

## МІГРАЦІЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ВГЛИБ ҐРУНТУ ПІД ЧАС ВИПАДАННЯ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ

© Люта О.В., Гумницький Я.М., 2010

**Проаналізовано проблему забруднення навколишнього середовища компонентами азотних добрив. Експериментально досліджено вимивання компонентів гранульованих азотних мінеральних добрив із ґрунтового середовища. Розраховано коефіцієнт масо-віддачі. Виконано порівняння проникнення компонентів азотних добрив молекулярно-дифузійним та конвективним способом.**

**The problem of pollution of environment with the components of nitrogen mineral fertilizers was analyzed. Experimental researches of washout of components of granulated nitrogen mineral fertilizers from soil environment were carried out. Calculation of the coefficient of mass transfer was done. Comparison of penetration of components of nitrogen fertilizers by molecular diffusion and convective way was carried out.**

**Постановка проблеми і її зв'язок з важливими науковими завданнями.** Захист навколишнього природного середовища передбачає раціональне використання природних ресурсів, застосування нових енергозберігаючих технологій та розробок, введення в експлуатацію сучасних маловідходних технологій, що дає змогу зменшити негативний вплив на довкілля від антропогенної діяльності та обмежити його забруднення. Інтенсивне ведення сільського господарства з використанням ґрунтового покриття є неможливим без використання різних мінеральних та органічних добрив, пестицидів, засобів для захисту рослин тощо. Усе це в комплексі, з одного боку, забезпечує отримання бажаних врожаїв, а з іншого – їхні залишки накопичуються у ґрунті та з часом забруднюють як нижні шари ґрунтового середовища, так і наземні та підземні водойми. А це, своєю чергою, призводить до виникнення таких проблем, як зменшення кількості джерел питного водопостачання, втрати цінних видів ґрунтів, заболочення водойм та загибель риби.

Одним із основних небезпечних забрудників ґрунтів та водойм є легкорозчинні азотні мінеральні добрива. Вони є особливо необхідними для повноцінного живлення сільськогосподарських культур. За рахунок їх високої розчинності у вологому ґрунтовому середовищі вони вносяться у надлишку для забезпечення сільськогосподарських культур азотом протягом цілого вегетаційного періоду. Максимальна кількість азотних добрив, які можуть поглинути рослини, не перевищує 70 % [1, 2]. За рахунок того, що азотні мінеральні добрива застосовуються вже багато десятків років, кількість нітратів, які проникають крізь ґрунтове середовище і потрапляють у підземні водойми, з кожним роком збільшується.

Проникнення компонентів азотних добрив вглиб ґрунту відбувається двома способами: за рахунок інтенсивного вимивання компонентів азотних добрив із ґрунту під час випадання атмосферних опадів та за рахунок молекулярно-дифузійного перенесення у разі відсутності опадів. Отже, створюється безперервний потік компонентів азотних добрив вглиб ґрунтового середовища протягом цілого року, що призводить до того, що з кожним роком скорочується кількість джерел і колодязів, які є придатними для забору питної води [3, 4].

У той час як проникнення азотних добрив за рахунок молекулярної дифузії відбувається доволі повільно, то кількість компонентів азотних добрив, яка вимивається із ґрунту під час випадання атмосферних опадів, є значно вищою, що визначається кількістю внесених добрив, властивостями середовища (водопроникністю) і кількістю опадів. Завчасне прогнозування процесу

міграції компонентів азотних добрив дає змогу оцінити і вжити заходів для попередження забруднення ґрунтового середовища.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Згідно з останніми літературними даними, основна увага більшості авторів, які займалися проблемою забруднення ґрунту та прогнозування проникнення різного роду забрудників крізь ґрунтове середовище, приділена прогнозуванню та математичному моделюванню процесів міграції мінеральних солей, радіонуклідів і важких металів, забруднення якими відбувається від точкового джерела (наприклад, складування відходів на певній території), що призводить до постійного проникнення частини забруднювальних речовин вглиб ґрунту та у підземні води [5–9]. Проте забрудненню ґрунтового середовища компонентами азотних добрив, їх міграції ґрунтовим профілем, моделюванню процесу їх переміщення у ґрунті як за рахунок молекулярної дифузії, так і конвективної, приділено недостатньо уваги.

**Мета роботи.** Метою роботи було дослідження процесу конвективного перенесення мінеральних добрив вглиб ґрунтового середовища та порівняння можливості забруднення нижніх шарів ґрунту як за рахунок молекулярно-дифузійного перенесення, так і конвективно.

