

УДК 631.62:502.7

**ВИКОРИСТАННЯ ДРЕНАЖНО-АКУМУЛЮЮЧИХ МЕРЕЖ
ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ І ВОДНИХ
ОБ'ЄКТІВ У ЗОНІ СКЛАДУВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

А.М. РОКОЧИНСЬКИЙ, С.Ю. ГРОМАЧЕНКО

Національний університет водного господарства
та природокористування

Розглянуто методичні підходи до числового моделювання процесу перехоплення мігруючих речовин у зоні складування побутових відходів техногенними фізико-хімічними бар'єрами у вигляді дренажно-акумулюючих мереж у природоохоронних меліоративних заходах.

© А.М. Рокочинський, С.Ю. Громаченко, 2013
Меліорація і водне господарство. 2013. Вип.100

Ключові слова: дренажно-акумуляючі мережі, фізико-хімічні бар'єри, захист, забруднення, території і водні об'єкти, тверді побутові відходи

В останні роки активізувались дослідження з питань оптимізації природокористування і оздоровлення стану навколишнього природного середовища (НПС) [1]. Особливе місце в цьому процесі посідають водні ресурси, оскільки жодна сфера діяльності й життя людини неможлива без використання води. Водоресурсний потенціал будь-якої території є природною основою її економічного розвитку, соціального й екологічного добробуту.

Забруднення водних об'єктів та ґрунтів часто пов'язане з наявністю населених пунктів, що не мають каналізаційних мереж, упорядкованих складів отрутохімікатів і пально-мастильних матеріалів, полігонів твердих побутових відходів (ТПВ), скотомогильників, тваринницьких ферм, що зумовлює виникнення локальних біологічних, хімічних, радіаційних забруднень. Як свідчать сучасні дослідження вітчизняних та закордонних учених, тривале накопичення побутових відходів на звалищах призводить до виникнення непередбачуваних фізико-хімічних та біохімічних процесів, продуктами яких є шкідливі потоки забруднювальних речовин [2, 3].

Об'єкти складування відходів також характеризуються міграційною здатністю, тобто у ландшафтно-геохімічній системі, в межах якої розташований полігон або звалище ТПВ, відбувається рух і перерозподіл хімічних елементів та їхніх сполук [4]. При цьому міграція елементів може відбуватися у рідкій фазі (розвантаження потоку фільтрату в ґрунтові води), газоподібній (виділення вуглекислого газу, метану, токсичних речовин тривалої дії та речовин неметаногенного походження в атмосферу внаслідок аеробних та анаеробних процесів у відвалах відходів) та твердій (унаслідок дії гравітації, дифузії або перекристалізації). Спрямований характер міграційних потоків та зміна на шляху їхнього руху геохімічного середовища призводять до диференціації хімічних елементів та їхніх сполук у вертикальному й горизонтальному напрямках. Явище накопичення останніх через локальні зміни умов міграції у певній частині ландшафтно-геохімічної системи називається бар'єрністю [4–6].

Згідно з теорією природних і техногенних геохімічних бар'єрів, що розроблена О.І. Перельманом та набула подальшого розвитку у

працях О.І. Голованова, М.А. Попова, Л.Ф. Пестова, С.А. Максимова, М. V. Khire, R. K. Rowe й ін., такими бар'єрами виступають ділянки ландшафту, в яких на відносно короткій відстані відбувається зменшення інтенсивності міграції хімічних елементів, унаслідок чого збільшується їхня концентрація [4]. Якщо природні геохімічні бар'єри формуються в результаті закономірної просторової еволюції ландшафтів, то техногенні бар'єри створюються штучно, формуючи на шляху руху техногенних потоків нові штучні структури, що призначені для мінімізації забруднення НПС.

Для захисту від забруднення територій і водних об'єктів шляхом локалізації та подальшої нейтралізації шкідливих речовин, які містяться у відходах та потоці фільтрату, нами пропонується застосування комплексу інженерно-меліоративних заходів (КІМЗ) [7]. При цьому основним підходом до поліпшення геохімічних умов ландшафту із включеними у нього водними об'єктами, ґрунтами, біотою тощо в межах території складування ТПВ є застосування вертикальних площинних і латеральних техногенних геохімічних та гідрофізичного бар'єрів. Використання двох груп геохімічних бар'єрів зумовлене існуванням різних напрямків потоку міграції хімічних елементів. Вертикальні геохімічні бар'єри мінімізують вертикальну міграцію речовин і створюють диференціацію хімічних речовин у ґрунтовому профілі. Латеральні геохімічні бар'єри застосовують на границях геохімічно контрастних елементів ландшафту при міграції хімічних речовин до суміжних ділянок, що геохімічно поєднані з існуючим ландшафтним рядом [4].

