиваемого в основании полигона.

Для устройства глиняного замка используют глины с коэффициентом фильтрации  $K_{\phi} \leq 1 \times 10^{-9}$  м/с при градиенте напора  $I = 30$ .

Глиняный замок (экран) должен быть построен с уклоном, обеспечивающим отвод фильтрата в систему дрен, расположенных по верху глиняного экрана.

Коэффициент фильтрации определяется на основе лабораторных испытаний проб взятых непосредственно из конструкции защитного экрана.

Для предохранения глиняного экрана от растрескивания или размягчения, его возводят небольшими участками, которые надежно защищают дренажным слоем. Дренажный слой должен быть уложен сразу по окончании строительства части экрана.

Назначение дренажной системы – отвод фильтрата с поверхности глиняного экрана, что должно сводить к минимуму возможность просачивания фильтрата через глиняный замок.

Дренажная система для сбора и отвода фильтрата состоит из следующих элементов:

- дренирующий слой по верху глиняного экрана;
- система дрен для отвода фильтрата.

Для дренирующего слоя применяют гравий (гальку) изверженных горных пород с размером фракций 16...32 мм, обеспечивающих коэффициентом фильтрации  $K_{\phi} \geq 10^{-3}$  м/с.

Система дрен для сбора и отвода фильтрата выполняется в виде системы первичных и пластовых дрен.

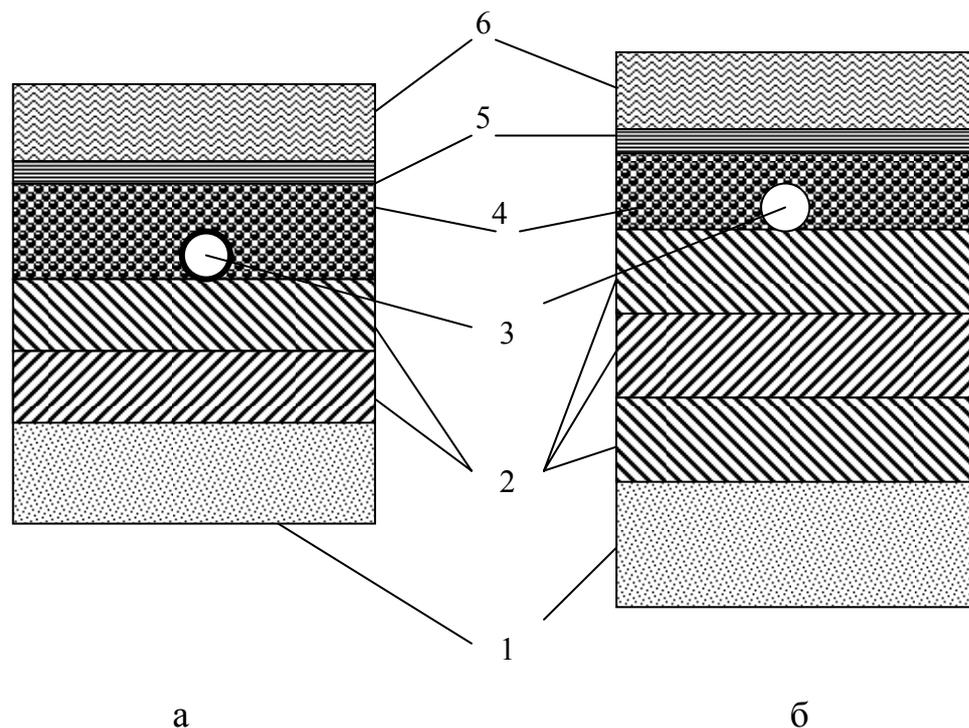


Рис. 4.10. Конструкция глиняного замка, устраиваемого в основании полигона: а – первого класса; б – второго; 1 – горные породы основания полигона; 2 - глиняный замок (два или три слоя уплотненной глины по 0,25 м каждый с  $K_{\phi} \leq 1 \times 10^{-9}$  м/с); 3 - дренажная труба  $\varnothing$  0,1 м; 4 - дренирующий слой из гальки, 0,3 м; 5 переходный слой, выполняемый отсыпкой минерального несвязного грунта 0,2 м; 6 - первый слой ТБО.

#### **4.5.4. Противофильтрационные экраны в основания полигона, выполняемые с использованием геосинтетических материалов**

Конструкция противофильтрационного экрана, устраиваемого по основанию и внутренним откосам котлована, выполняется из геосинтетических материалов и конструктивно выглядит следующим образом: спланированное основание дна и внутренних откосов котлована; слой бентофикса, 7 мм; слой карбофола, 2,5 мм; слой секутекса. По их верху отсыпают укрывающий слой из крупнозернистого песка, 0,30 м, рис. 4.11.

Бентофикс - универсальный изолирующий материал, выполненный на минеральной основе (бентонит). Геосинтетическое покрытие на минеральной основе из армированного волокна представляет собой самоизолирующую защитную мембрану с комбинированной структурой. Натуральный натриевый бентонит абсорбирует воду внутри кристаллов и влагонасыщается, благодаря чему закрываются остаточные пространства пор минерала, после чего коэффициент фильтрации составляет  $10^{-9}$  м/сек.

Карбофол - изолирующее полимерное покрытие, изготовленное из полиэтилена высокой плотности низкого давления. Геомембраны из карбофола обеспечивают полную изоляцию от просачивания различных жидкостей, в т.ч. токсичных.

Секутекс - иглопробивной штапельно-волоконный нетканый геотекстильный материал, используемый в качестве защитного слоя.

Укрывающий слой из крупнозернистого песка с максимальным диаметром частиц не более 0,5 мм одновременно выполняет функцию дренажного слоя. В слое крупнозернистого песка в последствии устраивается дренажная система для удаления фильтрата, состоящая из дренажных труб, обсыпанных гравийной смесью.

По верху дренажного слоя отсыпают переходный слой из песка толщиной не менее 0,15 м.

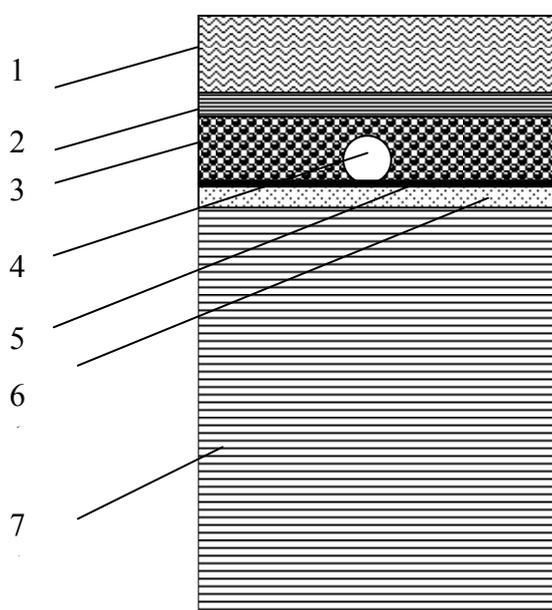


Рис. 4.11. Конструкция противодиффузионного защитного экрана, выполняемого из геосинтетического материала в основании полигона: 1 - слой ТБО; переходный слой из песчаного грунта, 0,2 м; 3 – укрывающий слой из крупнозернистого песка, 0,30 м; 4 - дренажная труба Ø 0,1 м; 5 – геосинтетики (бентофикс, карбофол, секутекс); 6 – выравнивающий слой песка, 0,15 м; 7 – грунты основания полигона

Используемые при устройстве противодиффузионных экранов геопластики должны быть устойчивыми к химической и биологической агрессии, обладать достаточной прочностью на растяжение, пластичностью и долговечностью, а также устойчивостью относительно воздействия грызунов.

#### 4.6. Устройство противofильтрационных экранов полигона ТБО.

##### 4.6.1. Пример устройства нижнего глиняного противofильтрационного экрана (в котловане)

Исходя из гидрогеологических условий (задания на проектирование - табл.2.), основание полигона составляют грунты представленные легким суглинком с  $k_f=0,2$  м/сут= $2,4 \times 10^{-6}$  м/с, грунтовые воды расположены на глубине  $h_{гв}= 4,8$  м. Гидрогеологические условия участка строительства не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к естественным геохимическим барьерам.

Поэтому принимается решение строительства нижнего противofильтрационного экрана, имеющего конструкцию, приведенную на рис. 4.10,б.

При разработке грунта в основании полигона дну котлована придают уклон  $i=0,02$  в сторону общего понижения рельефа местности. На спланированной поверхности дна котлована возводят нижний противofильтрационный экран - глиняный замок, состоит из 3<sup>х</sup> слоев глины по 0,25 м каждый, с коэффициентом фильтрации  $K_f \leq 1 \times 10^{-9}$  м/с, уложенных послойно с уплотнением каждого слоя.

Поверх глиняного противofильтрационного экрана укладывают дренарующий слой, покрывающий весь участок противofильтрационного экрана, толщиной 0,3 м, отсыпкой дренажной гальки. Дренарующий слой направляет фильтрат к системе дрен, а также защищает глиняный экран от неблагоприятных погодных условий.

Поверх дренающего слоя укладывают переходный слой отсыпкой песка толщиной до 0,2 м. По верху переходного слоя начинают отсыпать отходы.

##### 4.6.2. Пример устройства нижнего противofильтрационного экрана из рулонных геосинтетических материалов (в котловане)

На рис. 4.12 технологическая схема устройства противofильтрационного экрана, в основании полигона из геосинтетических материалов. Закрепление геосинтетической мембраны, уложенной по дну и откосам котлована, анкерным способом. Для этого по периметру котлована устраивают траншею, размеры которой зависят от длины откоса котлована и ширины бермы, табл. 4.4.

Таблица 4.4. Зависимость глубины анкерной траншеи от длины откоса котлована и ширины бермы

Длина откоса котлована А, м	Ширина бермы В, м	Глубина анкерной траншеи С, м
<10	≥ 0,6	≥ 0,6
10...40	≥ 1,0	≥ 0,8
>40	≥ 1,5	≥ 1,0

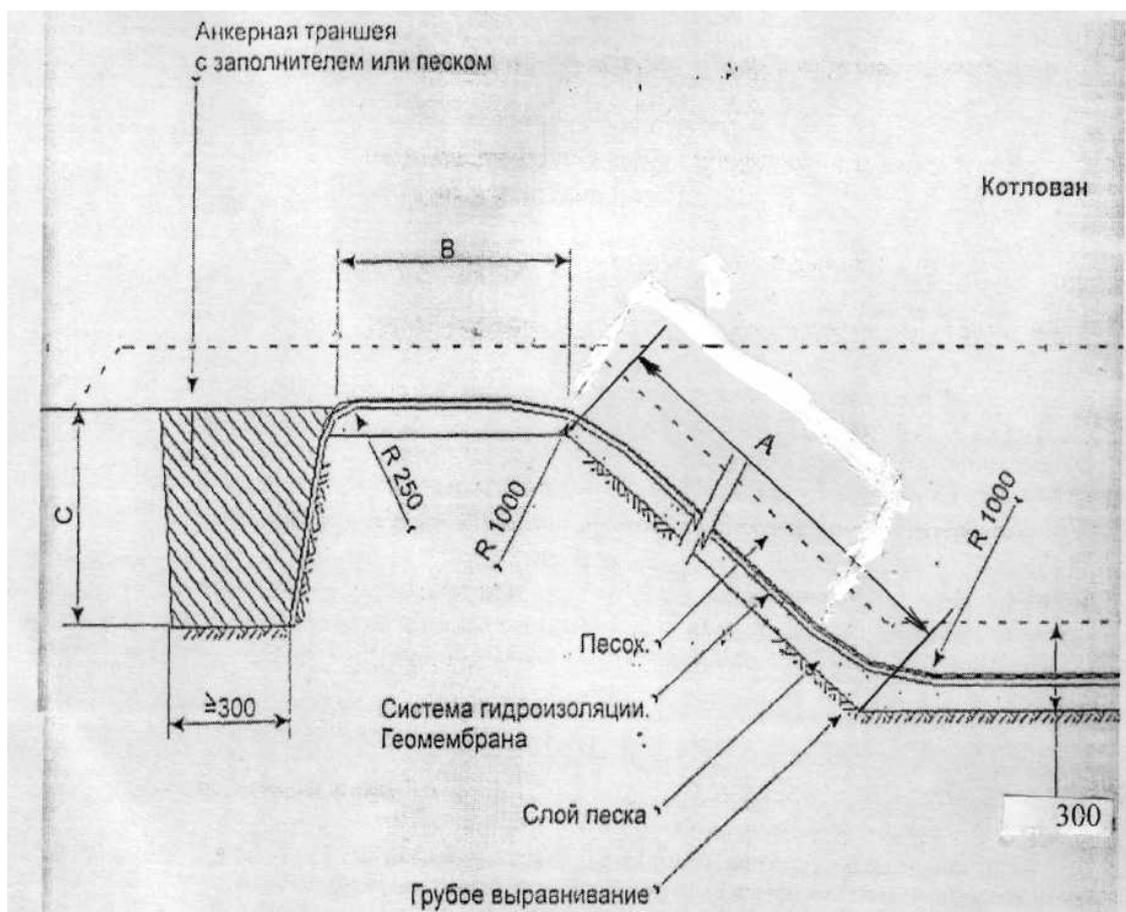


Рис. 4.12. Технологическая схема устройства противодиффузионного экрана в основании полигона из геосинтетических материалов: А – длина откоса котлована; В – ширина бермы; С – глубина анкерной траншеи

Используемые рулонные материалы должны соответствовать нормативным документам (ГОСТ 30547-97) и иметь соответствующие сертификаты фирм-изготовителей.

