

**С. Н. К о с т а р е в** (Пермь, ПермГТУ). **Критерии подобия термодинамических характеристик фильтрата в массиве отходов.**

В решении вопросов безопасного состояния экосистемы [1] важную роль играют методы физического и математического моделирования процессов массообмена с образованием фильтрата [2] на основе термодинамических функций. Свободную энергию экосистемы, на основе [3], можно выразить в упрощенном виде

$$dP = \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_{\omega} dT + \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_{T} d\omega, \quad (1)$$

где  $P$  — давление (потенциал) влаги;  $T$  — абсолютная температура;  $\omega$  — влажность массива.

Критериальные отношения, исходя из уравнения (1), унифицированы зависимостями:

$$P = f_1(\omega, T), \quad K = f_2(\omega, T). \quad (2)$$

В эксплуатационный период полигона твердых бытовых отходов (ТБО), в массиве преобладает развитая удельная поверхность, содержащая различные категории влаги (капиллярная, капиллярно-поверхностная и поверхностная), но преобладающими являются последние две категории, а в рекультивационный период — капиллярная. Для капиллярной влаги зависимость давления от температуры представлена уравнением [4]  $\frac{\partial P_V}{\partial T} = \frac{P}{\sigma} \frac{d\sigma}{dT}$ , где  $\sigma$  — поверхностное натяжение воды.

Таким образом, отношения (2) можно представить в виде зависимостей:  $P = f_{11}(\omega, S, \sigma, T)$ ,  $K = f_{21}(\omega, S, \eta, T)$ , где  $S$  — удельная поверхность;  $\eta$  — вязкость воды.

Для описания приведенного капиллярного давления  $\bar{P}$  в однородных средах можно использовать критерий подобия [5]  $\bar{P} = \frac{P}{\sigma S d}$ , где  $d$  — плотность массива.

Анализ экспериментальных данных показал, что при приведенной влажности  $\bar{\omega} = \omega \tau^2$ , капиллярное давление влаги инвариантно относительно изменения температуры от 10 до 60 °С

$$\bar{P} = \frac{P_1}{\sigma_1 S_1 d_1} = \frac{P_2}{\sigma_2 S_2 d_2} = \dots = \frac{P_i}{\sigma_i S_i d_i} = \text{idem} \quad \text{при} \quad \bar{\omega} = \text{const}.$$

Для массивов с развитой удельной поверхностью на основании [6], приведенное капиллярное давление равно  $P^* = \frac{P \omega \tau}{\sigma S d}$

Анализ данных между относительными и абсолютными значениями давления влаги, показал незначительную дисперсию  $P^*$

$$P^* = \frac{P_1 \omega_1 \tau_1}{\sigma_1 S_1 d_1} = \frac{P_2 \omega_2 \tau_2}{\sigma_2 S_2 d_2} = \dots = \frac{P_i \omega_i \tau_i}{\sigma_i S_i d_i} = \text{idem} \quad \text{при} \quad P = \text{const}.$$

Для унификации зависимости  $K = f_2(\omega, T)$ , используя [7], получен критерий  $\bar{K} = \frac{\eta_1 S_1^2 K_1}{\rho g} = \frac{\eta_2 S_2^2 K_2}{\rho g} = \dots = \frac{\eta_i S_i^2 K_i}{\rho g} = \text{idem}$  при  $\bar{\omega} = \text{const}$ .

Для описания массива с различной удельной поверхностью, можно использовать критерий  $K_1^* = \sqrt[3]{\frac{K}{\eta S}}$ , аналогичный критерию Рейнольдса, а также критерий, аналогичный критерию Фруда:  $K_2^* = \frac{K^2 S d}{\omega g}$ . В логарифмических координатах, функции  $P(P^*)$ ,  $K(K^*)$  линейны, что позволяет их аппроксимировать линейными выражениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Костарев С. Н.* Оценка безопасности полигона твердых бытовых отходов. — Обозрение прикл. и промышл. матем., 2008, т. 15, в. 5, с. 892–893.
2. *Костарев С. Н., Серета Т. Г.* Управление полигоном твердых бытовых отходов при стохастических возмущающих воздействиях. — Обозрение прикл. и промышл. матем., 2007, т. 14, в. 4, с. 729–730.
3. *Вох J. E.* Influence of soil bulk density on matric potential. — Soil Sci. Amer. Proc., 1962, v. 26.
4. *Wilkinson G. E.* The temperature effect-on the equilibrium energy, status of water held by porous media. — Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1962, v. 26.
5. *Онищенко В. Г., Мичурин Б. Н.* Обобщенные зависимости давления влаги и влагопроводности от влажности в однородных механических фракциях. — Почвоведение, 1976, № 4.
6. *Мичурин Б. Н., Онищенко В. Г.* Зависимость приведенного давления от содержания свободной влаги в почве. — Почвоведение, 1975, № 6.
7. *Novak V.* Non-isothermal flow of water in unsaturated soils. — J. Hydr. Sci., 1975, v. 2.