Застосування гідрофізичного бар'єра зумовлене необхідністю регулювання напрямку та величини потоків вологи у неповністю (зона аерації) і повністю насичених породах у межах об'єкта складування відходів, оскільки на практиці часто спостерігаються випадки високого стояння РГВ (0,5–2 м) від дна котлована полігона ТПВ чи сміттєзвалища. Понижуючи рівень забрудненої ґрунтової води і, таким чином, зменшуючи ступінь промивання твердої фази ґрунту, можна певною мірою мінімізувати конвективну складову переносу забруднювальних речовин, а отже, і зменшити ореол забруднення гірської породи в основі об'єкта складування відходів та захистити необхідні суміжні водоносні горизонти й водні об'єкти.

На практиці зазначені фізико-хімічні бар'єри можуть бути представлені природними сорбентами як меліоранти, що функціонують сумісно з огороджувальними дренами у вигляді дренажно-акумуляуючої мережі (ДАМ) та інтенсивної дренажно-акумуляуючої мережі (ІДАМ).

Як меліорант-сорбент пропонується використовувати цеоліт-сметитовий туф – потужний природний сорбент, іонообмінник, вулканічну породу та промислові відходи, – що істотно впливає на фізико-хімічні й міграційні процеси в системі ґрунт – ґрунтові води [7].

У свою чергу, ДАМ виступає як техногенний геохімічний бар'єр, в якому на відносно короткій відстані збільшується концентрація хімічних сполук, що являє собою сукупність послідовно з'єднаних елементів у вигляді безпорожнинних дрен – траншей-поглиначів. Останні заповнені активним сорбційним (меліорант-сорбент) та пасивним фільтрувальним (ґрунт, пісок, гравій тощо) матеріалами для забезпечення локалізації та подальшої нейтралізації фільтрату, що прямує у довкілля, шляхом механічного очищення, фізичної та фізико-хімічної сорбції.

Для інтенсифікації пониження РГВ одночасно з можливістю безпечного відведення вологи з масиву відвалів ТПВ доцільно застосовувати ІДАМ, в якій поєднуються техногенний геохімічний (меліорант-сорбент) та гідрофізичний (у вигляді матеріального дренажу) бар'єри. Основний конструктивний елемент ІДАМ – це інтенсивна дренажна траншея поглинач, водовідвідний засіб, що заповнений активним сорбційним та пасивним фільтрувальним матеріалами, по дну якого влаштовані матеріальні (гончарні або пластмасові) труби, що приймають з ґрунту надлишкові забруднені фільтраційні води та відводять їх через систему закритих збирачів (колекторів) до місця збору й утилізації (рис. 1).

Для розв'язання задач міграції забруднень у ґрунтовому профілі в рамках підземної гідромеханіки, а також обґрунтування дренажно-акумуляуючих мереж як фізико-хімічних бар'єрів згідно з [8, 9] може бути використана математична модель процесу утилізації мігруючих у фільтраційному потоці речовин системою фільтрів-уловлювачів в одновимірному нестационарному випадку (рис. 2).

Як правило, процес міграції забруднень у ґрунтовому профілі зумовлений та супроводжується явищами масопереносу, кінетикою сорбції та фільтрацією.