Геосинтетические маты «БЕНТОФИКС» промаркированы торговым знаком «Бентофикс»®, нанесенным на лицевую поверхность и упакованы в водонепроницаемую запечатанную пластиковую упаковку. Для большинства видов геосинтетических матов «БЕНТОФИКС» требуется бентонитовый порошок и нетканые геотекстильные полосы шириной 20 см, используемые в последствии для заделки швов.

Материал поступает на строительную площадку в рулонах; размер материала в одном рулоне составляет  $4,85 \times 40$  м. Рулоны «Бентофикса»® обычно поставляются на площадку в контейнерах или в грузовиках с открытым верхом. Место разгрузки должно быть сухим, ровным и свободным от посторонних предметов.

Бентонитовый порошок, упакованный в мешки, и нетканые геотекстильные полосы должны быть защищены от дождя и снега.

Для разгрузки и хранения материалов должна быть подготовлена площадка с твердым, сухим и хорошо дренирующим основанием. Размеры площадки должны быть достаточными для хранения заказанного объема противофильтрационных материалов. Рулоны могут выгружаться с помощью: специальных строп, выполненных в виде двух ремней шириной 20 см и более, обернутых вокруг рулона на расстоянии 1/3 ширины от краев рулона, подвешенных к крюку подъемного крана или ковшу экскаватора, таким образом, чтобы исключить повреждение разгружаемых рулонов. Также можно использовать металлическую траверсу или трубу, вставляемую во внутреннюю полость рулона.

Максимальная высота штабелирования - 5 рулонов. Уложенные на складе рулоны должны быть укрыты материалом, защищающим их от дождя, снега и солнечного света. Незначительные повреждения укрывного материала должны заделываться липкой лентой.

Для укладки рулонов требуется следующее оборудование: экскаватор (на гусеничном или колесном ходу); фронтальный погрузчик; приспособление для разгрузки рулонов и транспортировки их по строительной площадке; вода (прицепная цистерна); промышленная дрель с миксерной насадкой; источник электроэнергии (генератор или кабельная линия) для привода дрели; ящик для раствора (примерно на 80 л); ручная тележка; 10-ти литровые ведра-совки; мастерки (кельмы); ножи для резки, электролобзик; маркеры или мел; рулетка; метла; роликовая гладилка.

Качество укладки является главным компонентом достижения изолирующих свойств. Персонал, занятый на производстве работ, должен до начала работ быть проинструктирован о порядке выполнения работ. Желательно присутствие на площадке представителя фирмы с целью получения консультаций.

Геосинтетические маты «Бентофикс» должны укладываться в сухую погоду. В тех местах, где используется бентонитовый раствор для заделки швов, температура воздуха должна быть положительной, укрытие должно производиться защитным слоем из не мерзлого грунта. В случае дождя уложенные рулоны с содержанием в них влаги менее 50% должны быть укрыты защитным слоем грунта.

Перед укладкой геосинтетических матов «Бентофикс» поверхность дна котлована и его откосов должна быть хорошо выровненной, а основание - хорошо утрамбованным, не должно быть мест со стоячей водой. Не должно быть острых выступов и углублений с перепадом высот более 3-х см. Качество уплотнения

основания должно быть таким, чтобы после проезда грузового транспорта не образовывалась колея от колес.

На месте укладки заводская упаковка с рулонов снимается непосредственно перед укладкой. Края рулонов маркируют с нижней стороны цветной линией, отмечающей зону последующего перехлеста рулонов шириной 30см. Далее рулоны раскатывают с помощью траверсы или другого такелажного приспособления таким образом, чтобы напечатанный торговый знак «Бентофикс» был на видимой стороне поверхности. Укладка рулонов может производиться в любом направлении с устройством нахлеста на стыках по принципу укладки кровли в направлении уклона.

Движение транспорта по уложенным геосинтетическим матам запрещено, а хождение по ним должно быть сведено к минимуму.

Рулоны отрезают по длине ножом или электролобзиком. Рулоны должны укладываться без складок, на подготовленное основание с перехлестом минимум 30см в продольном и поперечном направлениях. При продольной укладке цветная линия используется для контроля ширины нахлеста. Нахлест не должен содержать складок и посторонних включений (грунта). Любые частицы грунта на полосе нахлеста должны тщательно сметаться. Все нахлесты должны быть шириной не менее 30см. Все стыки должны заделываться бентонитовым раствором (мастикой).

Разложив верхний на нижний стыкуемые рулоны, рекомендуется провести маркировочную линию на верхней стороне нижнего рулона и использовать ее как границу для нанесения бентонитовой смеси. После нанесения разметки верхний рулон откидывается, а на нижний рулон в зоне нахлеста наносят жидкую пасту для закрытия пор в верхнем геотекстильном слое нижнего полотна. Для приготовления раствора используют растворный ящик или ведро наполненное водой, в который затем добавляют бентонитовый порошок в соотношении 6 частей воды на 1 часть порошка, и тщательно перемешивают. Для перемешивания применяют дрель с миксерной насадкой. Далее приготовленную пасту наносят совком или мастерком на раскрытый стык. Пасту наносят 20-ти см полосой на геотекстильную поверхность нижнего полотна на расстоянии 15 см от края с распределением ее мастерком или совком с захватом 5-ти см зоны за границей стыка. Далее приготавливают густую бентонитовую пасту в соотношении 3...4 части воды на 1 часть бентонита, которая предназначена для заполнения пустот и зоне нахлеста верхнего покрытия, и готовится аналогично предыдущей. Густая паста наносится поверх грунтовки слоем толщиной около 1см и сразу же разравнивается аналогично грунтовке: 20-ти см полосой на расстоянии 15см от

края с захватом 5 см зоны за границей стыка. После этого, завернутый край верхнего полотна возвращается на место, и утапливается в слой густой пасты для обеспечения равномерного контакта. Недопустимо оставлять сгибы или волны, поскольку они могут создавать пути для проникновения влаги. Край стыка заделывается густой бентонитовой пастой толщиной 1-2 см равномерно шириной 10 см без пропусков. После нанесения пасту заглаживают.

Для предотвращения загрязнения бентонитовой пасты в зоне стыка ее немедленно укрывают неткаными полосами, входящими в поставку, которые укатывают роликовой гладилкой. В местах Т-образных и перекрестных стыков нетканые полосы должны располагаться над стыком, а не внутри его.

В местах повреждений геосинтетических матов «Бентофикс» накладывают дополнительный слой из аналогичного материала (в виде заплатки). Размеры ее должны быть больше на 0,5 м габаритов поврежденного участка во всех направлениях.

Материал «Бентофикс», обладая противодиффузионными свойствами, выполняет роль подстилающего элемента для последующих слоев, выполняемых из «Карбофола» и «Секутекса». В связи с этим устройство слоя из «Бентофикса» должно опережать работы по укладке и сварке рулонов полотнищ, выполняемых из материала «Карбофол», на объем работ двух смен.

Укладку противодиффузионного экрана из материала «Карбофол» выполняют при температуре воздуха не ниже  $-5^{\circ}\text{C}$ . Все работы по сооружению пленочной гидроизоляции должны оформляться соответствующими актами освидетельствования скрытых работ. «Карбофол» поставляют в рулонах  $9,4 \times 200\text{ м}$ . Рулоны «Карбофола» поставляют в трейлерах. Для хранения должна быть ровная, свободная от острых предметов площадка.

Перед укладкой пленочного материала «Карбофол» на поверхности уложенного слоя из «Бентофикса» должны отсутствовать предметы, которые могли бы повредить как слой из «Бентофикса» так и «Карбофола».

Сварку уложенных пленочных полотнищ производят при температуре воздуха не ниже  $5^{\circ}\text{C}$ . Сварочные швы ориентируют вдоль, а не поперек склона котлована. Все горизонтальные швы на дне котлована располагают не менее 0,5 м от подошвы склона.

Соединение пленочного материала в единое полотно производят контактной или экструзионной сваркой внахлест или с образованием Т-образного шва. Прочность шва должна составлять не менее 80% прочности свариваемого материала.

При выполнении контактной сварки предусматривают двойной шов с каналом для испытания герметичности шва. Процесс контактной сварки рулонных пленочных материалов включает раскатку рулонных материалов с укладкой их внахлест с перекрытием краев 10...15 см, без складок. Далее очищают сварочную полосу вдоль кромок от влаги, грязи. После этого сварочный аппарат располагают в начале свариваемого шва и его включают. Аппарат, перемещаясь вдоль кромок раскатанных рулонов, выполняет их сварку.

При экструзионной сварке полимерный материал в расплавленном состоянии под давлением подается в зону сварного шва, приводя полимерный материал на линии шва в вязко текучее состояние, и за счёт избыточного давления происходит их соединение.

Для более качественной сварки свариваемый материал предварительно подогревают.

Перед сваркой полимерные полотна укладывают внахлест с перекрытием кромок краев на 10...15 см. Кромки свариваемых полос должны быть очищены от влаги и грязи, их поверхность на расстоянии не менее 10 мм от края шва должна быть обработана абразивным инструментом. Обработку следует производить не более чем за 0,5 часа до начала сварочных работ. Глубина шлифа должна быть не более 10% от толщины листа. Далее подготавливают сварочный аппарат к работе, освобождая рабочую поверхность от расплава, и ведут сварку полотен.

Рекомендуемые режимы сварки пленочных гидроизоляционных материалов.

	Сварка горячим клином	Сварка горячим воздухом
Температура нагревателя, °С	280-400	350-450
Сварочное давление, н	20	20
Скорость сварки м/мин	0,54...2,5	0,5...2,5

Для испытания шва на прочность используют образцы сварного шва шириной от 20 до 50 мм. Шов признаётся прочным, если вытягивание одного из сваренных полотен происходит не по шву, и сваренные материалы не расходятся.

Проверка герметичности шва производится путем подачи избыточного давления воздуха в сварочный канал. Шов считается герметичным, если через 10 мин давление упадёт не более чем на 20%.

Укладка пленочных гидроизоляционных полотнищ не должна производиться во время сильных ветров и интенсивных атмосферных осадков.

Механизмы и оборудование, применяемые при укладке рулонных материалов, не должны повреждать поверхности как пленочного материала «Карбофол» так и материала «Бентофикс».

«Секутекс» иглопробивной штапельно-волокнистый геотекстильный материал поступает в рулонах массой до 100 кг. Специальных машин и оборудования для его укладки не требуется. Достаточно рулоны развернуть на месте укладки непосредственно перед устройством укрывающего слоя.

В связи с высоким коэффициентом парусности пленочных материалов для исключения воздействия ветра, необходимо временно их пригружать мешками с песком или другим материалом. Запрещается движение транспорта по уложенному пленочному материалу.

Ежедневно после укладки и приемки выполненной за смену работы экран из геосинтетического материала укрывают слоем грунта толщиной не менее 0,3 м с максимальным размером частиц 16 мм или с максимальным размером каменных включений не более 32 мм коэффициентом неоднородности  $>5$ .

Отсыпка и последующее разравнивание защитного слоя производится бульдозером, например, Т-130. Заезд загруженных материалами самосвалов и бульдозеров на защитный слой допускается только в том случае, если толщина слоя составляет не менее 0,3 м.

Движение бульдозера при отсыпке и разравнивании защитного слоя должно производиться вдоль соединительных швов.

При устройстве защитного слоя на откосе движение бульдозера по плоскости откоса допускается только снизу вверх при условии, что уклон откоса соответствует паспортным параметрам бульдозера, а толщина защитного слоя составляет не менее 0,3 м.

При составлении схемы движения машин и механизмов на карте экранирования по защитному слою следует предусматривать, что бы развороты бульдозера не превышали  $15^\circ$ . При этом развороты бульдозера на одной гусенице запрещаются.

Работы по выполнению защитного слоя не должны отставать от работ по укладке и сварке пленочных полотнищ более чем на 72 часа.

для Крепление многослойного пленочного гидроизоляционного экрана осуществляют устройством на берме котлована анкерной траншеи после окончания укладки защитного слоя на откосе.