Для оцінювання можливості забруднення нижніх шарів ґрунтового середовища та підземних вод компонентами азотних мінеральних добрив за рахунок випадання атмосферних опадів виконано експериментальні дослідження на двох типах ґрунтів, а саме: піщаному та суглинковому. Під час виконання експериментальних досліджень у поверхневий шар ґрунту вносили азотні мінеральні, а саме амонію нітрат, та періодично поливали ґрунт залежно від кількості випадання опадів по Львівській області за місяць травень [10]. Результати експериментальних досліджень наведені на рис. 1, а, б.

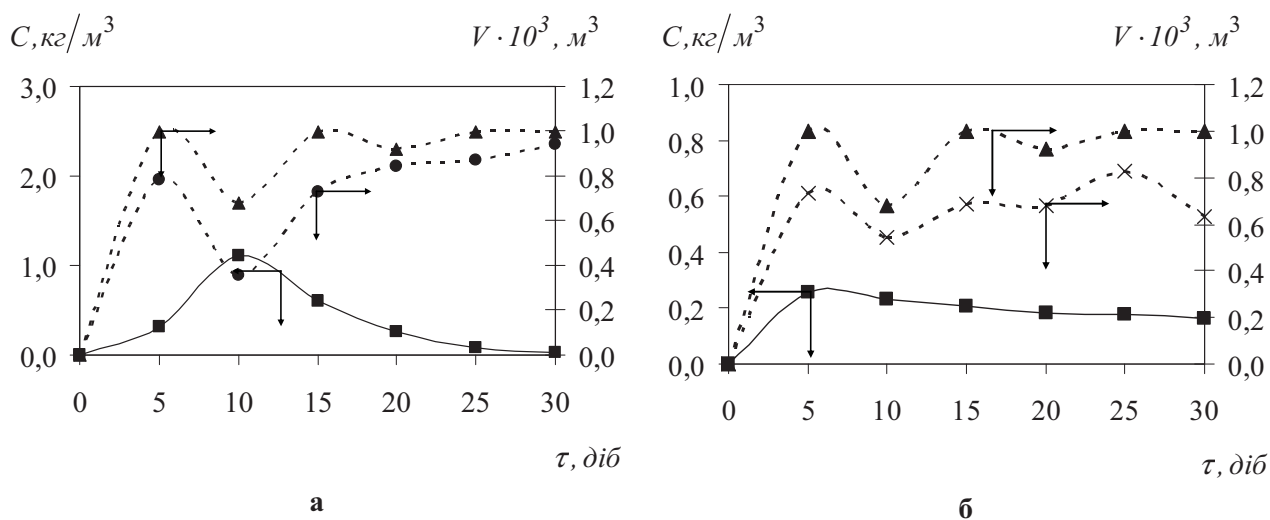


Рис. 1. Кінетика вимивання амонію нітрату із піщаного (а) та суглинкового (б) ґрунтового шару:  
 ■ – концентрація амонію нітрату у фільтраті, кг/м<sup>3</sup>; ▲ – об'єм опадів, м<sup>3</sup>; ● – об'єм фільтрату із піщаного ґрунту, м<sup>3</sup>, × – об'єм фільтрату із суглинкового ґрунту, м<sup>3</sup>

Під час виконання експериментальних досліджень визначали швидкість фільтрації води крізь ґрунтовий шар висотою 20 см. Проникнення компонентів азотних добрив під час випадання атмосферних опадів відбувається у два етапи:

- 1) фільтрація під час випадання опадів;
- 2) фільтрація під дією сил гравітації.

Отже, визначена швидкість фільтрації під час випадання опадів становить у піщаному ґрунті – 15,8 м/добу, а у легкосуглинковому ґрунті – 0,8 м/добу, а швидкість фільтрації за рахунок сил гравітації відповідно 0,054 м/добу та 0,03 м/добу.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що у піщаних ґрунтах за 30 діб експерименту практично усі внесені азотні добрива було вимито із ґрунту. Із суглинкового ґрунту вимивання відбувається повільніше за рахунок властивостей ґрунту, проте із подальшим випаданням опадів цей процес продовжуватиметься. Отже, кількість добрив, яка вимивається і нагромаджується у нижніх шарах ґрунту, постійно збільшується (рис. 2, а, б).

