

УДК 504.064.4:504.064.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ
БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

Канд. техн. наук А.С. Нуркеев
 А.К. Казбекова
Доктор техн. наук С.С. Нуркеев

Проведено исследование и сделан расчет фильтрационных свойств твердых бытовых отходов, и выявлена необходимость их уплотнения с целью уменьшения фильтруемости.

В настоящее время во всех странах мира, особенно в больших городах, серьезную экологическую проблему представляют твердые бытовые отходы (ТБО), количество которых непрерывно растет. Согласно ГОСТ 25100-95, твердые бытовые отходы (ТБО), являющиеся продуктом хозяйственной жизнедеятельности населения, а также промышленные (шламы, золошлаки и т.п.) относятся к подгруппе насыпных антропогенных образований класса дисперсных грунтов, которые водо- и газопроницаемы, т.е. способны пропускать через себя воду, воздух или какой-либо газ, например метан, образующийся при биологическом разложении ТБО.

ТБО обычно складывают в виде насыпных отвалов на специально выделенных участках-полигонах, занимающих значительные территории, и часто, при недостаточно качественном инженерном их обустройстве, являющиеся источниками загрязнения поверхностных и подземных вод. Вместе с тем так называемые «высоконагружаемые» полигоны с отвалами ТБО высотой в несколько десятков метров следует рассматривать как ответственные грунтовые обводненные сооружения, каждое из которых в случае аварии (например, при обрушении откоса отвала) может причинить серьезный экологический ущерб с трудно устранимыми последствиями.

Расчет устойчивости складываемых отходов для высоконагружаемых полигонов выполняется на основе методов расчета откосов [1]. Однако необходимо учитывать то, что отходы, как бытовые, так и промышленные, не являются однородным сплошным телом, а представляют собой многофазную сложную анизотропную систему. Формирование полигонов депонирования отходов происходит длительное время (от 20 до 100 лет) и за этот период, как правило, меняется сам состав отходов, степень их

уплотнения, степень водонасыщения, пористость, процентное содержание газа. Складируемые отходы испытывают различные, часто неоднозначные воздействия окружающей среды и человеческой деятельности. Поэтому их можно рассматривать, по аналогии с грунтами, как трехфазную, состоящую из минеральной части и пор, частично заполненных водой (жидкая фаза) и биогазом (газообразная часть). Однако в отличие от грунтов, формирование которых происходит миллионы лет, отходы – относительно «молодая» структура, но более подвижная в плане перехода из одной фазы в другую и изменения своего морфологического и генетического состава. Необходимо также учитывать тот факт, что уплотнение отходов под нагрузкой происходит в более короткие сроки по сравнению с грунтами и может достигать 300...400 % от первоначального объема, при этом происходит значительное выделение фильтрата и газа.

Большую часть времени отходы находятся под постоянной нагрузкой (на стадии захоронения), продолжают уплотняться, перемещаться в массивах складирования, постоянно изменяя напряженно-деформированное состояние тела хранилища и соответственно влияя на устойчивость грунтового основания. Поэтому, по нашему мнению, отходы обладают определенными реологическими параметрами и для правильной оценки устойчивости хранилищ необходимо в расчетах учитывать явления ползучести и релаксации напряжений.

Выше сказанные предположения, безусловно, с одной стороны усложняют расчеты по обеспечению устойчивости хранилищ, но с другой стороны, приближают используемые расчетные схемы к действительной работе массивов депонирования.

Обеспечение устойчивости откосов высоконагружаемых полигонов технически осуществимо с помощью геосинтетических материалов методом армирования откосов. Такой метод широко применяется за рубежом, где ограничены площади участков складирования и накоплен опыт проектирования таких сооружений.

Поэтому проектирование таких полигонов должно базироваться на исходных данных, достоверно отражающих геомеханические и фильтрационные свойства грунтовой толщи основания отвала и самого складированного конгломератного материала ТБО.

Конкретным и весьма важным в практическом отношении следствием водопроницаемости ТБО является формирование внутри насыпи (отвала) ТБО куполообразного фильтрационного потока, который обычно высачивается (вытекает) через наружные откосы насыпи и негативно вли-

жет на ее статическую устойчивость. Следует также иметь в виду, что уровень гидрохимического загрязнения подземных и поверхностных вод на территории, прилегающей к незкранированному накопителю отходов, во многом зависит от водопроницаемости ТБО.

Водопроницаемость ТБО оценивалась расчетно-экспериментальными методами. В частности, для расчетов использовались параметры купола «грунтовых вод», сформировавшегося в отвале вследствие инфильтрации атмосферных осадков.

Так, например, коэффициенты фильтрации отходов определялись по [1], используя формулу Дюпюи, которая для удобства вычислений представлена в виде:

$$k = \frac{\omega \cdot L^2}{H^2 - H_1^2},$$

где ω – величина инфильтрации в отвал атмосферных осадков (0,0014 м/сут); L – расстояние между наблюдательными скважинами и водоемом (контуром разгрузки фильтрационного потока) (3 м); H – отметка уровня (напор) в наблюдательной скважине (786 м); H_1 – отметка уровня наполнения водоема (784 м).

Все натурные наблюдения схематично пояснены (рисунок).

