

УДК 502/504:631.62

А. Н. РОКОЧИНСКИЙ, С. Ю. ГРОМАЧЕНКО

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Ровно (Украина)

РАСЧЕТ ДРЕНАЖНЫХ ТРАНШЕЙ-ПОГЛОТИТЕЛЕЙ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Рассмотрены теоретические подходы к расчету дренажных траншей-поглотителей с учетом их барьерных свойств, фильтрационных и сорбционных характеристик в комплексе природоохранных инженерно-мелиоративных мероприятий.

Функциональные характеристики, дренажная траншея-поглотитель, природоохранные мелиоративные мероприятия.

Theoretical approaches to the calculation of drain trench-absorbers are considered taking into account their barrier properties, filtering and sorption characteristics in a complex of nature-conservative ameliorative measures.

Functional characteristics, drain trench-absorber, nature-conservative ameliorative measures.

Полигоны твердых бытовых отходов (ТБО) и свалки мусора – это сложные природно-технические системы и факторы продолжительного негативно-го воздействия на окружающую среду, поскольку являются источниками выброса многокомпонентных и многофазовых потоков загрязняющих веществ [1].

Для предотвращения загрязнения ландшафтов, локализации и дальнейшей нейтрализации вредных веществ, содержащихся в отходах и формируемом ими фильтрате, авторы предлагают проводить специальные инженерно-мелиоративные мероприятия. Основным подходом к улучшению геохимических условий ландшафта является использование вертикальных площадных и латеральных техногенных геохимических, а также гидрофизического барьеров. Конструктивно они могут быть представлены в виде дренажно-аккумулятивной системы или интенсивной дренажно-аккумулятивной системы [1, 2].

Согласно конструкции и принципу действия, дренажно-аккумулятивные системы и их конструктивные элементы дренажные траншеи-поглотители предназначены для выполнения двух основных функций – *фильтрационной* (водоотводящей) и *сорбционной* (поглощение многокомпонентных

загрязняющих веществ из раствора фильтрационных вод). Поэтому смесь двух полидисперсных систем – активного изолирующего материала – мелиоранта-сорбента (например, цеолит-смектитового туфа) и фильтрующего инертного материала (грунта, песка и т. п.), формирующего наполнение траншей-поглотителей, представляет собой сорбционно-фильтрующую засыпку (СФЗ). В случае устройства интенсивной дренажно-аккумулятивной системы, когда необходимо ускорить отведение загрязненной грунтовой воды (управление гидрофизическим барьером), фильтрующую функцию также обеспечивает материальный дренаж.

Исходя из условия обеспечения фильтрационной функции, а также учитывая особенность конструкции, сорбционно-фильтрующую засыпку рассмотрим в качестве *траншейного дренажного фильтра* – природного почвогрунтового фильтра, сформированного аморфной рыхлой обсыпкой с характеристиками, поддающимися расчету в соответствии с условиями применения (сыпучие материалы). Для работы в сложных условиях дренажные фильтры должны удовлетворять определенным требованиям, в частности обеспечить высокие фильтрационные характеристики.

С учетом условий траншейно-

го дренажного фильтра при расчете движения загрязненных фильтратом грунтовых вод к дренажным транше-

ям и горизонтальным дренам возможны три основных варианта функционирования (рис. 1).