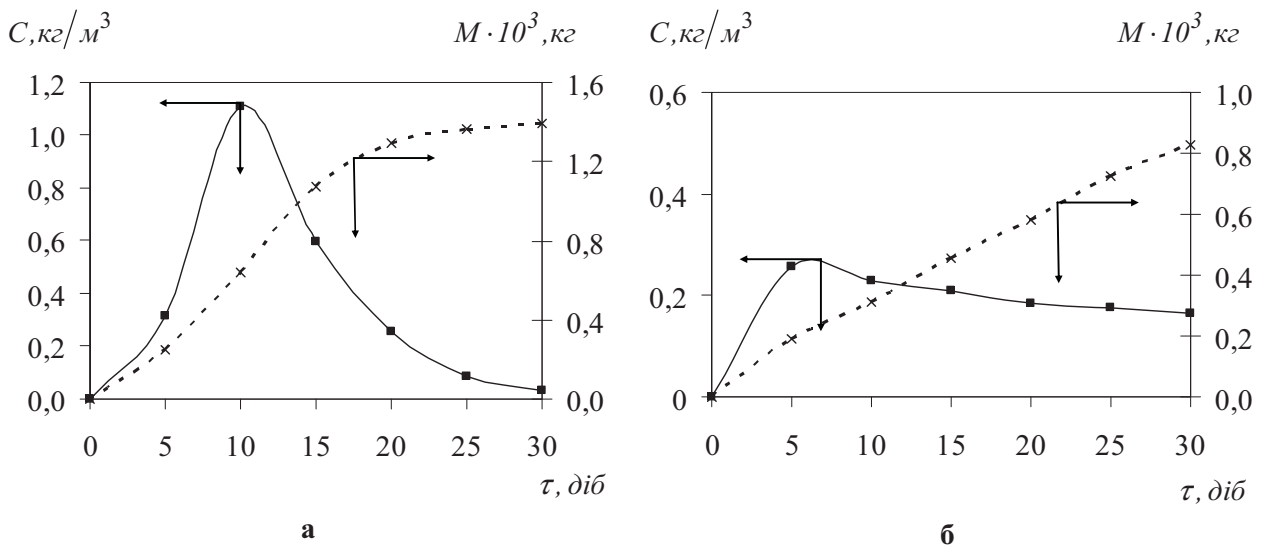


Рис. 2. Кінетика нагромадження амонію нітрату у фільтраті із піщаного (а) та суглинкового (б) ґрунтів: ■ – концентрація добрива у фільтраті, кг/м³; × – нагромадження амонію нітрату у фільтраті, кг

Під час випадання опадів вода рухається біля частинок гранульованих мінеральних добрив і так відбувається його розчинення. Визначали інтенсивність цього процесу на основі критеріального рівняння масовіддачі, одержаного під час розчинення закріплених твердих частинок (що відповідає нашому випадку) рухомою рідиною. Визначено, що критерій Рейнольдса, який характеризує гідрологічний стан для фільтрації у піщаних ґрунтах, має значення  $Re = 0,73$ .

Для знаходження коефіцієнта масовіддачі  $\beta$  використовуємо залежність, яка використовується тоді, коли критерій Рейнольдса  $Re < 1$ :

$$Sh = 0,99 \cdot \sqrt[3]{Pe} \quad (1)$$

У критерій Шервуда входить коефіцієнт масовіддачі  $\beta$

$$Sh = \frac{\beta \cdot d}{D} \quad (2)$$

Своєю чергою, критерій Пекле дорівнює

$$Pe = \frac{\omega \cdot d}{D},$$

де  $\omega$  – швидкість фільтрації розчину амонію нітрату крізь шар ґрунту, м/с;  $d$  – діаметр частинок добрива,  $d = 4 \cdot 10^{-3}$  м;  $D$  – коефіцієнт дифузії амонію нітрату у воді,  $D(NH_4NO_3) = 1,92 \cdot 10^{-9}$  м²/с [11].

Підставивши критерій Пекле у залежність (1), знаходимо значення критерію Шервуда. Одержане значення критерію Шервуда підставляємо у рівняння (2) для знаходження коефіцієнта масовіддачі  $\beta$ :

$$\beta = \frac{Sh \cdot D}{d} = \frac{15,46 \cdot 1,92 \cdot 10^{-9}}{0,004} = 7,42 \cdot 10^{-7}, \text{ м/с.}$$

Як відомо, основне забруднення ґрунтів відбувається найшвидше на піщаних ґрунтах. Проте на відміну від молекулярно-дифузійного проникнення компонентів азотних добрив вглиб ґрунто-

вого середовища (рис. 3) вимивання компонентів азотних добрив відбувається значно швидше, що забезпечує інтенсивне надходження забрудників у нижні шари ґрунту та підземні водойми.