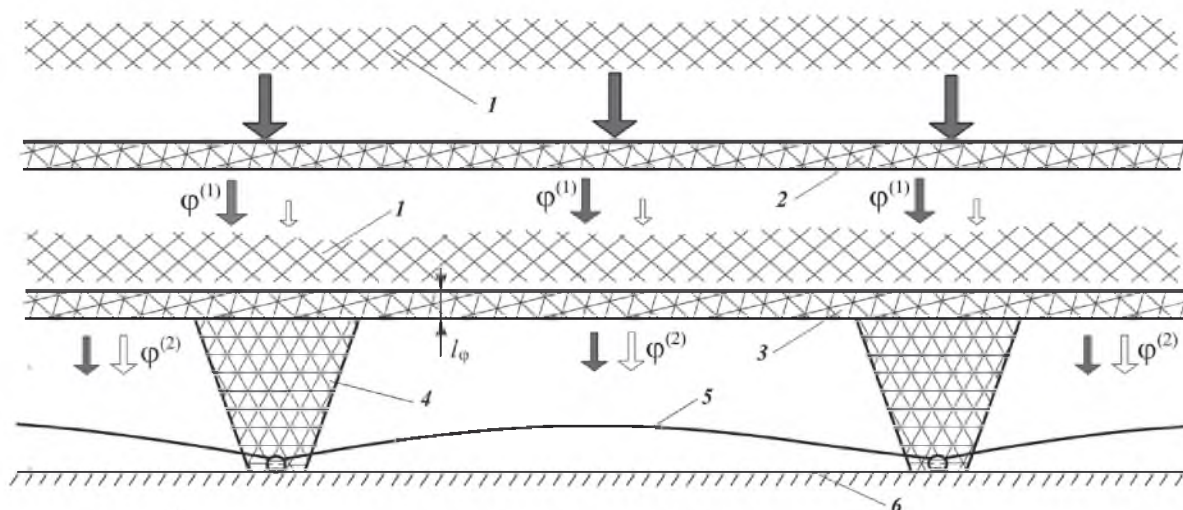


Рис. 1. Схема і параметри техногенного фізико-хімічного та гідрофізичного бар'єрів у вигляді ІДАМ:

1 – відвали відходів; 2–4 – ділянки концентрації елементів відповідно у відвалах відходів, основі звалища та траншеї-поглиначі; 5 – рівень ґрунтових вод; 6 – водотривкий шар ґрунту; $\varphi^{(1)}, \varphi^{(2)}$ – значення (концентрація) певної хімічної сполуки $\{\varphi\}$, $\varphi = 1, n_\varphi$ відповідно до і після бар'єра; l_φ – довжина бар'єра

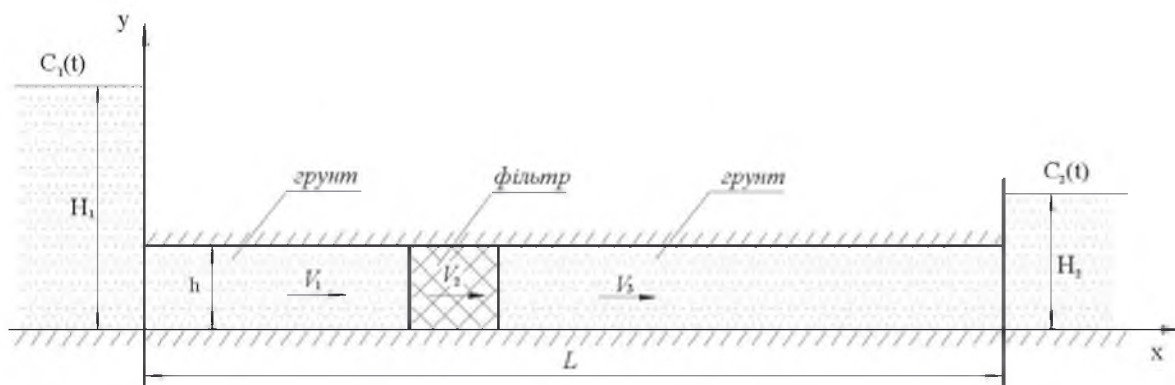


Рис. 2. Схема утилізації мігруючих забруднювальних речовин з використанням фільтра-уловлювача

Згідно з [8] крайова задача такої моделі описується у вигляді системи рівнянь:

- для концентрацій $c_i(x, t)$, $i = \overline{1, n}$,

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D_i(c) \frac{\partial c}{\partial x} \right) - V_i(c) \frac{\partial c_i}{\partial x} - \frac{\partial N}{\partial t} = \sigma_i \frac{\partial c_i}{\partial t}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (1)$$

- кінетики сорбції

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \gamma(c_i - C_*), \quad i = \overline{1, n}; \quad (2)$$

- фільтрації підземних вод:
- а) за законом Дарсі

$$V_2 = -k_i \frac{\partial h_i}{\partial x} + v_i \frac{\partial c_i}{\partial x}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (3)$$

- б) за рівнянням нерозривності потоку

$$\frac{\partial V_i}{\partial x} = 0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

При наступних крайових умовах для концентрацій c_i та напору h :