#### **4.7. Внутренний дренаж и система удаления фильтрата. Пример расчета**

##### **4.7.1. Общие положения проектирования дренажа**

Система сбора фильтрата решает его отведение по дну котлована в изолированные водоприемные емкости, расположенные за пределами насыпи отходов (площадки складирования), рассчитанные на периодическую их откачку и вывоз на ближайшие очистные сооружения. Компонентами системы сбора фильтрата в основании котлованов являются: рельеф поверхностей котлована; отходы; противофильтрационный экран; трубчатая дренажная сеть с щебеночной обсыпкой; приемные колодцы.

Исходя из опыта проектирования и эксплуатации полигонов захоронения ТБО, параметры дренажной сети принимают конструктивно с последующей проверкой их расчетным путем.

Дренажная сеть состоит из следующих элементов:

- системы дрен, уложенных поверху водонепроницаемого экрана, и обсыпанных гравийно-песчаной смесью по методу обратного фильтра, рис.4.14;

дренирующего слоя, отсыпанного между дренажными трубами и по их верху. Систему дрен в котловане устраивают отдельно для каждой очереди эксплуатации полигона первого яруса. Каждая дренажная сеть в котлованах состоит из двух взаимно перпендикулярных коллекторов и входящих в них дрен-собираателей. При этом один из коллекторов соединен с резервуаром накопителем, вынесенным за пределы карт отсыпки, рис. 4.13.

Коллекторы и дрены выполняют из перфорированных труб. Оптимальное расстояние между дренами принимают 50...70 м. Дренажные трубы выполняют из полиэтилена высокого давления, устойчивыми к агрессивной среде фильтрата и достаточно прочными, чтобы воспринимали давление выше уложенных отходов и динамическую нагрузку от работающей техники. Использование бетонных труб для устройства дренажа не рекомендуется, так как опыт эксплуатации полигонов показал, что бетон не устойчив в агрессивной среде образующегося фильтрата.

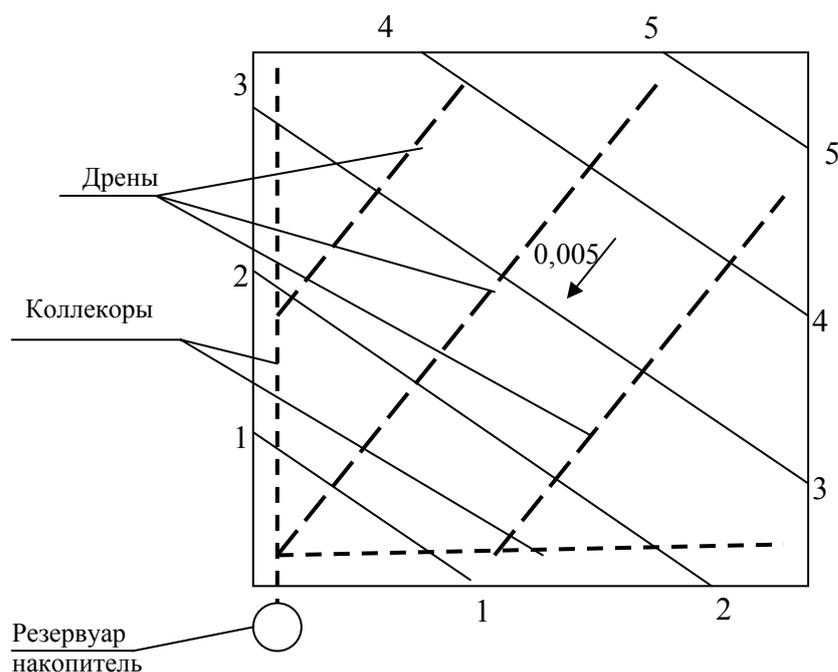


Рис. 4.13. Компонка дренажной сети в котловане первой очереди эксплуатации полигона: 1-1,...,5-6 – горизонталь поверхности дна котлована после устройства противофильтрационного экрана

В процессе разработки грунта в котлованах поверхности оснований выполняют наклонными, сходящимися в одной точке с минимальной отметкой в каждом котловане. Уклон принимают не более 0,005. Далее на спланируемой поверхности основания устраивают нижний противофильтрационный экран и по его верху укладывают дренажные трубы. Диаметр коллекторных труб принимают равным 150 мм, а дренажных труб - 100 мм. Уклоны дрен и коллекторов принимают конструктивно в соответствии со спланированным основанием. Монтаж перфорированных труб ведут вручную параллельно с их щебеночной обсыпкой. Для выполнения щебеночной обсыпки можно использовать легкий одноковшовый погрузчик. Для щебеночной обсыпки следует использовать щебень округлой формы диаметром 40...70 мм.

Дренажные трубы, уложенные по верху противофильтрационного экрана, обсыпают гравийно-песчаной смесью по методу обратного фильтра. Толщина обсыпки должна быть в 2 раза больше диаметра трубы.

Конструкция коллектора и дрены приведена на рис. 4.14.

Далее формируют дренажный слой путем отсыпки крупнозернистого песка между коллекторными и дренажными трубами. По верху дренажного слоя формируют переходный слой из песка. После этого укладывают отходы. Дренажный

слой предназначен для быстрого отведения фильтрата к дренажным трубам. Поверхность дренажного слоя параллельна спланированной поверхности дна котлована.

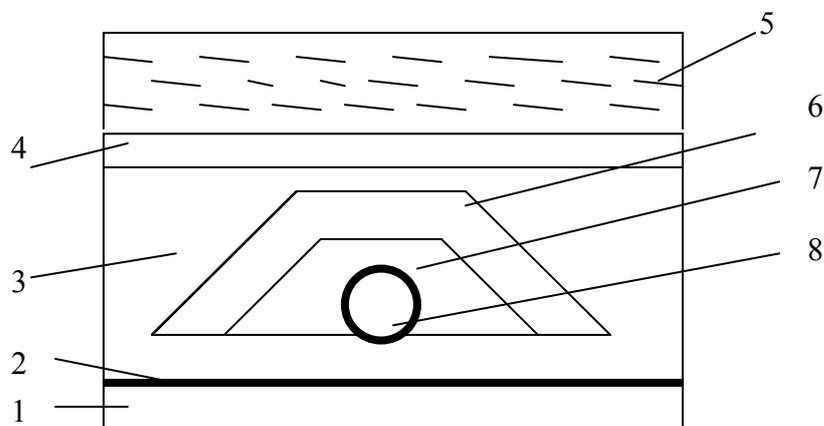


Рис. 4.14. Конструкция дрены: 1 – выравнивающий слой; 2 - противофильтрационный экран, уложенный на выровненную и спланированную поверхность основания под проектный уклон; 3 – защитный слой из крупнозернистого песка; 4 – переходный слой из песка; 5 – отходы; 6, 7 – два слоя гравийно-щебеночная обсыпка дренажных труб по методу обратного фильтра; 8 - дренажная труба;

Фильтрат, образующийся в свалочном теле, по дренам поступает в коллекторы, один из которых соединен с колодцем - приемником фильтрата. Проходка коллектором противофильтрационного экрана показана на рис. 4.15. Приемные колодцы устанавливают вне котлованов и соединяют с коллектором, рис 4.16. Они состоят из типовых железобетонных элементов и чугунных смотровых люков с крышками. Спецификация железобетонных элементов колодцев приведена в табл. 4.5.

При монтаже колодцев используют цементный раствор М200. Для спуска в колодец должно быть предусмотрено устройство лестниц в виде забивных металлических скоб. В крышках колодцев необходимо предусмотреть отверстие диаметром 250 мм для опускания погружного насоса. Колодцы монтируют в заранее подготовленные котлованы.

Все наружные и внутренние железобетонные поверхности колодцев перед их монтажом необходимо покрыть гидроизоляционным материалом, устойчивым к воздействию кислот и щелочей, например специальной кислотоупорной пленкой ПЭНД толщиной 0,5 мм.

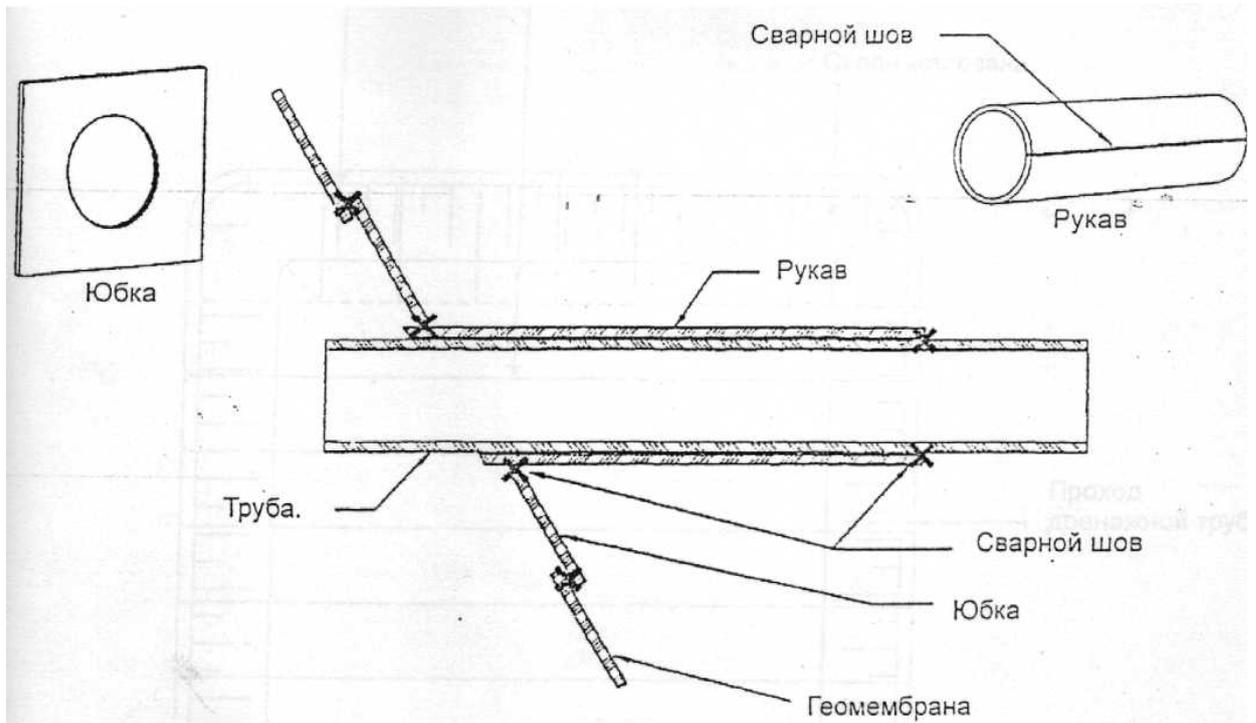


Рис. 4.15. Оформление прохода устьевой трубы через многослойный противофильтрационный пленочный экран

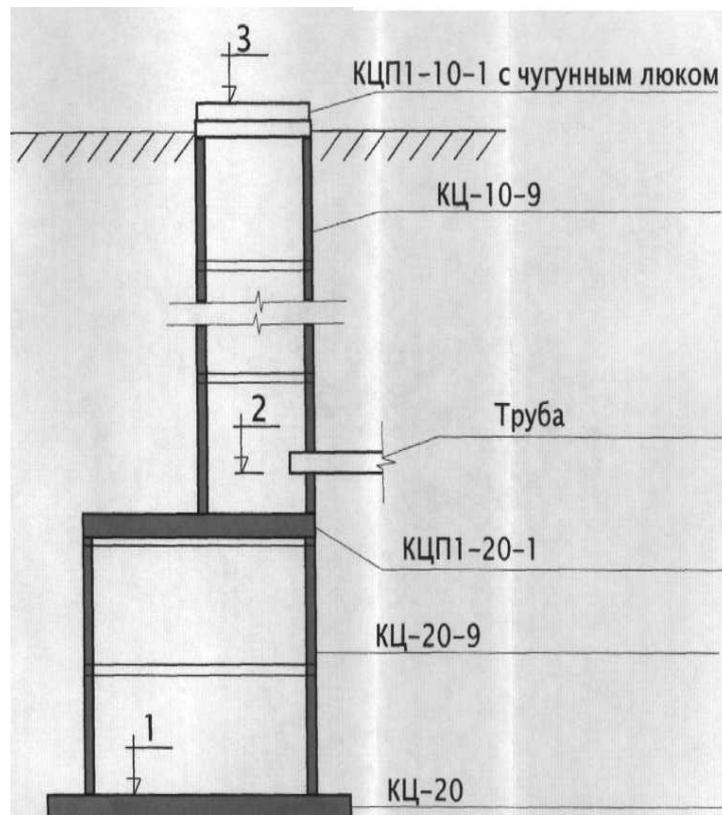


Рис 4.16. Конструкция приемного (устьевого) колодца

Таблица 4.5. Спецификация железобетонных изделий колодцев

Наименование изделия	Марка изделия	Масса, т	Размеры изделия			Количество
			D(d)	H(h)	C(b)	
Плита перекрытия	КЦП1-10-1	0,25	1160	150	150	4
Кольцо стеновое	КЦ-10-9	0,6	1000	890	80	16
Плита перекрытия	КЦП1-20-1	1,28	2200	150	650	4
Кольцо стеновое	КЦ-20-9	1,47	2000	890	100	8
Плита днища	КЦ-20	1,47	2500	120		4

#### **4.7.2. Определение объема фильтрата, удаляемого из свалочного тела в период эксплуатации полигона. Пример расчета**

Фильтрат образуется на участке захоронения отходов в течение теплого и холодного времен года. В теплый период – осадки в виде дождя. Образование фильтрата в холодное время года связано с таянием снега на поверхности уложенных отходов за счет тепла, выделяемого при разложении органического вещества в толще свалочного тела, а также захоронением значительной части выпавшего снега совместно с укладываемыми отходами. Количество фильтрата, образующегося на полигонах, определяется разницей между величиной выпавших осадков и объемом влаги, расходуемой на испарение, достижение отходами полной влагоемкости и на поверхностный сток, рис.4.17.