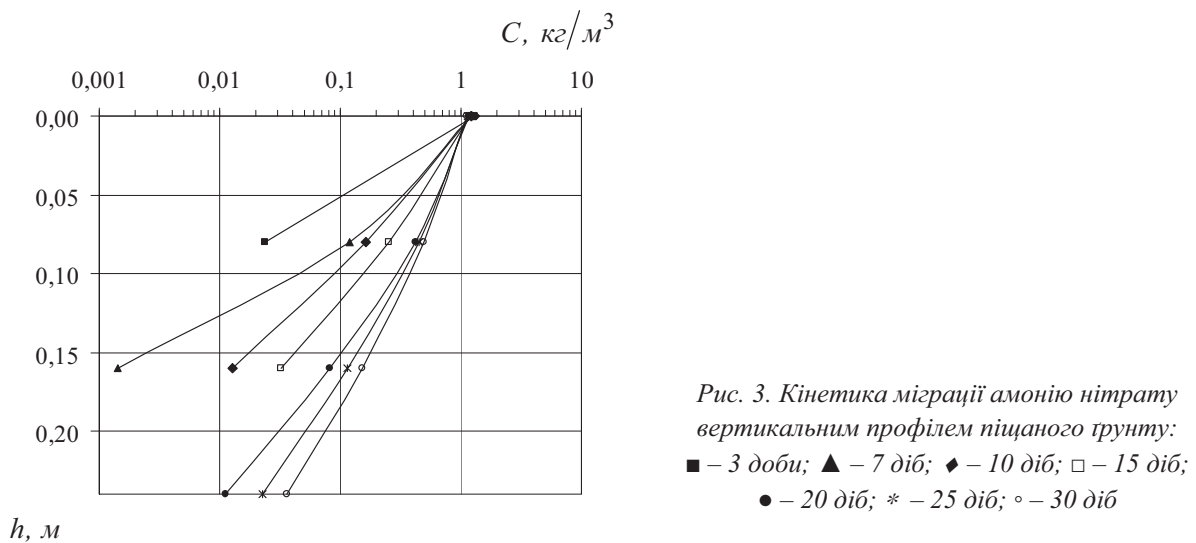


Рис. 3. Кінетика міграції амонію нітрату вертикальним профілем піщаного ґрунту:  
 ■ – 3 доби; ▲ – 7 діб; ◆ – 10 діб; □ – 15 діб;  
 ● – 20 діб; \* – 25 діб; ° – 30 діб

Для порівняння проникнення компонентів азотних добрив молекулярно-дифузійним і конвективним способом розраховували кількість компонентів азотних добрив, які промігрували на глибину до 24 см (рис. 3) за 30 діб експерименту

$$M = S \cdot \Delta h \cdot (\Delta C_1 + \Delta C_2)$$

Було визначено, що за 30 діб за рахунок молекулярної дифузії крізь шар у 24 см проникло 0,132 г. Згідно з виконаними експериментальними дослідженнями міграція амонію нітрату вглиб ґрунту за 30 діб за рахунок молекулярної дифузії відбувається на глибину до 24 см (рис. 3). Концентрація амонію нітрату у поверхневому шарі поступово зменшується, проте основна частина добрива все ще залишається у родючому шарі ґрунту. У той час, як під час імітації атмосферних опадів за 30 днів експерименту відбувається повне вимивання амонію нітрату із 20 см шару піщаного ґрунту (рис. 2а).

**Висновки.** Забруднення нижніх шарів ґрунтового середовища та підземних водних басейнів компонентами азотних добрив є особливо небезпечним, оскільки розповсюдження забруднювальних речовин відбувається на великі відстані, а кожний наступний рік застосування у сільському господарстві азотних добрив загрожує потраплянню нітратів у колодязі та джерела питної води. Прогнозування проникнення компонентів внесених азотних добрив як молекулярно-дифузійним, так і конвективним способом дає змогу оцінити та попередити забруднення навколишнього середовища.

