

УДК 502/504:628.5:556.324

В. И. СМЕТАНИН, А. К. СТРЕЛЬНИКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНОГО БАЛАНСА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СВАЛОЧНЫМ ГРУНТАМ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

В Мире ежегодно образуется свыше 660 млн. т. твердых бытовых отходов (ТБО). Темпы образования ТБО неуклонно возрастают: отчасти из-за роста численности населения, но в основном – из-за изменения образа жизни людей, использующих все больше оберточных и упаковочных материалов. Средний мировой прирост количества ТБО составляет 1,2...1,8 % в год. Известно более 30 методов обезвреживания ТБО. В общемировой практике широко используют четыре основных метода: захоронение на свалках (полигонах), сжигание, рециклинг и компостирование. Подавляющее количество ТБО продолжают вывозить на свалки (полигоны). По данным Евростата, в среднем в странах ЕС, на полигоны вывозят 40 % ТБО, сжигают – 20 %, перерабатывают – 23 % и компостируют – 17 %. В России вывозят на свалки (полигоны) более 90 % ТБО. Захоронение ТБО на свалках (полигонах) оказывает существенное влияние на показатели качества компонентов природной среды (повышаются концентрации загрязняющих веществ в почве, воздухе, водной среде). Основным загрязнителем компонентов природной среды служит фильтрат, образующийся в толще свалочного тела. При достижении отходами полного насыщения влагой фильтрат поступает в нижние слои отходов и затем в горные породы зоны аэрации и в грунтовые воды, загрязняя как горные породы, так и грунтовые и поверхностные воды. В статье рассматривается расчетная схема лизиметра, которая использовалась в полевых опытах по изучению объема образования фильтрата. Описана опытная полевая площадка и приведены данные лизиметрических исследований. Результаты лизиметрических исследований представлены в виде графиков. В соответствии с уравнением водного баланса определено количество влаги, расходуемой на достижение отходами полного влагонасыщения.

Лизиметр, полигон твердых бытовых отходов, фильтрат, твердые бытовые отходы.

Throughout the world every day more than 600 mln t of solid waste (SW) are generated. The rates of SW formation are steadily grow: partly due to the growth of population, but mainly – because of the life style change of people who use more and more wrapping and packaging materials. The average world gain of SW amount is 1,2...1,8 % per year. More than 30 methods of SW neutralization are known. In the world practice there are widely used four basic methods: burial in the dumps (land fills) burning, recycling and composting. The overwhelming quantity of SW is still being removed to the dumps (land fills). According to the data of Eurostat in average in the countries of 40 % are disposed to land fills, 20 % – burnt, 23 % – treated and 17 % – composted. In Russia more than 90 % of SW is removed to landfills. SW burying in the dumps (land fills) makes a significant influence on the quality indicators of the environmental components (concentrations of polluting substances grow in soil, air, water medium). The main polluter of the natural components is a filtrate which is formed in the thickness of the dump body. When waste reaches a full saturation with moisture the filtrate gets into the lower layers of waste and then the ground and surface water. The article considers the lysimeter design model which was used in the field experiments on studying a volume of filtration formation. There is described a field site and are given the data of lysimetric investigations. The results of lysimetric investigations are given as diagrams. In accordance with the equation of water balance there is determined an amount of moisture consumed by waste to achieve a full moisture saturation.

Lysimeter, solid waste land fill, filtrate, solid waste.

На объемы фильтрата, существенную роль играют атмосферные осадки, влажность и плотность складированных отходов. Рассмотрим результаты лизиметрических исследований водного баланса в полевых условиях.

Расчетная схема лизиметра приведена на рисунке 1. Полевые опыты были проведены на опытной площадке, расположенной в селе Селково Сергиево-Посадского района Московской области. На опытной площадке были установлены 2 лизиметра высотой 1,8 м каждый и диаметром 0,98 м, которые были заполнены твердыми бытовыми отходами. Морфологический состав засыпаемых отходов представлен в таблице 1. Заполнение лизиметров осуществлялось послойно с уплотнением ручной трамбовкой. Засыпка отходов выполнялась по 0,6 м каждого слоя. После уплотнения в лизиметре № 1 толщина слоев ТБО составила 1,40 м, сформировался массив отходов плотностью $\gamma = 0,116 \text{ т/м}^3$. Лизиметр № 2 заполнялся также послойно и с уплотнением каждого слоя. После заполнения и уплотнения лизиметра № 2 сформировался массив отходов высотой 1,60 м, плотностью $\gamma = 0,118 \text{ т/м}^3$. Поверх отходов в каждом лизиметре был насыпан минеральный грунт слоем 0,05 м.