- початковій умові для концентрацій

$$c_i(x, 0) = \tilde{C}_0^i(x), \quad i = \overline{1, n}; \quad (5)$$

- граничних умовах для концентрацій

$$c_1(0, t) = \tilde{C}_1(t). \quad (6)$$

За умов спряження для концентрацій

$$c_i(l_i, t) = c_{i+1}(l_i, t), \quad i = \overline{1, n-1}; \quad (7)$$

- граничних умов для напору

$$h(0) = H_1, \quad h(l) = H_2. \quad (8)$$

За умов спряження

$$V_i(l_i) = V_{i+1}(l_i), \quad i = \overline{1, n-1}, \quad (9)$$

де D_i – коефіцієнт конвективної дифузії; V_i – швидкість фільтрації; γ – коефіцієнт масообміну; $\sigma(x)$ – напруження ґрунтового масиву; $\tilde{C}_0^i(x)$ – розподіл концентрації в шарі ґрунту в початковий момент часу; $\tilde{C}_1(t)$ – концентрація розчинених речовин до фільтра; $\tilde{C}_2(t)$ – концентрація розчинених речовин після проходження фільтра; C_* – концентрація граничного насичення; H_1, H_2 – п'єзометричні напори відповідно у верхньому та нижньому басейнах; t – час.

Реалізація даної математичної моделі у середовищі візуального програмування (наприклад, Delphi 7.0) дає змогу проводити значну кількість числових експериментів та виконувати їхній аналіз. Такий підхід, що полягає у пошуку численних розв'язків диференціаль-

них рівнянь процесу міграції забруднень за відповідними моделями, ґрунтується на принципі найбільш повного врахування механізму їхнього переміщення по профілю ґрунту та у часі, тому з теоретичної точки зору він є найбільш обґрунтованим.

Але оскільки немає прямого розв'язку диференціальних рівнянь без визначення значної кількості необхідних обмежень та спрощень, що часто не відповідає потребам виробництва, а також зважаючи на прикладний характер застосування природоохоронних меліоративних заходів, при обґрунтуванні їхнього виду, складу та параметрів вважаємо за доцільне використовувати традиційні у меліорації та водному господарстві балансові моделі у дискретному вигляді.

Висновок. Питання захисту від забруднення територій і водних об'єктів у зоні складування ТПВ є актуальним та має складний комплексний характер. Одним із підходів до його вирішення є формування на шляху руху техногенних потоків штучних фізико-хімічних бар'єрів у вигляді захисних дренажно-акумуляуючих мереж у комплексі з природними (або штучними) сорбентами, як відповідними меліорантами, з дотриманням умови узгодження процесів фільтрації та сорбції.

1. *Рокочинський А.М.* Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / А.М. Рокочинський; за ред. академіка УААН М.І. Ромащенко. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.

2. *Батищев В.В.* Фильтрационные процессы в районах полигонов ТБО/ В.В. Батищев, В.И. Кияшкин, С.А. Довгань. – М.: ЗАО «Фирма Сибико Интернэшнл», 2001. – С. 139–140.

3. *Сталинский Д.В.* Технология обезвреживания сточных вод полигонов твердых бытовых отходов/ Д.В. Сталинский, Г.С. Пантелют, М.С. Рубан // Экология и промышленность. – 2004. – №1. – С. 38–39.

4. *Голованов А.И.* Геохимия техноприродных ландшафтов: учебн. пособие / А.И. Голованов, Л.Ф. Пестов, С.А. Максимов. – М.:Изд. МГУП, 2006. – 203 с.

5. *Rowe R.K.* Barrier Systems for Waste Disposal Facilities / [R.K. Rowe, R.M. Quigley, R.W. Brachman, J.R. Booker] // London: Taylor & Francis Books Ltd, 2004. – 587 p.

6. *Rowe R.K.* Barrier Systems / R.K. Rowe // Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Handbook. – Norwell:Kluwer Academic Publishing, 2001. – P. 739–788.

7. *Громаченко С.Ю.* Обґрунтування необхідності розробки комплексу інженерно-меліоративних заходів для запобігання забрудненню при-

родних екосистем полігонами та звалищами відходів / С.Ю. Громаченко, А.М. Рокочинський // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 34. – С. 88–96.

8. Власюк А.П. Числове моделювання процесу перехоплення мігрантів утилізацією їх з використанням фільтрів-уловлювачів / А.П. Власюк, Г.М. Куліш // Вісн. НУВГП. – 2009. – Вип. 31. – Ч. 2. – С. 214–219.

9. Власюк А.П. Основи сучасного візуально-подійного програмування: програмування в середовищі Delphi / А.П. Власюк, О.В. Прищеп. – Рівне: НУВГП, 2008. – 496 с.

Рассмотрены методические подходы к числовому моделированию процесса перехвата мигрирующих веществ в зоне складирования бытовых отходов техногенными физико-химическими барьерами в виде дренажно-аккумулирующих систем в природоохранных мелиоративных мероприятиях.

The methodological approaches to mathematic modeling the process of substances migration interception within the wastes site with anthropogenic physicochemical barriers as drainage-accumulation networks in nature conservation land-reclamation measures have been considered.