1. Городній М.М., Шичула М.К. *Агроекологія*. – К.: Вища шк., 1993. – 415 с.
2. Бакка М.Т., Стрельченко В.П. *Основи ведення сільського господарства та охорона земель*. – Житомир, 2000. – 312 с.
3. *Якість ґрунтів та стратегії удобрення* / Д. Мельничук, М. Мельников, Дж. Хофман, М. Городній та ін. / Під ред. проф. Дж. Хофмана, М. Городнього. – К.: Арістей. – 2006.
4. Смаглій О.Ф. *Агроекологія*. – К.: Вища шк., 2006.
5. Вергунова В.І. Чисельне моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в ґрунтах / В.І. Вергунова, М.М. Москальков, Н.М. Москалькова // *Журнал обчислювальної та прикладної математики*. – 2004. – № 2. – С. 78.
6. Zaradny H. *Matematyczne metody opisu i rozwiązań przepływu wody w nienasyconych i nasyconych gruntach i glebach* / H. Zaradny // *Prace Instytutu Budownictwa Wodnego PAN*. – 1990. – № 23. – 367 s.
7. *Математична модель міграції речовини у підземних водах* / І.О. Камаєва, Я.М. Семчук, Л.І. Камаєва, О.М. Лев // *Вестник Херсонського національного технічного університета*. – 2006. – Вып. 25. – С. 217–221.
8. Pesti-

*cide and nutrient movement into subsurface tile drains on a silt loam soil in Indiana // Klodivko E. J., Van Scoyoc G.E., Monke E.J., Oates K.M., Pask W. // J. Environ. Qual. – 1991. – 20, № 1. – P. 264–270.*  
9. *Kazimierz Rup Procesy przenoszenia zanieczyszczeń w środowisku naturalnym. – Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2006. – 231 p.*  
10. *Довідник агронома / [під ред. Л.Л. Зіневича]. – К.: Урожай, 1985. – 672 с.*  
11. *Янке Е., Эмде Ф, Лёш Ф. Специальные функции. Формулы, графики, таблицы. – М.: Наука, 1977.*

УДК 549.67

Г.А. Тижбір, Я.М. Гумницький, В.В. Кочубей  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра екології та охорони навколишнього середовища

## МОДИФІКАЦІЯ ЗОЛИ ВІНОСУ ТЕС ТА ВЛАСТИВОСТІ СИНТЕЗОВАНОГО НА ЇЇ ОСНОВІ АДСОРБЕНТУ

© Тижбір Г.А., Кочубей В.В., Гумницький Я.М., 2010

**Синтезовано та модифіковано цеоліти на основі золи виносу Добротвірської ТЕС. Визначено властивості цеоліту на основі термогравіметричного аналізу.**

**In the present paper, the properties of zeolite synthesized from fly ash Dobrotvir TPS was investigated by means of thermogravimetric analysis.**

**Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими завданнями.** Зола вугільна – мінеральна речовина, що залишається після спалювання вугілля на ТЕС, переважно складується в мокрих золовідвалах і лише частково використовується в цементній промисловості як сировина і добавка, у виробництві будівельної кераміки, асфальтобетону, випалювального і безвипалювального гравію. Золовідвали займають величезні площі землі, які вилучаються з раціонального господарського використання. Наявність в золі виносу таких компонентів, як оксиди кремнію та алюмінію, свідчить, що вона є доброю сировиною для синтезу цеолітів. Останнім часом відомі різні методи здійснення процесу синтезу цеолітів з золи виносу та способи їх використання в охороні навколишнього середовища.

Цю роботу виконано в межах міжнародного науково-технічного проекту “Новий спосіб усунення газових і нафтопохідних забруднень при використанні адсорбентів, виготовлених на основі золи виносу” у Ченстоховській політехніці.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Перспектива практичного використання синтезованих цеолітів слугувала головним стимулом до розвитку досліджень у галузі їхнього синтезу, вивчення властивостей і застосування. Важливою особливістю синтезованих цеолітів є можливість варіювання хімічного складу кристалів, а також форми і розміри внутрішньокристалічних пор. Завдяки порівняльній легкості здійснення синтезу та модифікації цеолітів, основою яких є зола виносу, можна контролювати адсорбційні властивості продукту, тобто їх поглинальну і вибіркову здатність, що дає змогу виготовляти адсорбенти, селективні для різних забрудників. Синтез цеолітів можна виконувати одно-, або багатоступенево. Виділяють чотири методи отримання цеолітів з золи виносу ТЕС: класична лужна гідротермічна конверсія золи виносу, лужне спікання, поєднане з класичною гідротермічною конверсією, конверсія суха, синтез двоступеневий [1]. Найчастіше в літературі описують синтез таких цеолітів, як: NaX, NaY, NaP, A, X, Y, содаліт і ін. [2–4]. Важливо відзначити, що цеоліти однієї структури можуть бути синтезовані за різних умов (різні значення температури, пропорції складників, час та етапи синтезу).