:Для определения объема фильтрата, удаляемого из свалочного тела в период эксплуатации полигона, необходимы элементы водного баланса 50%-ной обеспеченности: осадки и испарение с водной поверхности. Например, для Карельской республики, в соответствии с исходными данными на курсовое проектирование, осадки составляют  $O=710$  мм; испарение с водной поверхности  $E_0=404$  мм. Таким образом, расчетное значение инфильтрационного питания  $q_{(З/В)}$  за зимне-весенний расчетный период можно определить по следующей зависимости:

$$q_{(З/В)} = [\alpha O_{(З/В)} - E_{(З/В)}] \frac{1}{T_{З/В}},$$

где  $O_{(З/В)}$  – осадки за зимне-весенний расчетный период, приведенные к 10%-ной обеспеченности, мм;  $E_{(З/В)}$  – испарение с поверхности полигона за зимне-весенний расчетный период, мм;  $T_{(З/В)}$  – продолжительность зимне-весеннего периода,  $T_{(З/В)}=180$  дней;  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий долю осадков, впитывающихся в почву в зимне-весенний период,  $\alpha = 0,6$ .

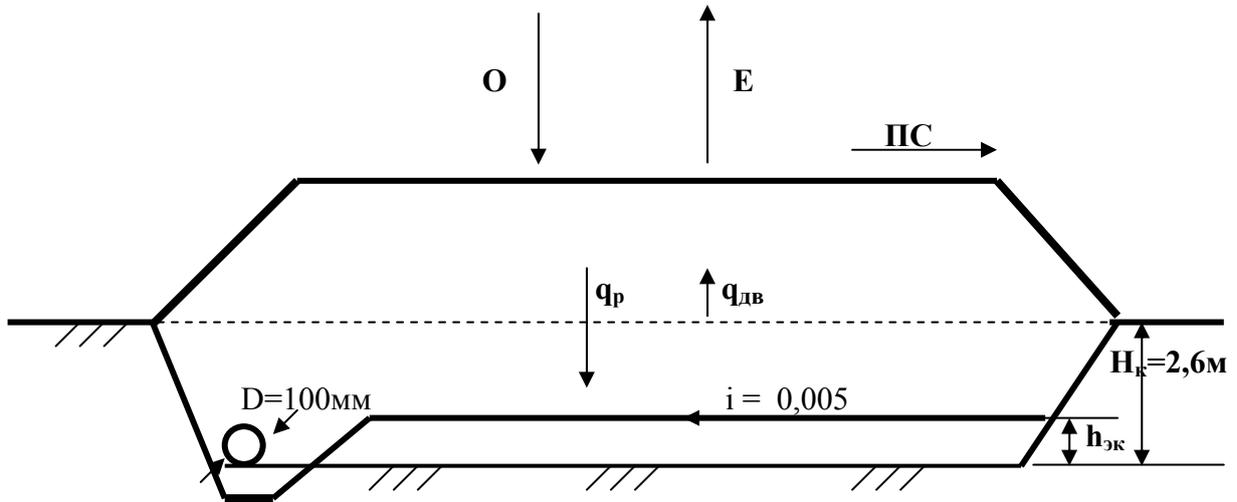


Рис. 4.17. Расчет притока фильтрата к дрене:  $O$  - атмосферные осадки, мм;  $E$  - испарение с поверхности полигона, мм;  $q_p$  - расчетное значение инфильтрационного питания мм;  $q_{дв}$  - дефицит влаги, расходуемой на насыщение отходов до достижения ими состояния полевой влагоемкости, мм; ПС- поверхностный сток, мм.

$$O_{(з/в)} = O \cdot p_1,$$

где  $O$  - среднегодовое значение осадков 50% обеспеченности,  $O=710$  мм (по заданию);  $p_1$  - процентное распределение элементов водного баланса для осадков зимне-весеннего периода,  $p_1=0,37$  (37%).

Испарение влаги за зимне-весенний период определяется по формуле:

$$E_{(з/в)} = E_0 \cdot p_2,$$

где  $E_{(з/в)}$  - испарение с поверхности площадки складирования за зимне-весенний расчетный период, мм;  $E_0$  - величина испарения влаги с водной поверхности 50%-ной обеспеченности ( $E_0 = 404$  мм);  $p_2$  - процентное распределение водного баланса для испарения с водной поверхности за зимне-весенний расчетный период, ( $p_2 = 0,12$ ).

$$O_{(з/в)} = 0,71 \cdot 0,37 = 0,263 \text{ м.}$$

$$E_{(з/в)} = 0,404 \cdot 0,12 = 0,0485 \text{ м.}$$

$$\text{Итак, } q_{(з/в)} = (0,6 \cdot 0,263 - 0,0485) / 180 = 0,00061 \text{ м/сут.}$$

Аналогично рассчитывается инфильтрационное питание за летне-осенний период -  $q_{(л/о)}$ :

$$q_{(л/о)} = [\alpha O_{(л/о)} - E_{(л/о)}] \frac{1}{T_{(л/о)}},$$

где  $O_{(л/о)}$  - осадки за летне-осенний расчетный период, приведенные к 10%-ной обеспеченности, мм;  $E_{(л/о)}$  - испарение с поверхности полигона за летне-осенний расчетный период, мм;  $T_{(л/о)}$  - продолжительность летне-осеннего периода, 185 суток;  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий долю осадков, впитывающихся в почву в летне-осенний период,  $\alpha = 1$ .

$$O_{(л/о)} = O \cdot p_1^* = 0,71 \cdot (1 - 0,37) = 0,4473 \text{ м,}$$

где  $p_1^*$  - процентное распределение элементов водного баланса для осадков в зимне-весеннем периоде, ( $p_1^* = 1 - 0,37 = 0,63$ ).

$$E_{(Л/О)} = E_0 \cdot p_2^* = 0,404 \cdot (1 - 0,12) = 0,356 \text{ м},$$

где  $p_2^*$  - процентное распределение водного баланса для испарения с водной поверхности за зимне-весенний расчетный период, ( $p_2^* = 1 - 0,12 = 0,88$ ).

$$T_{(Л/О)} = 365 - 180 = 185 \text{ суток.}$$

$$\text{Тогда } q_{(Л/О)} = [\alpha O_{(Л/О)} - E_{(Л/О)}] \frac{1}{T_{(Л/О)}} = [1 \cdot 0,4473 - 0,356] \frac{1}{185} = 0,00049 \text{ м/сут.},$$

Если считать, что отходы на полигон поступают равномерно в течение всего года, то величину объема образующегося фильтрата в течение года можно определить по следующей зависимости:

$$Q_{\phi} = [q_{(З/В)} T_{(З/В)} + q_{(Л/О)} T_{(Л/О)}] \Phi_{\text{оч}} - \Delta W P_{\text{сут}} [T_{(З/В)} + T_{(Л/О)}] \gamma_{\phi},$$

где  $\Delta W$  - дефицит влажности отходов, т.е. влага, расходуемая на насыщение отходов до полной полевой их влагоемкости;  $\gamma_{\phi}$  - плотность фильтрата, т/м<sup>3</sup>.

Полная полевая влагоемкость ТБО составляет 30...40 % от объема укладываемых отходов. Вместе с тем, влажность отходов, поступающих на полигоны, в среднем составляет 15...20 % от их объема.

Следовательно, дефицит влажности отходов  $\Delta W$  составит 15% от их объема. Тогда  $Q_{\phi} = [0,00061 \cdot 180 + 0,00049 \cdot 185] 51136 - 0,15 \cdot 167,7 (180 + 185) 1,0 = 1071,2 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Таким образом, годовая величина инфильтрующихся осадков по каждой очереди эксплуатации полигона выше величины водонасыщения отходов, поэтому в проекте необходимо предусмотреть системы откачки фильтрата из приемных колодцев в резервуар накопитель.

#### 4.8. Проектирование системы дегазации полигона. Пример расчета.

В процессе захоронения ТБО на полигонах в атмосферный воздух выделяются загрязняющие вещества, являющиеся продуктом разложения органической составляющей отходов (пищевые и древесно-растительные отходы, макулатура и текстиль). При максимально благоприятных условиях для жизнедеятельности метанообразующих бактерий из каждой тонны ТБО образуется 80...150 м<sup>3</sup> сырого биогаза, имеющего теплотворную способность 18900...25100 кДж/м<sup>3</sup> (4500...6000 ккал/м<sup>3</sup>).

Установлено, что характер процессов разложения отходов в толще свалочного тела полигона: скорость их протекания, количество образующегося биогаза, его свойства, интенсивность и продолжительность выделения на разных стадиях

эксплуатации полигона зависят от множества факторов. Главными факторами являются: климатические и геологические условия; морфологический и химический составы отходов; площадь, объем и глубина (высота) свалочного тела полигона; влажность, плотность, реакция среды рН, температура отходов в теле полигона и другие.

В соответствие с морфологическим составом ТБО (применительно к центральному району), процент отходов, содержащих органическое вещество, составит: пищевые отходы - 35...45, бумага и картон - 32...35, древесина и листва - 1...2, текстиль - 3...5%. Ежегодное поступление ТБО на полигон составляет 61214 т/год. Учитывая морфологический состав поступивших отходов, в их составе, то их ежегодная органосодержащая часть составит  $G=(0,35+0,32+0,01+0,03)61214=43462$  т/год. Принимая величину удельного образования биогаза  $g=80\text{ м}^3/\text{т}$  в результате разложения 1 т органосодержащих отходов, ежегодный объем образования биогаза составит:  $Q_{б/г}=gG=80\cdot 43462=3476960$  м<sup>3</sup>/год.

Как показала практика эксплуатации полигонов ТБО, в первоначальный период их эксплуатации продолжительностью до 2...3 лет, разложение отходов происходит в аэробных условиях с преимущественным образованием СО<sub>2</sub>, и только по истечении этого срока процесс разложения органического вещества становится анаэробным с выделением биогаза.

В процессе эксплуатации полигона часть образующегося в свалочном теле биогаза, по мере его накопления и повышения пластового давления выходит на поверхность полигона. После прекращения эксплуатации полигона и его перекрытия продолжается анаэробное разложение отходов с выделением биогаза. Этот период может составлять около 10 лет. Поэтому необходимо предусмотреть дегазацию полигона. Существует пассивная дегазация (организованный выпуск биогаза в атмосферный воздух) и активная дегазация (путем принудительной его откачки) для последующего использования в энергетических целях.

Для последующего использования биогаза в энергетических целях требуется наличие достаточного количества и стабильного давления. Обычно образование биогаза на полигонах характеризуется непостоянством объема и низким давлением (30...40 мм вод ст). Кроме того, при активной дегазации происходит подсос воздуха, что чревато реальной опасностью взрыва газовой смеси.

По этому при выполнении окончательной рекультивации полигона перед созданием верхнего полупроницаемого экрана необходимо предусмотреть устройство дренажной системы для сбора и удаления биогаза в атмосферу через специальные

вертикальные выпуски. Дренажная сеть представляет собой газосборные каналы, устраиваемые в верхней толще уложенных отходов последней очереди эксплуатации полигона. Поперечное сечение траншей назначают конструктивно из условия обеспечения скорости движения газа в дренажном газопроводе не выше 0,1 м/с. Учитывая ежегодный объем образования биогаза 3476960 м<sup>3</sup>/год и допустимую скорость движения биогаза 0,1 м/с, определяем суммарное сечение газосборных траншей:

$$F = \frac{3476960}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,1} = 1,1 \text{ м.}$$

прямоугольной формы (глубиной - 0,5 м и шириной - 0,4 м), потребуется устройство

$$n = \frac{1,1}{0,2} = 5,5 \text{ (6) траншей.}$$

Трассировку траншей выполняют в двух взаимно перпендикулярных направлениях: вначале прокладывают две взаимно перпендикулярные траншеи по середине полигона и по две траншеи, отстоящие от средних, на расстоянии  $L = \frac{Bn}{4} = \frac{320}{4} = 80 \text{ м.}$  В местах пересечения газосборных траншей

устраивают специальные вертикальные выпуски высотой не менее 5 м.