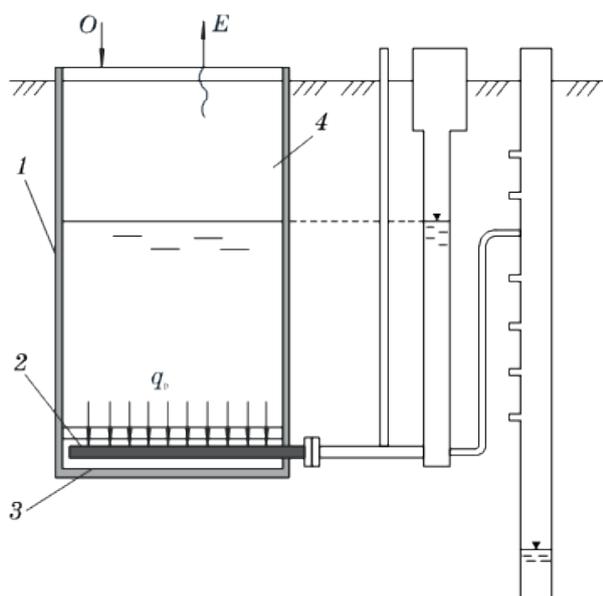


Рис. 1. Схема расчета дренажа: 1 – стенки лизиметра; 2 – дрена; 3 – дно лизиметра; 4 – техногенный грунт (отходы)

Заполнение лизиметров было выполнено в июле 2013 г. Наблюдения за изменением показателей элементов водного питания осуществлялись 1 раз в 10 дней. За обобщающий элемент водного питания был принят объем жидкости, откаченной из трубы компенсации каждого лизиметра, т. е. той жидкости, которая прошла через свалочное тело лизиметра за период наблюдения.

Количество жидкости, откачиваемой из инфильтрационной трубы лизиметра складывается из количества осадков минус испарение и влаги, расходуемой на доведение влажности отходов до полного насыщения их влагой. Лизиметрические данные, полученные опытным путем в полевых условиях, приведены в таблице 1.

Опытная площадка оборудована метеобудкой для определения величины выпадения осадков. Величина атмосферных осадков за период наблюдений составила 552 мм. Испарение определялось расчетным путем.

Результаты лизиметрических исследований приведены на рисунках 2 и 3.