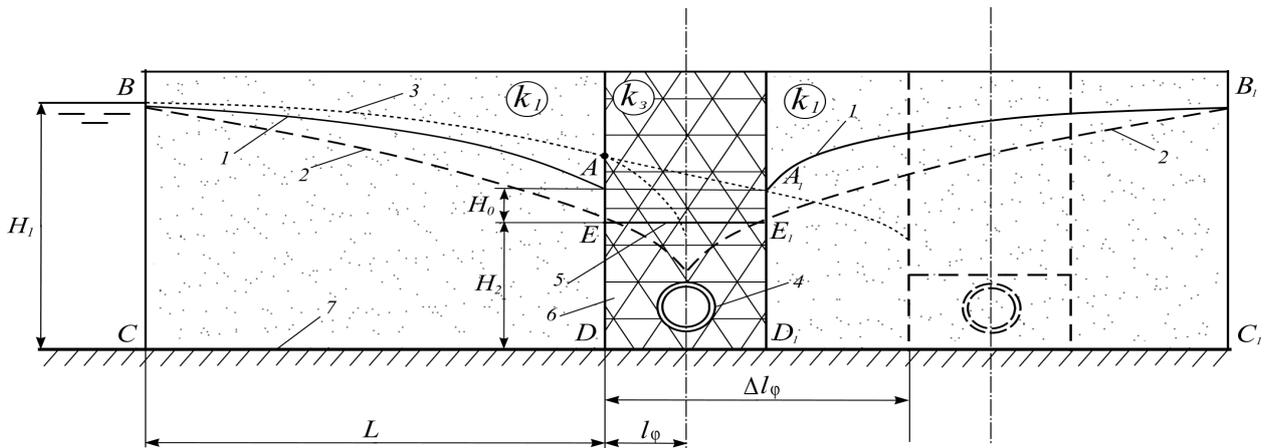


Рис. 1. Варианты функционирования траншейного дренажного фильтра при разных соотношениях коэффициентов фильтрации сорбционно-фильтрующей засыпки и окружающего дренируемого грунта: 1, 2, 3 – кривые свободной поверхности; 4 – дрена; 5 – уровень воды в траншее-поглотителе; 6 – дренажный траншейный фильтр; 7 – водоупор

Первый вариант: коэффициент фильтрации сорбционно-фильтрующей засыпки k_3 значительно больше окружающего дренируемого грунта k_1 в зоне массива складирования отходов, т. е. $k_3 \gg k_1$. Тогда в случае бокового притока фильтрационных вод к траншее установление элементов движения и расхода сводится к решению задачи о прямоугольной перемычке с откосами BC и AD , расположенными на водонепроницаемой основе CD длиной L , высотой воды в нижнем бьефе H_2 , верхнем бьефе H_0 и промежутком высачивания H_0 . При систематическом расположении, когда приток фильтрационных вод к траншее-поглотителю происходит с двух сторон, для установления элементов движения и расхода необходимо учитывать влияние притока фильтрационных вод как через перемычку $ABCD$, так и через перемычку с откосами B_1C_1 и A_1D_1 с параметрами, аналогичными перемычке $ABCD$. Обе задачи решаются на основе теории линейных дифференциальных уравнений, или гидравлической теории постоянного движения (решение Дюпюи–Форхгеймера) [3, 4].

Второй вариант: коэффициенты фильтрации сорбционно-фильтрующей засыпки и окружающего дренируемого

грунта массива складирования отходов приблизительно равны между собой, т. е. $k_3 \cong k_1$. Тогда методика расчета движения фильтрационных вод может базироваться на использовании уравнения Дарси–Дюпюи, представляющего гидравлическое решение задачи постоянного потока фильтрационных вод в однородном грунте.

Теоретически возможна и реализация *третьего варианта*, при котором коэффициент фильтрации сорбционно-фильтрующей засыпки значительно меньше, чем окружающего дренируемого грунта, $k_3 \ll k_1$. Тогда для фильтрационных расчетов целесообразно воспользоваться «виртуальным методом» М. Г. Павловского, суть которого состоит в приведении длины k_3 , на которой размещена активная сорбционно-фильтрующая засыпка с коэффициентом фильтрации k_3 , к длине k_1 прямоугольной перемычки, сформированной окружающим дренируемым грунтом с коэффициентом фильтрации k_1 , по зависимости $\Delta l_\phi = (k_1 / k_3) l_\phi$ [3]. Дальнейшее решение задачи может быть выполнено так же, как и для случая прямоугольной перемычки.

