

УДК539

Герасимов О.І., Карабіненко Ю.О., Андріанова І.С., Співак А.Я., Івашковська Ю.О.  
(Україна, Одеса)

### МОДЕЛЬ ДІЇ ГРАНУЛЬОВАНОГО МОДУЛЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

У роботі [1] нами були розглянуті переваги модулів (захисних екранів) для зберігання радіоактивних відходів з гранульованим наповнювачем перед монолітними конструкціями, які традиційно використовуються для складування та зберігання радіоактивних відходів на АЕС України. Враховуючи те, що гранульованими матеріалами простіше маніпулювати у сенсі регулювання поглинальних параметрів, а також транспортування, заміни та евакуації, а також їх відносно низьку собівартість, запропонована технологія є актуальною та своєчасною. Науковим підґрунтям подібного інженерно-фізичного проекту є концептуальні теоретичні моделі багатоканальної дифузії та багатоцентрального розсіювання у гранульованих матеріалах.

Для опису процесів дифузії у гранульованому середовищі нами була використана модель дифузії у пористому (багатошаровому) середовищі з детермінованою послідовною та паралельною морфологією каналів дифузії. Процеси розчинення та(або) дифузії мігруючої домішки (чи зонда) в багатошарових системах, наприклад у випадку газових середовищ, можуть бути описані за допомогою закону Генрі (відношення концентрацій на межі контактуючих сусідніх шарів дорівнює відношенню констант розчинення домішки в речовинах суміжних шарів, а на вхідний і вихідний поверхнях шаруватого зразка, виконуються граничні умови 1-го роду).

У випадку багатошарової структури, розташованої перпендикулярно напрямку основного потоку, реалізується послідовна дифузія зонда. Стаціонарний потік  $J_{cm}$  домішок (нехай, скажімо радіонуклідів) крізь багатошарову систему каналів гранульованих матеріалів, що складається з  $m$  - різних верств, може бути записаний у вигляді:

$$1/J_{cm} = \sum_{i=1}^m 1/J_i = \sum_{i=1}^m l_i / (D_i \Gamma_i),$$

де  $D_i$  і  $\Gamma_i$  - коефіцієнт дифузії і коефіцієнт Генрі в кожному шарі,  $l_i$  - товщина конкретного шару. Можна показати, що час запізнення  $\tau_{зан}$  для двошарового модуля гранульованих матеріалів, у випадку послідовної морфології має вигляд

$$\tau_{зан} = \left[ \frac{l_1^2}{D_1} \left( \frac{l_1}{6\Gamma_1 D_1} + \frac{l_2}{2\Gamma_2 D_2} \right) + \frac{l_2^2}{D_2} \left( \frac{l_1}{2\Gamma_1 D_1} + \frac{l_2}{6\Gamma_2 D_2} \right) \right] / \left[ \frac{l_1}{\Gamma_1 D_1} + \frac{l_2}{\Gamma_2 D_2} \right].$$

Механізм дифузії домішок у паралельних каналах реалізується у пористих шаруватих системах з прошарками речовини, розташованими паралельно напрямку головного струму. Коли частинка зонду, що потрапила в один з транспортних каналів, не може перейти в інший канал, процес виглядає як транспорт у вздовж декорельованих детермінованих траєкторій то потік мігруючої речовини, крізь мембрану може бути представлений сумою елементарних потоків  $J_i$  по кожному

з каналів, а час запізнення при цьому дорівнює  $1/\tau_{зан,пар} = \sum_{i=1}^m 1/\tau_{зан,i}$ . При комбінації нескорельованої паралельної та послідовної морфології каналів час запізнення може визначитися як сума  $\tau_{зан,осл}$  та  $\tau_{зан,пар}$ .

Отже, дифузійне перенесення в пористому середовищі уповільнюється механічним блокуванням дифузійного потоку твердим скелетом, подовженням шляху дифузії внаслідок складеної морфології (звивистості) капілярів, а також, у загальному випадку – гальмуванням кінетичного руху стінками капіляра, підвищенням в'язкості мігруючої компоненти через можливу розчинність речовини ґратки каналів. Важливо, що майже всі враховані параметри впливу можуть бути контрольовані та заздалегідь спрогнозовані.

#### Література

1 Герасимов О.І. та ін. Гранульовані матеріали в технологіях утилізації радіаційно шкідливих речовин // Матеріали Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології» (22-23 листопада 2016 року, м. Київ), 2016.–С. 40-42.