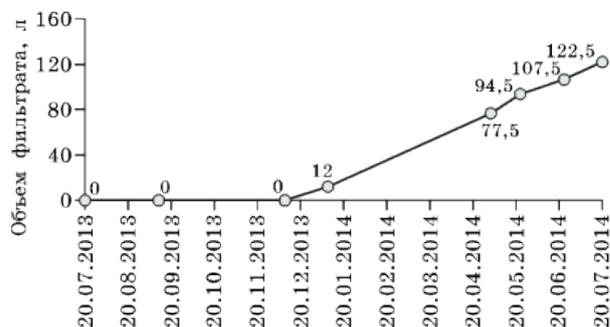


Рис. 2. Изменение объема откачки фильтрата из лизиметра № 1

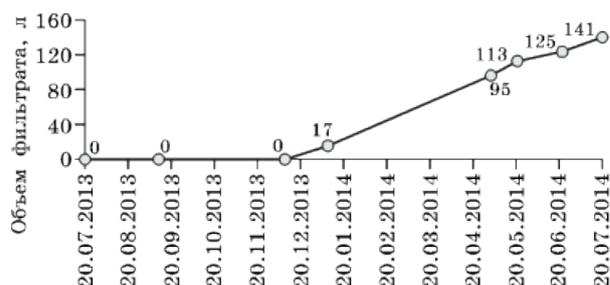


Рис. 3. Изменение объема откачки фильтрата из лизиметра № 2

Таблица 1

Лизиметрические данные, полученные опытным путем в полевых условиях

Дата	УГВ в трубах компенсации, м	Лизиметр № 1			Лизиметр № 2		
		УГВ в трубе инфильтрации, м		Объем откачиваемой жидкости, л	УГВ в трубе инфильтрации, м		Объем откачиваемой жидкости л
		до откачки	после откачки		до откачки	после откачки	
20.07.2013	1,5	—	—	—	—	—	—
10.09.2013	1,5	—	—	—	—	—	—
С 10.09.2013 по 02.05.2014 наблюдался процесс накопления влаги в свалочном теле лизиметров							
02.05.2014	1,5	1,87	3,50	65,5	1,79	3,47	78
12.05.2014	1,5	2,98			2,96		
22.05.2014	1,5	2,47	3,48	17	2,40	3,45	18
02.06.2014	1,5	3,27			3,17		
12.06.2014	1,5	2,74			2,82		
22.06.2014	1,5	2,47	3,24	13	2,55	3,31	12
02.07.2014	1,5	2,87			2,97		
12.07.2014	1,5	2,61			2,74		
22.07.2014	1,5	2,39	3,27	15	2,43	3,34	16
02.08.2014	1,5	2,98			3,04		
12.08.2014	1,5	2,61			2,72		
22.08.2014	1,5	2,44			2,56		

Из условия водного баланса находим количество осадков, расходуемых на испарение и доведение отходов до полного насыщения влагой:

$$O - \Phi = E + \Delta W, \tag{1}$$

где O – осадки за расчетный период, мм; Φ – фильтрат, мм; E – испарение с поверхности лизиметра, мм; ΔW – количество влаги, расходуемой на достижение отходами полного влагонасыщения, мм.

Количество осадков определяли опытным путем. Величину испарения влаги определяли расчетным путем для зимне-весеннего и летне-осеннего периодов

наблюдений по следующим формулам:

$$E_{(з/в)} = E_0 \cdot p_2 \cdot k_1; \tag{2}$$

$$E_{(л/о)} = E_0 \cdot p_4 \cdot k_1, \tag{3}$$

где E_0 – испарение с водной поверхности, принято как среднее многолетнее для данного района по справочной литературе, мм; p_2 – процентное распределение элементов водного баланса (для условий испарения с водной поверхности за зимне-весенний расчетный период) определялось по таблице 2; k_1 – коэффициент приведения испарения с водной поверхности к испарению с поверхности лизиметра, $k_1 = 0,7$; p_4 – процентное распределение элементов водного баланса для испарения с водной поверхности за летне-осенний период (таблица 2 из [1]).

Таблица 2

Процентное распределение элементов водного баланса в зависимости от среднеемноголетней годовой суммы

Элементы водного баланса	Зима (01.10–10.03)	Весна (10.03–15.04)	Лето (15.04–15.09)	Осень (15.09–01.12)
Осадки, %	36	10	30	24
Испарение (с водной поверхности), %	15	8	65	12

Расчетная величина испарения влаги за расчетный период составила:

$$E_{(з/в)} + E_{(л/о)} = E$$

$$E = 49,9 + 167,1 = 217 \text{ мм.}$$

Тогда в соответствии с уравнением водного баланса (1) количество влаги, расходуемой на достижение отходами полного влагонасыщения, составило:

$$\Delta W = O - \Phi - E = 552 - 195 - 217 = 140 \text{ мм.}$$

Выводы

Полученные результаты лизиметрических исследований водного баланса применительно к техногенным (свалочным) грунтам показали, что в процессе формирования свалочного тела на полигонах ТБО до 39 % осадков расходуется на испарение влаги с поверхности полигона, около 25 % – на достижение отходами полного насыщения влагой и 36 % – на образование фильтрата. Наблюдения велись около 2-х лет и будут продолжены в 2015 году.

М., Сметанин В. И. Рекультивация нарушенных земель. – М.: Издательство «КолосС», 2009. – 325 с.

2. Сметанин В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. – М.: Издательство «КолосС», 2003. – 232 с.

3. Сметанин В. И., Стрельников А. К., Пчелкин В. В. Образование фильтрата на свалках и полигонах ТБО // Природообустройство. – 2014. – № 3. – С. 25–28.

Материал поступил в редакцию 13.09.14.

Сметанин Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой организации и технологии строительства объектов природообустройства
E-mail: smetanin2000@yandex.ru

Стрельников Александр Константинович, аспирант

E-mail: jollyrogerxvii@ya.ru

1. Голованов А. И., Зимин Ф.