#### 4.9. Проектирование нагорных каналов. Пример расчета

С целью исключения поступления на территорию полигона поверхностного стока со стороны водосбора устраивают нагорные каналы. Длину нагорных каналов принимают из условия защиты территории полигона с нагорной стороны, рис.4.1. Поверхностный сток, собираемый нагорными каналами, отводят в ливневую канализацию. При наличии благоприятных гидрогеологических условий на территории полигона (неглубокое залегание водопроницаемых горных пород и низкое залегание уровня грунтовых вод) и незначительном загрязнении поверхностного стока используют водопоглощающие колодцы.

Поперечное сечение нагорного канала принимают трапециидальной формы. В курсовом проекте ширину канала по дну ( $v_k$ ) можно принимать  $v_k = 0,5 \dots 1,0 \text{ м,}$  в зависимости от ожидаемого расхода воды. Глубину канала ( $h_k$ ) определяют расчетным путем. Заложение откосов канала ( $m$ ) принимают в зависимости от их устойчивости. При заложении откосов канала  $m = 1,5$  и вида грунта их устойчивость обеспечивается.

$$\text{При } m = 1,5; v_k/h_k = 0,61. \text{ Тогда } h_k = \frac{v_k}{0,61} = \frac{0,6}{0,61} = 0,98 \text{ м.}$$

Уклон дна нагорного канала принимают с учетом рельефа местности, но не менее 0,003. В курсовом проекте можно принять  $i = 0,003$ .

Для равнинных районов при водосборной площади бассейна  $< 0,5 \text{ км}^2$  расчетный расход поверхностного стока определяют по формуле:

$$Q_{\text{СТОКА}} = 0,56 h F \beta \gamma \sigma,$$

где  $h$  – толщина слоя поверхностного стока при продолжительности ливня 30 мин,  $h = 24 \text{ мм}$ ;  $F$  – площадь водосборного бассейна,  $F = 0,2 \text{ км}^2$ ;  $\beta$  – коэффициент расплывания паводка,  $\beta = 1$ ;  $\gamma$  – коэффициент неравномерности выпадения осадков,  $\gamma = 1$ ;  $\sigma$  – коэффициент озёрности бассейна,  $\sigma = 0,8$ .

$$Q_{\text{СТОКА}} = 0,56 \cdot 24 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 2,15 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Далее определяют скорость течения воды ( $\mathcal{Q}$ ) в канале и пропускную его способность ( $Q_k$ ) запроектированного сечения канала ( $b_k=0,6\text{м}$ ,  $h_k=0,98\text{м}$  и  $m=1,5$ ), продольном уклоне  $i=0,003$  и коэффициенте шероховатости  $n=0,025$ .

Скорость течения воды  $\mathcal{Q} = C \sqrt{Ri}$ , коэффициент Шези по формуле Манинга

$$C = \frac{1}{n} R^y,$$

где  $\mathcal{Q}$  – скорость течения воды в канале, м/с;  $C$  – коэффициент Шези;  $R$  – гидравлический радиус, м;  $y$  – показатель степени ( $y = \frac{1}{6} = 0,167$ ).

Гидравлический радиус  $R$  определяется по формуле:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{h_k (b_k + m h_k)}{b_k + 2 h_k \sqrt{1 + m}} = \frac{0,98(0,6 + 1,5 \cdot 0,98)}{0,6 + 2 \cdot 0,98 \sqrt{1 + 1,5}} = 0,54 \text{ м}$$

$\omega$  – площадь живого сечения,  $\text{м}^2$ ;  $\chi$  – смоченный периметр живого сечения канала, м.

$$\text{Рассчитав скорость течения воды } \mathcal{Q} = C \sqrt{Ri} = \frac{1}{0,025} 0,54^{0,167} \sqrt{0,54 \cdot 0,003} = 1,06$$

м/сек, определяют пропускную способность канала  $Q_k = \omega \mathcal{Q} = 2,03 \cdot 1,06 = 2,15 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Сравнивая  $Q_{\text{СТОКА}} = 2,15 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $Q_k = 2,15 \text{ м}^3/\text{с}$ , можно сделать вывод о том, что запроектированное сечение канала обеспечивает отвод расчетного объема поверхностного стока.

## 5. Проектирование административно-хозяйственной зоны

Административно-хозяйственная зона проектируется для размещения: административно-бытового корпуса; контрольно-пропускного пункта КПП совместно с пунктом стационарного радиометрического контроля, весовой; гаража и площадки с навесом; мастерских для ремонта машин и механизмов; склада топливно-смазочных

материалов; складов для хранения энергоресурсов, строй материалов, спецодежды, хозяйственного инвентаря и др.; объектов линий электроснабжения и других сооружений; пожарного резервуара.

Территория хозяйственной зоны должна иметь твердое покрытие, освещение и въезд со стороны полигона. На крупных полигонах, принимающих более 360 тыс. м<sup>3</sup> в год ТБО и рассчитанных на срок эксплуатации более 15 лет, водоснабжение обеспечивается из артезианских скважин, проектируемых в составе объекта.

На выезде из полигона должна быть предусмотрена контрольно-дезинфицирующая яма в виде железобетонной ванны длиной 8, глубиной 0,3 и шириной 3 м для дезинфекции колес мусоровозов. Ванна в теплый период года заполняется 3%-м раствором лизола и опилками.

Расход воды на пожаротушение составляет 10 л/с. Для этой цели на территории АХЗ должен быть предусмотрен железобетонный резервуар или пруд емкостью около 50 м<sup>3</sup>.

По периметру всей территории полигона проектируют ограждение высотой 1,8м.

В ограде полигона у производственно-бытового здания проектируются ворота или шлагбаум.

Наружное освещение по постоянной схеме предусматривается только в пределах хозяйственной зоны. Суточные карты освещаются по временной схеме. Минимальная освещенность рабочих карт 5 Лк.

Схема административно-хозяйственной зоны приведена на рис. 5.1.

## **6. Санитарно-защитная зона и система мониторинга**

### **6.1. Санитарно-защитная зона**

Согласно санитарным правилам и нормам «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов твердых бытовых отходов» СанПиН 2.1.7.722-98 санитарная зона принимается - 0,5 км. В санитарно-защитной зоне запрещается размещение жилой застройки, скважин и колодцев для питьевых целей.

### **6.2. Система мониторинга**

Для полигонов ТБО разрабатывают экомониторинг для осуществления контроля за качественным и количественным составом поступающих на полигон отходов; техническим состоянием инженерных сооружений; за изменением качества

поверхностных, подземных вод и атмосферного воздуха; почвенным и растительным покровом; шумовым загрязнением.

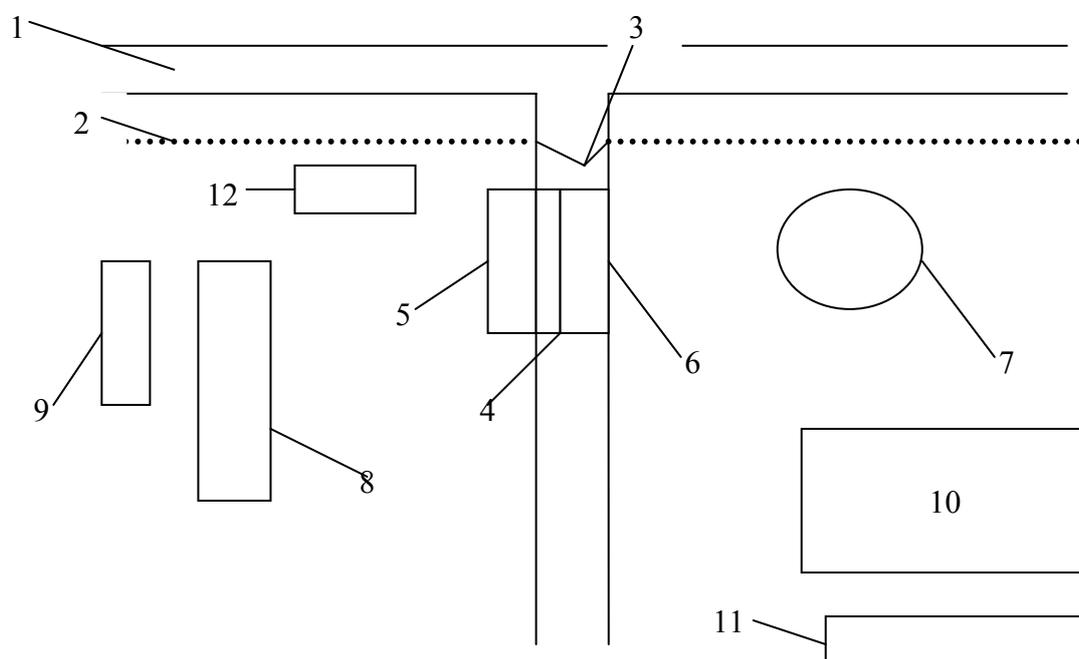


Рис. 5.1. Схема административно-хозяйственной зоны

1 – подъездная дорога; 2 – ограждение; 3- ворота и пост радиометрического контроля; 4 - весовая; 5 – контрольно-пропускной пункт; 6 – дезинфицирующая яма; 7 – пруд для пожаротушения; 8 – вагончик для рабочих; 9 – санузел;. 10 – стоянка для машин; 11 – склад топливно-смазочных материалов (ТСМ); 12 – трансформаторная подстанции.

На основании динамики изменения показателей, характеризующих состояние отдельных компонентов природной среды (атмосферного воздуха, почвы и биосферы, и поверхностных и подземных вод), составляется оперативный или среднесрочный прогноз дальнейшего изменения экологической ситуации как на самом полигоне, так на прилегающих к нему территориях. Система мониторинга служит информационной основой при определении эффективности проведенных экологических мероприятий, а также базой данных для разработки технических и технологических решений по совершенствованию эксплуатации полигона.

#### **6.2.1. Программа мониторинга.**

Программа мониторинга включает следующие наблюдения за:

- химическим составом и количеством образующегося в свалочном теле фильтрата;

- изменением качества грунтовых вод за пределами полигона;
- загрязнением атмосферного воздуха, как в рабочей зоне на территории полигона, так и за ее пределами;
- соответствием отходов, поступающих на полигон, заявленной степени опасности.

Мониторинг химического состава фильтрата должен проводиться как на выходе из каждой очереди полигона для определения времени наступления метановой фазы, так и на выходе со всего полигона для определения его влияния на очистные сооружения и систему очистки. Периодичность измерений - один или два раза в год. С резким изменением качественного и количественного составов фильтрата периодичность наблюдений увеличивают.

Качество грунтовых вод контролируют периодически через наблюдательные скважины, пробуренные за пределами полигона, позволяющие обнаруживать изменения химического состава подземных вод.

Система мониторинга должна включать постоянное наблюдение за состоянием воздушной среды. В этих целях ежеквартально производят анализы проб воздуха, отбираемого в приземном слое в зоне перекрытого участка свалки и на границе с санитарно-защитной зоной, на содержание в нем соединений, характеризующих процесс биохимического разложения ТБО представляющих наибольшую опасность.

Определение количества и состава газов в атмосферном воздухе производится систематически с привлечением специализированной организации.

В атмосферном воздухе определяют в обязательном порядке: содержание пыли, микробную обсемененность, аммиак. В отдельных случаях этот порядок может быть расширен за счет поступления в атмосферный воздух фенола, формальдегида, серы и сероводорода, диоксида азота, метана, диоксида углерода и других соединений.

В случае установления степени загрязнения атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны выше ПДК должны быть приняты соответствующие меры, направленные на снижение уровня загрязнения.

Система мониторинга должна включать постоянное наблюдение за состоянием почвы в зоне возможного влияния свалки. С этой целью контролируют качество почвы и растений на содержание экзогенных химических веществ (ЭХВ), которые не должны превышать ПДК в почве и, соответственно, остаточные количества вредных ЭХВ в растительной товарной массе не должны быть выше допустимых пределов. Контроль

содержания загрязняющих веществ в растениях и почве проводят не реже одного раза в год (июль-август).

В почве определяют содержание тяжелых металлов и мышьяка, углеводов (суммарное содержание), нефтепродуктов, бензапирена, коли-титры, наличие патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов.

В программу мониторинга не включен анализ поверхностных вод, т.к. предполагается, что полигон не будет оказывать влияние на этот тип вод из-за достаточно большого удаления полигона от поверхностных водных объектов.

Ввиду того, что полигон находится на довольно значительном удалении от населенных пунктов, а при его строительстве и эксплуатации используют общестроительные машины и механизмы, определение уровней шумовых воздействий на окружающую среду в курсовом проекте не проводится.

Химические и токсичные отходы, недопустимые для захоронения на полигоне, контролируются визуально при их поступлении на полигон. Визуальный осмотр проводится на участке приема отходов, а также на участке их захоронения машинистами бульдозеров и катков.

Если отходы не соответствуют заявленным требованиям, то такие отходы к захоронению на данном полигоне не принимаются.