Что касается сорбционной функции, то наиболее значимыми факторами, определяющими протекание и

результат действия сорбционного процесса, являются емкость сорбента и скорость сорбции [5]. Емкость сорбента – фактор, необходимый для разработки методов определения нормы внесения мелиоранта-сорбента (установлен авторами на основе лабораторных исследований сорбционных характеристик цеолит-сметитового туфа в статическом режиме, по которым получены соответствующие графические и математические зависимости и эмпирические коэффициенты).

Учет скорости сорбции необходим для установления конструктивных параметров дренажных устройств и их элементов и нуждается в определении кинетических характеристик системы «цеолит – сметитовый туф – фильтрат», а именно порядка, константы скорости реакции K_v и времени полуреакции $\tau_{1/2}$.

На основе проведенных исследований и при обработке полученных данных, согласно интегральному графическому методу, установлено, что реакция в системе «цеолит – сметитовый туф – фильтрат» является реакцией первого порядка, а в соответствии с законом действующих масс скорость реакции и время полуреакции могут быть определены так:

$$K_v = \frac{1}{\tau} \ln \frac{C_0}{C_\tau} \quad [K_v] = c^{-1};$$

$$\tau_{1/2} = \frac{1}{K_v} \ln \frac{2C_0}{C_0} = \frac{0,693}{K_v},$$

где τ – время протекания реакции; C_0 и C_τ – концентрации реагента соответственно в начальный и конечный моменты времени.

При расчете параметров дренажно-аккумулятивной системы и интенсивной дренажно-аккумулятивной системы значимым вопросом является определение количественной характеристики, одновременно описывающей фильтрационную и сорбционную способности обеих систем относительно аккумуляции и нейтрализации загрязнения при их совместной работе.

Таким образом, очищение потока фильтрационной воды от загрязняющих веществ совокупности $\{\varphi\}$, $\varphi = \overline{1, n_\varphi}$ при прохождении данного потока через геохимический барьер длиной l_φ обеспечивается при условии

$$t_\varphi = \frac{l_\varphi}{k_3} > t_r = 2\tau_{1/2}^\varphi,$$

где t_φ – время прохождения потока грунтовой воды, загрязненной веществом $\{\varphi\}$, $\varphi = \overline{1, n_\varphi}$, через дренажные траншеи-поглотители; t_r – время реакции системы «мелиорант-сорбент – фильтрат» относительно поглощения конкретного вещества совокупности $\{\varphi\}$, $\varphi = \overline{1, n_\varphi}$; k_3 – коэффициент фильтрации смеси засыпки дренажной траншеи-поглотителя.

Выводы

Характер и уровень зависимостей между фильтрационными и сорбционными параметрами сорбционно-фильтрующей засыпки, установленные в результате исследований, позволяют обосновывать ее с заданными функциональными характеристиками. В расчете конструкции и параметров дренажно-аккумулятивной системы – основного элемента инженерной защиты территорий и водных объектов в зоне складирования отходов – обязательно должны быть соблюдены условия согласования скоростей фильтрации и сорбции.

1. Голованов А. И., Пестов Л. Ф., Максимов С. А. Геохимия техноприродных ландшафтов. – М.: МГУП, 2006. – 202 с.

2. Громаченко С. Ю. Рокочинский А. Н. Барьерные свойства дренажно-аккумулятивных систем в комплексе инженерно-мелиоративных мероприятий при утилизации отходов: Роль мелиорации и водного хозяйства в инновационном развитии АПК. – М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2012. – с.

3. Павловский Н. Н. Неравномерное движение грунтовых вод. – Л.: Кубуч, 1930. – 58 с.

4. Кутаис Л. И. Курс гидротехники в торфяном производстве. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1955. – Ч. 1. – 401 с.

5. Тимофеев Д. П. Кинетика адсорбции. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1962. – 253 с.

Материал поступил в редакцию 12.04.13.

Рокочинский Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор
Тел. 8-38 (0362) 26-18-30

E-mail: -ekoteh-@ukr.net

Громаченко Сергей Юрьевич, кандидат технических наук

E-mail: s_gromachenko@ukr.net