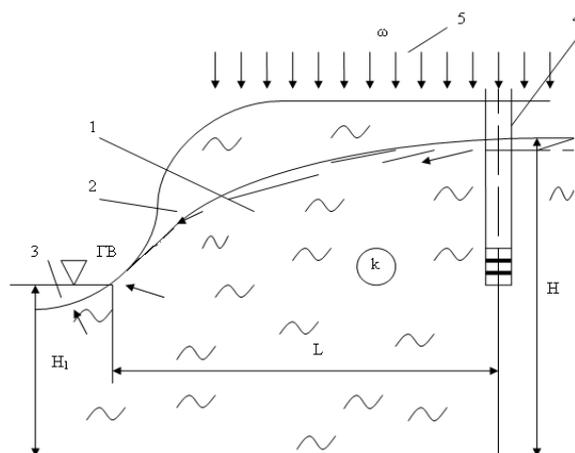


Рис. Расчетная схема формирования фильтрационного потока в отвале ТБО, расположенном на водоупром основании. 1 – периферийный фрагмент отвала, в пределах которого производилось определение коэффициента фильтрации ТБО; 2 – депрессионная поверхность фильтрационного потока; 3 – дренажная канава или водоем, являющиеся контурами разгрузки фильтрационного потока; 4 – пьезометрическая скважина; 5 – атмосферные осадки.

Вычисленное по данным этих наблюдений значение коэффициента фильтрации равно 4,013 м/сут.

Кроме того, испытания на водопроницаемость образцов ТБО проводились в лабораторных условиях ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт им. Б.Е. Веденеева». Образцы отобраны с глубин 1...6 м в отвале Приморской свалки Санкт-Петербурга, существующей более тридцати лет.

Испытания двух образцов после начального уплотнения в цилиндрической рабочей камере прибора-пермеметра объемом 6500 см³, отобранных с глубины 6 м при начальной их плотности, не превышавшей 0,8 г/см³ [2], показали, что по мере уплотнения внешней нагрузкой до 0,4 МПа их коэффициенты фильтрации соответственно уменьшились примерно на порядок: от начальных значений 2...3 м/сут, до 0,2...0,4 м/сут на конечной стадии испытаний. Образец, отобранный с глубины 1 м, оказался менее водопроницаемым: его коэффициент фильтрации уменьшался по мере уплотнения от начального 0,4 до конечного значения 0,03 м/сут.

Водопроницаемость ТБО, складываемых на городской Южной свалке в Санкт-Петербурге, оценивалась по результатам лабораторных испытаний одного из образцов на фильтрационно-компрессионной установке с горизонтальной рабочей камерой объемом 30×20×10 = 6000 см³. Данная установка позволяет определить водопроницаемость и суффозионную устойчивость материала (грунта) вдоль горизонтальных слоев его укладки. Начальная плотность материала ТБО в рабочей камере установки $\rho_{дН} = 0,70$ г/см³, объем образца $V_{0Н} = 4200$ см³. При такой плотности коэффициент фильтрации материала оказался (по четырем определениям), равным 13,3 м/сут.

Конкретные данные, характеризующие процесс фильтрационных испытаний, представлены в таблице.

В итоге, водопроницаемость ТБО, складываемых в сравнительно невысоких отвалах, в которых по прошествии многих лет прекратились активные биогенные процессы можно характеризовать коэффициентами фильтрации $k = A \times 10^{-2}$ см/с (то есть порядка десятка метров в сутки). A – масштаб расстояния инфильтрации в отвал осадков, принимает значения приведенные в таблице.

Водопроницаемость материалов ТБО, складываемых в настоящее время в отвалах высотой более 10 метров, под действием уплотняющего,

геостатического давления, интенсивно снижается с глубиной. В нижних слоях отвала, где это давление превышает 0,1 МПа, коэффициенты фильтрации материала могут уменьшаться до значений $k = A \times 10^{-6} \dots A \times 10^{-4}$ см/с. Кроме геостатического уплотнения определенное влияние на снижение водопроницаемости материала может оказывать кольматаж его порового пространства газом метаном, образующимся в процессе биогенного разложения органики.

Таблица

Данные фильтрационных испытаний образца, отобранного на Южной свалке (г. Санкт-Петербург)

Время начала опыта t, час	Действующий напор H, см	Градиент напора i	Измеренный расход фильтрации Q, см ³ /с	Скорость фильтрации v, см/с	Коэффициент фильтрации k	
					см/с	м/сут
1-ый этап ($\sigma = 0,01$ МПа, $\rho_{дн} = 0,7$ г/см ³)						
0,25	56,2	1,87	3,9	0,028	$1,5 \cdot 10^{-2}$	13,0
7,0	50,2	1,67	4,5	0,032	$1,9 \cdot 10^{-2}$	16,6
24,5	55,3	1,84	3,75	0,027	$1,5 \cdot 10^{-2}$	12,6
50,0	55,3	1,84	3,27	0,023	$1,2 \cdot 10^{-2}$	10,8
Среднее значение $k_c = 13,3$						
2-ый этап ($\sigma = 0,1$ МПа, $\rho_{дн} = 0,92$ г/см ³)						
3,0	55,8	1,86	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$8,6 \cdot 10^{-6}$	$7,4 \cdot 10^{-3}$
21,0	93,8	3,12	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$9,5 \cdot 10^{-3}$
127,0	92,8	3,08	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$8,7 \cdot 10^{-6}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$
244,5	94,0	3,13	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$7,8 \cdot 10^{-6}$	$6,7 \cdot 10^{-3}$
336,0	94,0	3,13	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$
Среднее значение $k_c = 7,1 \cdot 10^{-3}$						

А так как на объемы образующего фильтрата существенное влияние оказывает плотность складированных ТБО, то уплотнением отходов на свалке можно снизить фильтруемость и уменьшить количество фильтрата. В свою очередь, состав и свойства фильтрата, которые связаны с объемами его образования и изменяются в широком диапазоне не только по каждой свалке, но и по сезонам года на одной и той же свалке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бартоломей А.А., Брандл Х., Пономарев А.Б. Основы проектирования и строительства хранилищ отходов. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 144 с.