*Мониторинг фильтрата и подземных вод.* Цель мониторинга фильтрата - получение информации о степени его токсичности для назначения метода его очистки.

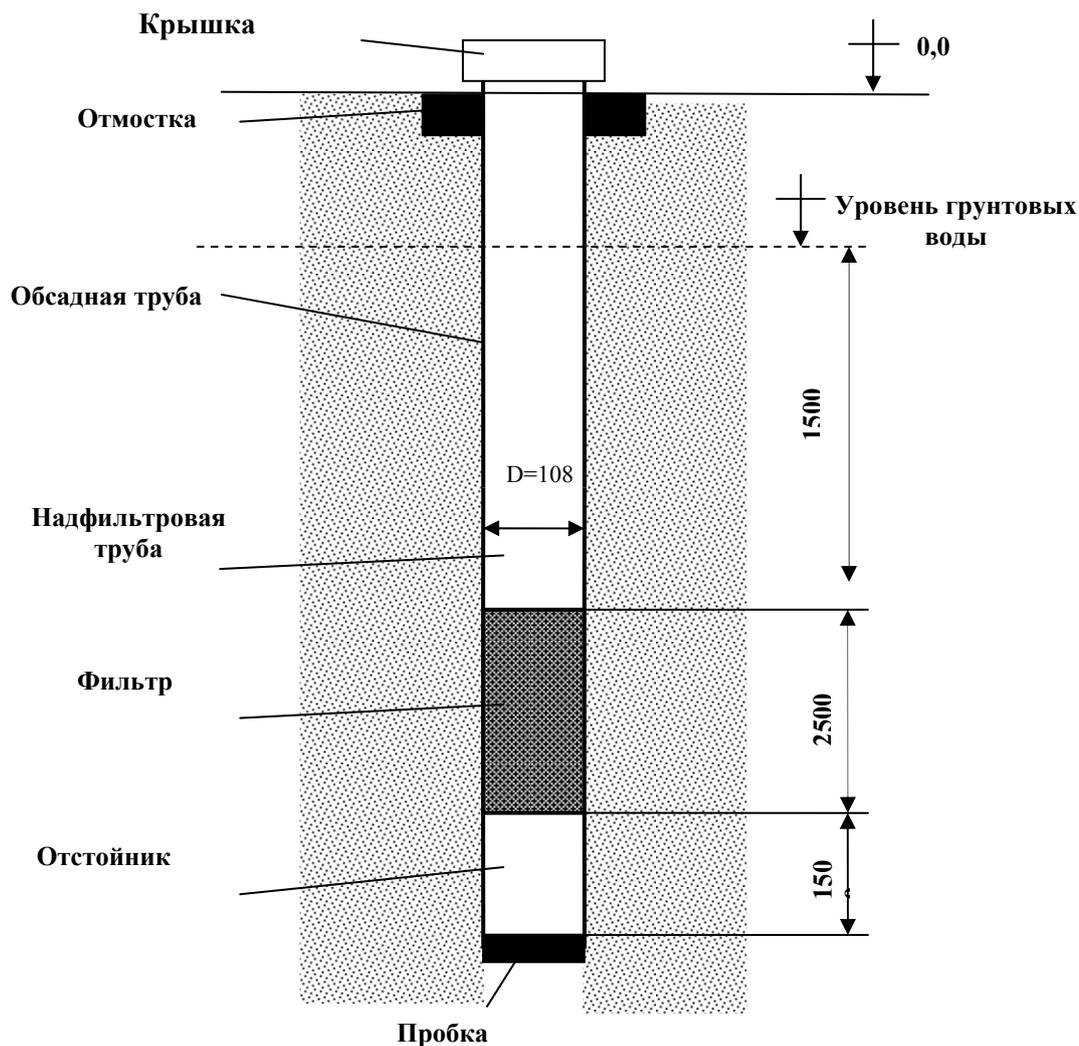
Наблюдения рекомендуется проводить 3...4 раза в год, и один раз в год фильтрат подвергают полному химическому анализу.

Задача программы мониторинга подземных вод заключается в получении информации об изменении их состава, вызванного возможным просачиванием фильтрата через защитный экран.

Параметры, характеризующие качество подземных вод: прозрачность; рН; количество взвешенного вещества; химическая потребность в кислороде (ХПК); биохимическая потребность в кислороде (БПК<sub>полн.</sub>); коли-фаги; общие колиформные бактерии; яйца гельминтов.

К этому перечню добавляются вещества, повышенное содержание которых обусловлено их присутствием в свалочных грунтах: нефтепродукты, толуол, этилбензол, фенол, крезолы, хлорбензол, дихлорбензол, тяжелые металлы, мышьяк и др.

Пробы воды отбирают из наблюдательных скважин, рис. 6.1.



**Рис. 6.1. Конструкция наблюдательной скважины.**

Для создания системы слежения за изменением качества подземных вод наблюдательные скважины бурят в санитарно защитной зоне полигона в количестве не менее 5 штук. Две скважины располагают выше полигона относительно притока подземных вод, (которые будут характеризовать их исходное состояние) и три - располагают ниже полигона относительно оттока подземных вод на расстоянии 50...100 м от полигона (которые будут характеризовать степень влияния полигона на изменение качества подземных вод).

Для того чтобы иметь достоверную информацию о качестве грунтовых вод, скважины должны быть пробурены в процессе строительных работ. Периодичность отбора проб воды должна быть не реже 2 раз в год.

## 7. Технологическая схема эксплуатации полигона

В процессе заполнения полигона отходами должны обеспечиваться проходимость мусоровозов и строительной техники, а также общая устойчивость возводимого сооружения из свалочных грунтов.

Для этого в курсовом проекте рассматривается поэтапный ввод мощностей без остановки приема отходов на полигон. Технологическая схема эксплуатации включает пять очередей. Первая очередь представляет собой пусковой комплекс. В пусковой комплекс входят состав сооружений и виды работ, необходимые для обеспечения производственной деятельности предприятия. Состав работ пускового комплекса включает следующие работы: строительство автодороги до полигона; ограждение территории полигона и установка ворот; возведение хозяйственно-административной зоны с полным набором сооружений; разработка грунта в котловане 1-й очереди и складирование его во временные кавальеры; строительство кольцевой автодороги от хозяйственной зоны до полигона; строительство нагорного канала и пожарного пруда; прокладка сети электроснабжения.

Далее ведут подготовку котлована 1-й очереди под эксплуатацию. Состав работ подготовки котлована 1-й очереди включает: планировку основания до проектных отметок с разуклонкой под дренажную сеть; устройство противодиффузионного экрана по дну и откосам котлована; укладку дренажных труб с устройством устьевого колодца.

После этого производят заполнение котлована 1-й очереди до уровня дневной поверхности земли. В процессе заполнения полигона отходами ведут прием отходов, их складирование и перекрытие уплотненных отходов минеральным грунтом. Основные этапы складирования отходов на полигоне приведены на рис. 7.1.

Для обеспечения общей устойчивости полигона как насыпного сооружения после заполнения котлована 1-й очереди по его периметру осыпают дамбы обвалования из минерального грунта и ведут заполнение 1-й очереди отходами по высотной схеме до верхней проектной отметки 1-го яруса. Аналогично ведутся работы по заполнению 2-й, 3-й и 4-й очередей эксплуатации полигона.

Проезд к участкам захоронения отходов осуществляется по кольцевой автодороге. Для съезда в котлованы предусматривается устройство пандусов-съездов, при заполнении полигона по высотной схеме – пандусов-въездов.

После заполнения 1,2,3 и 4 очередей полигона до проектной отметки 1-го яруса верхнее основание выравнивают минеральным грунтом под единый уровень и по

высотной схеме приступают к заполнению 5-й очереди эксплуатации полигона (2-го яруса).



Рис. 7.1. Основные операции, выполняемые при заполнении полигона отходам

Заполнение полигона отходами ведут картовым методом. Прибывающие на полигон мусоровозы разгружаются возле рабочих карт. Для этих целей вблизи каждой рабочей карты организуют площадку разгрузки, которую условно разбивают на две части: на одной разгружаются мусоровозы, на другой работают бульдозеры. Выгруженные из мусоровозов отходы накапливают на площадке и затем бульдозерами перемещают в рабочие карты. Заполнение рабочих карт ведут по методу «надвиг» при работе на нижних отметках, либо по методу «сталкивание» - на верхних отметках.

При работе по методу «надвиг» отходы перемещают с площадок разгрузки бульдозерами в пределы рабочей карты, расположенной в основании формируемого яруса, создавая на ней вал с пологим откосом ( $m=7$ ) и толщиной укладываемого слоя отходов до 0,5 м.

Складирование ТБО методом «сталкивания» выполняют сверху вниз. При методе «сталкивания» мусоровозы разгружаются также на площадках разгрузки, устраиваемых возле рабочей карты, но расположенных на верхней заизолированной поверхности заполняемого яруса, сформированного в предыдущие дни.

Размеры рабочей карты и площадок разгрузки приведены на рис. 7.1.

При разгрузке мусоровозов плотность ТБО уменьшается и достигает значений около  $0,210 \text{ т/м}^3$ . Тогда, суточный объем ТБО принимаемых на полигон, составит:

$$V_{\text{сут}} = \frac{P_{\text{сут}}}{\gamma} = \frac{167,7}{0,21} = 798 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Высота формируемого яруса ( $h_{\text{я}}$ ) ТБО на рабочей карте 1,8 м. Тогда ширина рабочей ( $B_{\text{рк}}$ ) при заложении внешнего откоса формируемого яруса  $m=7$  составит:  $B_{\text{рк}} = \sqrt{1+m^2} h_{\text{я}} = \sqrt{1+7^2} 1,8 = 12,7 \text{ м}$ . Площадь поперечного сечения отсыпаемых отходов на рабочей карте ( $\omega_{\text{сут}}$ ) составит:  $\omega_{\text{сут}} = B_{\text{рк}} \cdot h_{\text{с}} = 12,7 \cdot 0,5 = 6,35 \text{ м}^2$ .

$$\text{Длина рабочей карты (} L_{\text{рк}} \text{) составит } L_{\text{рк}} = \frac{V_{\text{сут}}}{\omega_{\text{сут}}} = \frac{798}{6,35} = 125 \text{ м.}$$

Учитывая доставку отходов на полигон мусоровозами, площадки для их разгрузки будут иметь размеры: длину  $L_{\text{пр}} = \frac{L_{\text{рк}}}{2} = \frac{125}{2} = 62,5 \text{ м}$  и ширину  $B_{\text{пр}}$  не менее 3-х м. Тогда площадь площадки разгрузки мусоровозов составит  $F_{\text{р/м}} = 62,5 \cdot 3 = 187,5 \text{ м}^2$ , что вполне достаточно для приема мусоровозов КО-415А с объемом кузова  $23 \text{ м}^3$ .

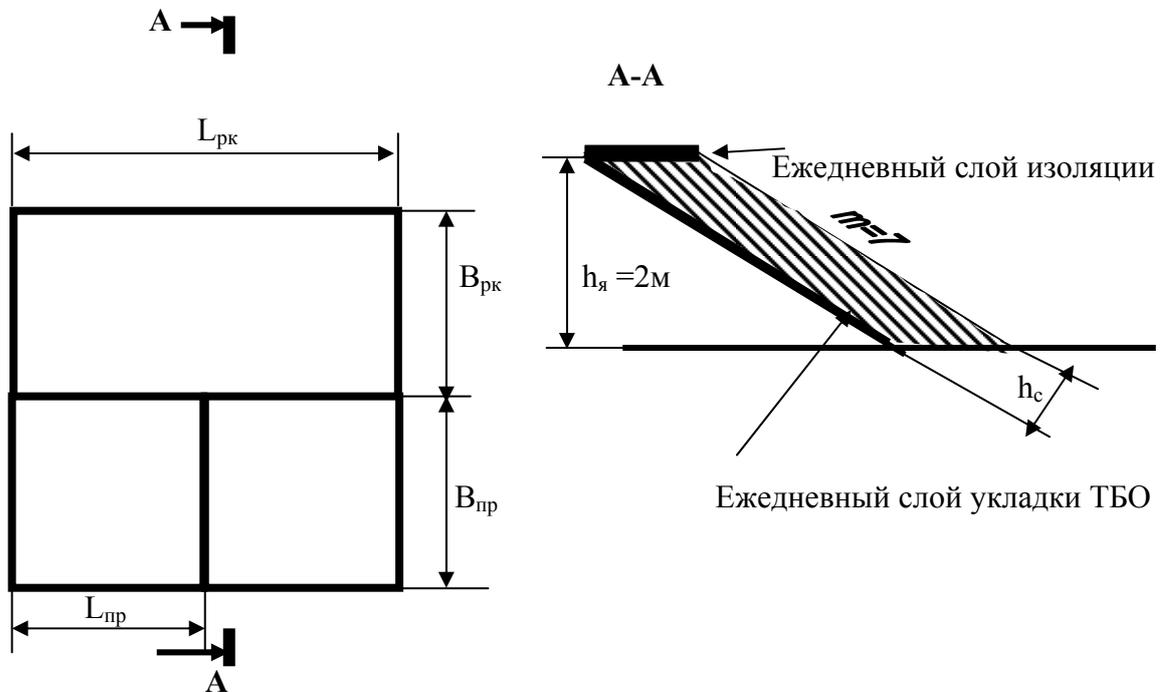


Рис. 7.4. Рабочая карта и площадки разгрузки

После заполнения рабочей карты отходами толщиной слоя 0,5 м производят их уплотнение. Уплотнение отходов выполняют кулачковыми катками о при 4-х кратном попутном проходе по одному и тому же следу. Плотность ТБО после проходки кулачковых катков достигает 0,6...0,8 т/м<sup>3</sup>. В результате уплотнения произойдет уменьшение объема уплотняемого слоя с  $V_{\text{сут}}$  до  $V_{\text{уп}}$ . Учитывая постоянство массы складироваемых отходов  $V_{\text{сут}} \cdot \gamma_1 = V_{\text{уп}} \cdot \gamma_2$ , определяют уменьшение толщины слоя уплотняемых отходов:  $h_{\text{суп}} = \frac{h_{\text{с}} \cdot \gamma_1}{\gamma_2} = \frac{0,5 \cdot 0,21}{0,7} = 0,15$  м.

Уплотненный слой ТБО в процессе формирования яруса в пределах рабочей карты укладки ТБО высотой 1,8 м в конце рабочего дня изолируют слоем минерального грунта  $h = 0,2$  м.

Далее определяют ширину уплотненной полосы отходов, которую перекрывают слоем минерального грунта:  $b = h_{\text{суп}} \sqrt{1 + m^2} = 0,15 \sqrt{1 + 7^2} = 1,1$  м.

Тогда суточная потребность в минеральном грунте составит:

$$V_{\Gamma \text{сут}} = b \cdot h \cdot L_{\text{рк}} = 1,1 \cdot 0,2 \cdot 125 = 27,5 \text{ м}^3.$$

При эксплуатации полигона основными механизмами, выполняющими работы по перемещению, разравниванию, и планированию отходов являются бульдозеры и катки. Для устройства изолирующих слоев используют экскаватор и автосамосвал. Грунт разрабатывают в котлованах или в кавальерах экскаватором с подвозкой к изолируемым рабочим картам. Разравнивание и уплотнение минерального грунта выполняется также бульдозером.

### **8. Закрытие полигона и передача участка под дальнейшее использование.**

После заполнения полигона до проектной отметки производят его закрытие и выполняют работы его рекультивации. Для этого последний слой отходов перед закрытием полигона засыпают слоем минерального грунта.

На высоконагружаемых полигонах со сроком эксплуатации не менее 5 лет допускается превышение проектной отметки на 10%. На момент закрытия полигон представляет собой насыпной холм с заложением откосов  $m=3$ . Рекультивация закрытого полигона направлена на восстановление продуктивности и народно-хозяйственной ценности восстанавливаемой территории, а также на улучшение экологической обстановки вокруг нее. Для этого после стабилизации закрытого полигона выполняют работы по укреплению его наружных откосов. Материалом для укрепления наружных откосов полигона служат минеральные грунты, вынутые при

устройстве котлована, а также привозные грунты и материалы согласно принятой конструкции верхнего защитного экрана.

Рекультивацию полигона ведут в два этапа: технический и биологический.

### **8.1. Технический этап рекультивации.**

Технический этап рекультивации полигона включает:

1. Укрепление внешних откосов полигона путем их выколачивания отсыпкой избыточного минерального грунта и почвы.

2. Завоз необходимых строительных материалов для устройства многофункционального перекрытия.

3. Устройство слабопроницаемого финального перекрытия и создание системы по сбору биогаза.

Финальное перекрытие поверхности полигона должно включать систему гидроизоляции и газовентиляции. Конструкция защитного (гидроизоляционного) экрана в системе финального перекрытия поверхности участка складирования отходов, для уменьшения объемов осадков, поступающих в тело полигона, выполняют в виде глиняного замка или гидроизоляционного экрана из геосинтетических материалов.

Финальное перекрытие с устройством глиняного замка выполняют следующим образом. В процессе укладки финишного слоя ТБО поверхности полигона придают уклон от его центра в сторону его краев  $I=0,01$  с целью отвода поверхностного стока. На спланированную поверхность отходов наносят защитный слой минерального грунта, отсыпaeмый в процессе эксплуатации полигона толщиной 0,2 м. Далее по верху защитного слоя наносят дренажный слой отсыпкой гальки, предназначенный для отвода биогаза,  $K_{\phi} \leq 1 \times 10^{-3}$  м/с и толщиной слоя 0,3 м. После этого возводят противодиффузионный экран (два слоя уплотненной глины по 0,25 м каждый с  $K_{\phi} \leq 1 \times 10^{-7}$  м/с). Перед уплотнением глину доводят до оптимальной влажности. По верху глиняного противодиффузионного экрана укладывают дренарующий слой из гальки для отвода просачивающихся атмосферных осадков,  $K_{\phi} \leq 1 \times 10^{-3}$  м/с и толщина слоя 0,3 м. Перед отсыпкой рекультивационного слоя по дренающему слою отсыпают переходный слой по методу обратного фильтра из песка и гравия, а затем отсыпают слой из потенциально плодородных горных пород (легкий суглинок, супесь и др.) и почвенный слой, 0,15...1,0 м, в зависимости от последующего целевого использования образующейся территории.

Принципиальная конструктивная схема защитного экрана в системе финального перекрытия поверхности полигона ТБО приведена на рис. 9.1.

Конструкцию защитного экрана из геосинтетических материалов можно принять следующего вида. В начале после закрытия полигона и его стабилизации выполняют планировку поверхности полигона и устройство системы сбора и удаления биогаза. Далее выполняют песчаную подготовку под гидроизоляцию из геотекстильного материала. На подготовленную поверхность расстилают геотекстильный материал, например, Stucdran DS 601 K201), имеющий толщину 2 мм. Далее по его верху расстилают гидроизоляционный слой из бентофикса, имеющего толщину 7 мм, который накрывают слоем геотекстильного материала, например, скудрайна, имеющего толщину 2мм. По верху скудрайна отсыпают дренажный слой из щебня толщиной 0,3 м, по верху которого осыпают слой потенциально плодородного грунта ( легкий суглинок или супесь) толщиной 0,8 м и плодородный слой – 0,2 м

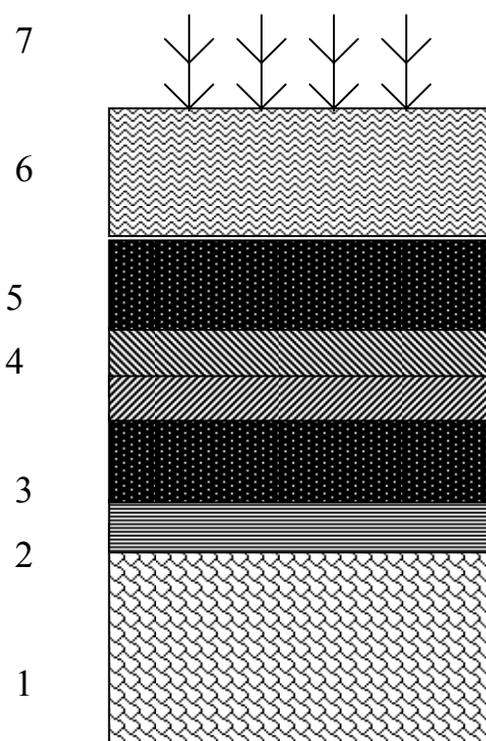


Рис.9.1. Конструкция защитного экрана в системе финального перекрытия поверхности полигона ТБО: 1 - финишный слой ТБО; 2 - защитный слой минерального грунта, отсыпaeмый в процессе эксплуатации полигона, 0,2 м; 3 - дренажный слой из гальки, предназначенный для отвода биогаза,  $K_{\phi} \leq 1 \times 10^{-3}$  м/с и толщина слоя 0,3 м; 4 - противофильтрационный экран (два слоя уплотненной глины по 0,25 м каждый с  $K_{\phi} \leq 1 \times 10^{-7}$  м/с), 0,5 м; 5 - дренажный слой из гальки для отвода атмосферных осадков,  $K_{\phi} \leq 1 \times 10^{-3}$  м/с и толщина слоя 0,3 м; 6 – рекультивационный слой, состоящий из слоя почвы и потенциально плодородных горных пород, 0,15...1,0 м, в зависимости от последующего целевого использования образующейся территории; 7 – травостой

## 9.2. Биологический этап рекультивации

Биологический этап рекультивации включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий.

Для защиты сформированных грунтовых поверхностей от ветровой и водной эрозии производят их озеленение. По склонам и бермам (террасам) высаживают защитные древесно-кустарниковые насаждения, а по откосам выполняют посев многолетних трав.

Верхнее основание полигона обустривают в зависимости от целевого последующего использования.

## **9. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций.**

Для каждого полигона в соответствии с "Правилами по технике безопасности и производственной санитарии при уборке городских территорий" (М.: Стройиздат, 1978) с учетом местных условий разрабатывают инструкцию по технике безопасности и охране труда.

Инструкция по технике безопасности должна содержать нормы выдачи спецодежды, производственной одежды, продолжительность отпусков, периодичность прохождения инструктажа по технике безопасности.

Каждый полигон должен иметь журнал по технике безопасности и охране труда, в который заносятся все рекомендации проверяющих организаций и данные о проведении инструктажей и занятий с персоналом объекта.

На полигоне должны быть разработаны конкретные меры по пожарной безопасности. Для выполнения повседневных работ, надзора за первичными средствами пожаротушения и организации тушения назначается ответственное лицо за пожарную безопасность на полигоне.

Медицинское обслуживание персонала полигона включает: установление по согласованию с ЦСЭН периодичности медицинского обследования персонала, указания о необходимости осуществления профилактических противостолбнячных прививок, необходимость подготовки одного из рабочих по программе сандружинников.

Персонал полигона должен быть обеспечен специальной одеждой, обувью и средствами индивидуальной защиты (респиратор)

Персонал должен строго соблюдать правила личной гигиены и техники безопасности.

## Литература

1. Федеральный закон от 10 января 2002 года №7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Федеральный закон от 30 марта 1999 года №52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
3. Федеральный закон от 24 июня 1998 года №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».
4. СанПиН 2.1.7.722-98 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для ТБО», Минздрав России, М., 1999.
5. СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».
6. СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».
7. СП 11-101-95 «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений».
8. СНиП 30101-85\* «Организация строительного производства».
9. СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения».
10. СНиП 12-03-99 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования».
11. СП 1-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства».
12. СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства».
13. «Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов» АКХ им. Памфилова, М., 1997.
14. «Методические рекомендации по проведению инженерно-экологических изысканий для целей рекультивации существующих свалок и проектирования вновь организуемых полигонов захоронения твердых бытовых отходов на территории Московской области», 1998,
15. «Методические рекомендации по геоэкологической оценке территории при размещении полигонов твердых бытовых отходов», 1995.
16. «Правила разработки схем санитарной очистки городов РСФСР», 1996, АКХ ЖКХ.
17. Мирный А.Н. Справочник «Санитарная очистка и уборка населенных мест». М., АКХ: им. Памфилова, 1997.

18. Сметанин В.И. «Защита окружающей среды от отходов производства и потребления» М., «Колос», 2000.
19. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. «Организация и технология гидромелиоративных работ» М., Агропромиздат, 1986.
20. . ЕНиР «Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы» Сборник Е2 «Земляные работы», выпуск 1. «Механизированные и ручные земляные работы» (утв. Постановлением Госстроя СССР N 43, Госкомтруда СССР N 512, Секретариата ВЦСПС N 29-50 от 05.12.1986).
21. Справочник по гидравлическим расчетам, «Энергия», Москва, 1972

**Форма титульного листа к курсовому проекту.**



**Московский государственный университет  
природообустройства**

**Кафедра: «Организации и технологии строительства объектов  
природообустройства»  
(ОТСОП)**

**Курсовой проект  
«Проектирование полигона захоронения  
твердых бытовых отходов»**

**Выполнил: студент \_\_\_\_\_ гр**

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**Проверил**

\_\_\_\_\_  
Преподаватель (Ф.И.О.)

## Исходные данные к выполнению курсового проекта.

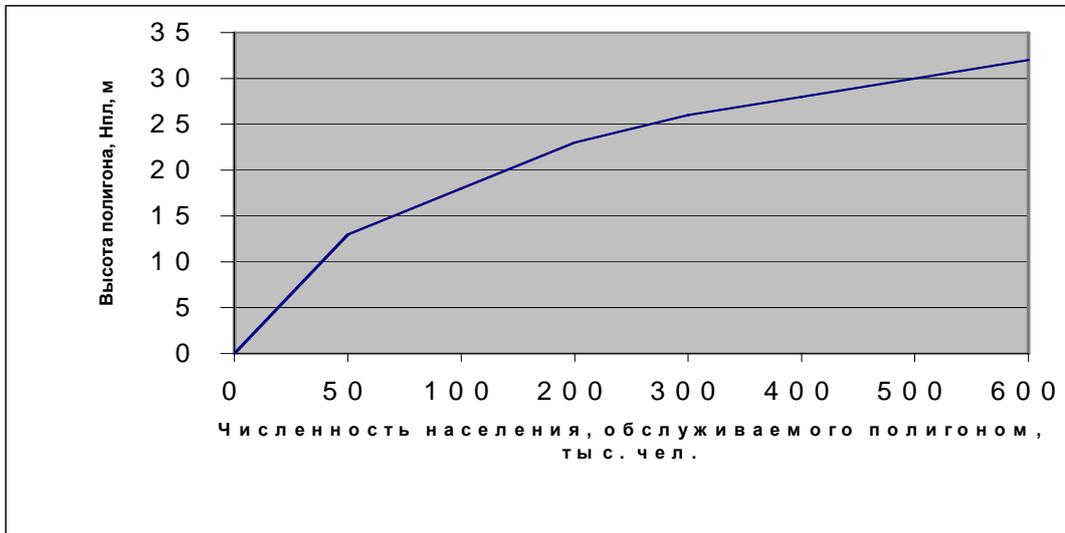


Рис. 1. Зависимость высоты полигона от численности обслуживающего населения.

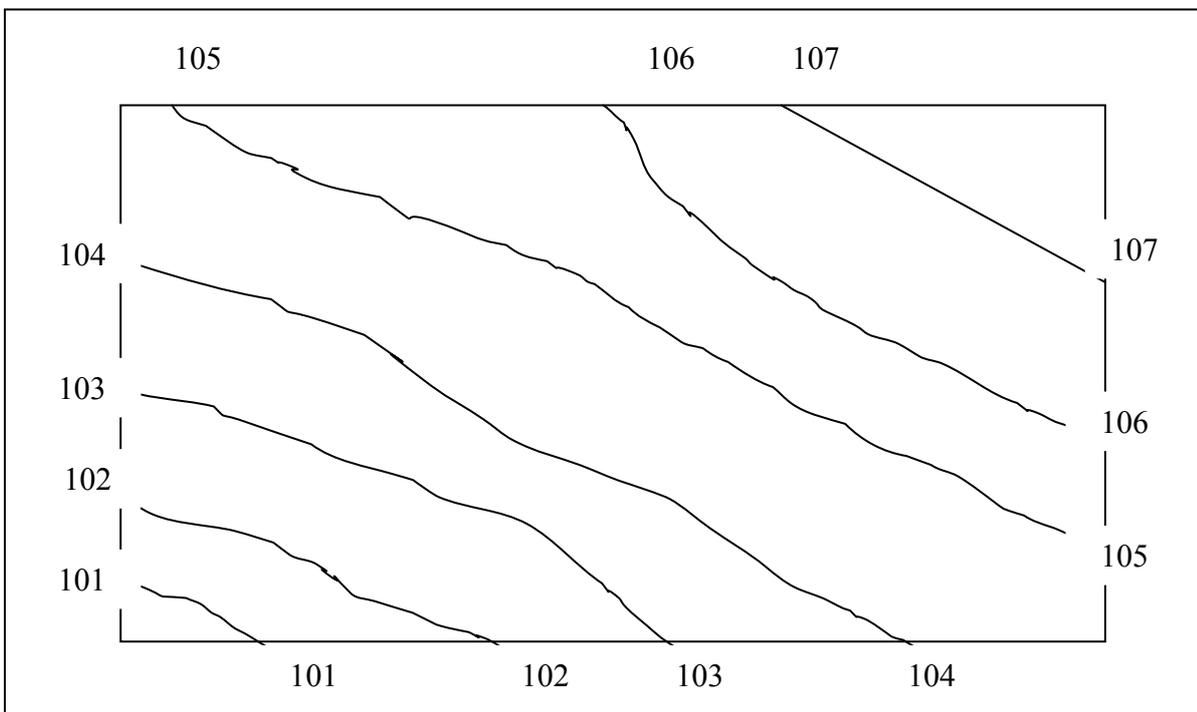
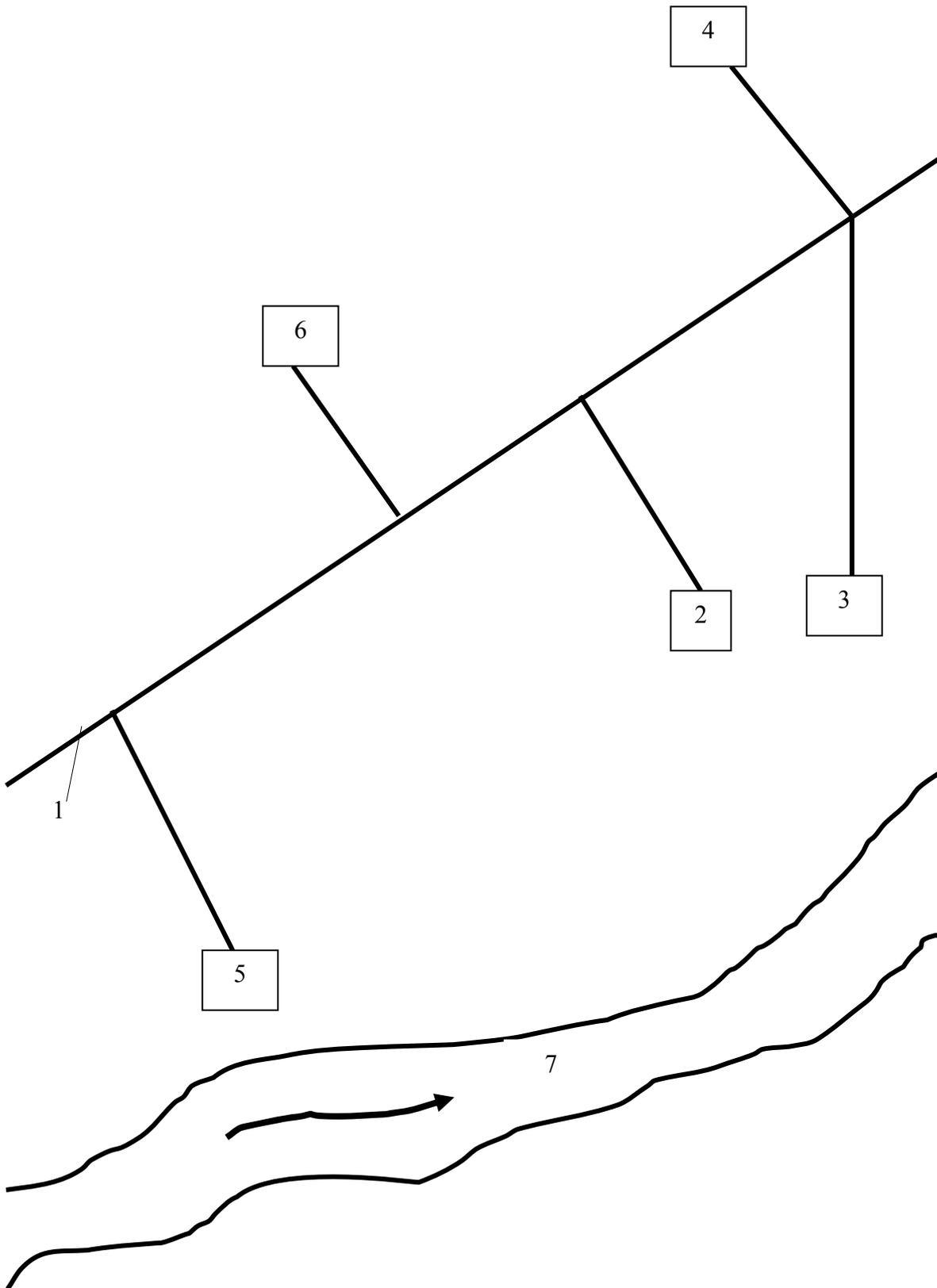


Рис.2 Топографический план строительной площадки. М1:10000



**Рис. 3** Ситуационный план обслуживаемой территории

1- дорога; 2,3,4,5- населенные пункты, обслуживаемые полигоном; 6- территория отведенная для размещения полигона; 7- река.

Таблица №1

**Исходные данные к выполнению курсового проекта «Полигон захоронения твердых бытовых отходов (ТБО)»**

Вариант	Продолжительность эксплуатации	Численность населенных пунктов, тыс. чел.				Толщина плодородного слоя	Регион строительства		
		H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>		Осадки, мм	Испаряемость с водной поверхности, мм	
№	T	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	h <sub>p</sub>	O	E	
1	10	45	67	33	74	0,2	680	356	Архангельская
2	12	47	64	37	85	0,25	815	241	Вологодская
3	14	49	61	41	96	0,15	770	510	Ленинградская
4	16	51	58	45	107	0,2	640	258	Мурманская
5	18	53	55	49	118	0,3	770	501	Новгородская
6	20	55	52	53	129	0,3	770	548	Псковская
7	22	57	49	57	140	0,2	710	404	Карелия
8	24	59	46	61	128	0,25	745	370	Коми
9	10	61	43	65	116	0,2	720	561	Брянская
10	12	63	40	62	104	0,25	694	543	Владимирская
11	14	65	37	59	89	0,15	710	543	Ивановская
12	16	67	34	56	74	0,2	737	515	Тверская
13	18	69	36	53	59	0,3	702	526	Калужская
14	20	71	38	50	65	0,3	747	511	Костромская
15	22	73	40	47	71	0,2	687	457	Орловская
16	24	75	42	44	77	0,25	68	492	Московская
17	10	77	44	41	83	0,2	583	447	Рязанская
18	12	79	46	38	89	0,25	750	535	Смоленская
19	14	81	48	35	95	0,15	636	471	Тульская
20	16	83	50	32	101	0,2	733	508	Ярославская
21	18	85	52	29	107	0,3	700	550	Нижегородская
22	20	87	54	45	113	0,3	695	533	Марийский
23	22	89	56	61	119	0,2	610	494	Мордовский
24	24	91	58	77	125	0,25	660	541	Чувашский
25	10	93	60	93	131	0,3	631	453	Татарстан
26	12	95	62	109	125	0,3	590	441	Свердловская
27	14	97	64	125	119	0,2	744	432	Пермская
28	16	99	66	78	113	0,25	680	492	Московская
29	18	101	68	31	107	0,2	631	453	Татарстан
30	20	103	70	45	101	0,25	737	515	Тверская
31	22	105	72	59	95	0,15	702	526	Калужская
32	24	107	74	73	89	0,2	747	511	Костромская
33	20	109	76	87	83	0,3	687	457	Орловская

## Гидрогеологические условия района строительства полигона

Вариант	Наименование грунтов в основании полигона	Коэффициент фильтрации ( $K_f$ ), м/с	Глубина залегания грунтовых вод, $h_{гр}$ , м
1	песок	1,0	6,3
2	супесь	0,5	5,1
3	суглинок легкий	0,15	6,2
4	суглинок тяжелый	0,012	5,0
5	песок	1,1	5,3
6	супесь	0,45	5,0
7	суглинок легкий	0,2	4,6
8	суглинок тяжелый	0,015	5,6
9	глина	0,036	6,0
10	песок	1,1	4,7
11	супесь	0,6	5,7
12	суглинок легкий	0,2	4,0
13	суглинок тяжелый	0,015	3,3
14	глина	0,036	5,0
15	песок	1,1	4,6
16	супесь	0,6	5,6
17	суглинок легкий	0,2	6,0
18	суглинок тяжелый	0,015	4,7
19	глина	0,036	3,7
20	песок	1,1	5,2
21	супесь	0,6	4,6
22	суглинок легкий	0,2	6,6
23	суглинок тяжелый	0,015	6,0
24	глина	0,036	4,7
25	песок	1,1	3,7
26	супесь	0,6	5,2
27	суглинок легкий	0,2	5,0
28	суглинок тяжелый	0,015	6,3
29	глина	0,036	5,0
30	песок	1,1	4,6
31	супесь	0,6	6,6
32	суглинок легкий	0,2	6,0
33	суглинок тяжелый	0,015	5,7

1. Владимир Иванович Сметанин
2. Игорь Александрович Соломин
3. Оксана Игоревна Соломина

## **УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

### **ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ: ПРОЕКТ ПОЛИГОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

**(для студентов, обучающихся по специальностям: 330200 - Защита  
окружающей среды)**

---

Подписано в печать 25.11.2005 г. Т. – 150 экз. Формат 60x84/16.  
Объем 4,2 уч.-изд.-л. Бумага офисная. Печать ротационно-трафаретная.  
Цена договорная. Заказ №

---

Редакционно-издательский отдел МГУП

Отпечатано в лаборатории множительной техники МГУП

Москва 127550, ул. Прянишникова, 19