

Література

1. Маргуліс М.А. Изучение энергетики и механизма звукохимических реакций. Соотношение выходов водорода и перекиси водорода в различных водных системах / М.А. Маргуліс, Ю.Т. Диденко // Журнал физической химии. -1984. - Т.LVIII, №6. - С. 1402-1405.
2. Маргуліс М.А. Основы звукохимии / М.А. Маргуліс. -М.: Химия, 1984. -272 с.
3. Маргуліс М.А. Сонолюминисценция и ультразвуковые химические реакции. Обзор / М.А. Маргуліс. // Акуст. журн. - 1969.- Т. 15, Вып.2. - С. 1454-1482.
4. Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація як один із способів активації рідких середовищ./ Т.М. Вітенько, О.Р. Гащин // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2006. -том 2. - №28. -С. 22–24.
5. Пикаев А.К. Импульсный радиолиз воды и его применение. / А.К. Пикаев -М.: Атомиздат, 1980.- 277 с.
6. Пискарев А.К. Современная радиационная химия. Радиолиз газов и жидкостей. / А.К. Пискарев - М.: Наука, 1986. - 439 с.
7. Аристова Н.А. Разложение муравьиной кислоты в различных окислительных процессах / Н.А. Аристова, Н. Карпель Вель Лейтнер, И.М. Пискарев // Химия высоких энергий. - 2002. - Т. 36, №3. - С. 228-234.
8. Пискарев И.М. Модель реакций при коронном разряде в системе O₂(г)-H₂O. / И.М. Пискарев // Журнал физической химии. - 2000. - Т 74, № 3. - С.546-551.

У статті розглянуто проблему забруднення ґрунтового середовища та підземних вод шкідливими речовинами. Розроблені математичні моделі для прогнозування міграції забрудників вглиб ґрунту. Наведені результати експериментальних досліджень міграції азотних мінеральних добрив молекулярно-дифузійним шляхом

Ключові слова: міграція, мінеральні добрива, молекулярна дифузія, математичні моделі

В статье рассмотрена проблема загрязнения почвенной среды и подземных вод вредными веществами. Разработаны математические модели для прогнозирования миграции загрязнений вглубь почвы. Приведены результаты экспериментальных исследований миграции азотных минеральных удобрений молекулярно-диффузионным путем

Ключевые слова: миграция, минеральные удобрения, молекулярная диффузия, математические модели

In the article the problem of pollution of soil environment and underground waters by harmful substances was overviewed. Mathematical models to forecast the migration of pollutants through the soil were carried out. Results of experimental researches of migration of nitrogen mineral fertilizers in molecular-diffusion way are represented

Key words: migration, mineral fertilizers, molecular diffusion, mathematical models

Проникнення різного роду речовин крізь ґрунтовий шар відбувається постійно, посилюючись у період, коли відбувається швидке танення снігу та випадає

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДИФУЗІЙНО- КОНТРОЛЬОВАНОЇ МІГРАЦІЇ ЗАБРУДНИКІВ У ҐРУНТОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

УДК 66.021.3:615.015.14

Я.М. Гумницький

Доктор технічних наук, професор*

Контактний тел.:(032) 258-23-54, 097-471-63-74

E-mail: jgumnitsky@ukr.net

О.В. Люта

Кандидат технічних наук, асистент*

Контактний тел.: (032) 258-23-54, 067-801-93-08

E-mail: atamanyuk@ukr.net

*Кафедра "Екологія та охорона навколишнього середовища"

Національний університет "Львівська політехніка"
вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, 79013

велика кількість опадів. Таким чином забрудники з атмосфери, а також ті, які потрапили на поверхню ґрунтового середовища, швидко проникають у глибинні

шари ґрунту, та переносяться із потоком підземних вод на великі відстані [1,2]. У той же час процес міграції за відсутності опадів забезпечується проникненням забрудників шляхом молекулярної дифузії, який відбувається постійно.

Аналіз останніх публікацій і досліджень

Аналіз літературних джерел показав, що розроблення методів прогнозування проникнення забрудників вглиб ґрунту в основному стосується точкового джерела забруднення, наприклад, складування небезпечних відходів, коли відбувається постійне проникнення забрудників вглиб ґрунту. Зокрема проблематикою математичного моделювання міграції забрудників у довкіллі займалися вчені Булавацький В.М., Крайнов С.Р., Семчук Я.М., Zaradny Н. та ін. [3-5]. Однак питанню прогнозування забруднення ґрунту, наприклад, нітратами внаслідок постійного щорічного внесення азотних мінеральних добрив на великих територіях під час вирощування сільськогосподарських культур приділено недостатньо уваги.

Метою роботи є експериментальні і теоретичні дослідження процесу проникнення компонентів азотних добрив вертикальним ґрунтовим профілем для прогнозування та зменшення забруднення ґрунту нітратами.

Одним із основних методів оцінки та прогнозування забруднення ґрунтів та підземних вод є метод математичного моделювання процесу переміщення забрудників вертикальним ґрунтовим профілем [5]. Нами були розроблені математичні моделі проникнення шкідливих речовин вглиб ґрунту шляхом молекулярної дифузії на прикладі азотних мінеральних добрив, а саме амонію нітрату, що спричиняє потрапляння нітратів у підземні басейни прісних вод, які можуть використовуватися для забору питної води. Під час розроблення математичних моделей основну увагу приділяли наступним можливим випадкам процесу міграції за рахунок молекулярної дифузії:

1. постійної та змінної концентрації мінерального добрива у поверхневому шарі ґрунту;
2. міграції за відсутності та наявності вегетації рослин.

Вище перераховані випадки в комплексі складають неперервний потік компонентів добрив вглиб ґрунту, що сприяє забрудненню довкілля протягом цілого року. Міграція компонентів добрив в умовах вегетації рослин, тобто у весняно-літній період, коли внесені мінеральні добрива поглинаються рослинами, лімітується вбирною здатністю коренів і потребою рослин. В той же час компоненти азотних добрив, які проникають нижче кореневої системи, стають потенційними забрудниками ґрунтового середовища.

Після внесення азотних мінеральних добрив у ґрунт протягом деякого періоду часу у поверхневому шарі залишається постійна концентрація, а далі відбувається проникнення компонентів добрив вглиб ґрунту, що супроводжується зменшенням поверхневої концентрації.

Моделює постійної концентрації на поверхні ґрунту відповідає періоду розчинення твердого мінерального добрива у вологому ґрунті. Ця математична модель

представляється системою рівнянь, які описують міграцію добрив у ґрунті:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \tag{1}$$

$$C(z=0, \tau) = C_{n0} \tag{2}$$

$$C(\infty, \tau) = 0 \tag{3}$$

$$\left(\frac{\partial C}{\partial z} \right)_{z=0} = 0 \tag{4}$$

Диференціальне рівняння (1) описує зміну концентрації у просторі і часі, у нашому випадку це одновимірне концентраційне поле. Диференціальне рівняння молекулярної дифузії доповнене: початковими умовами (2), граничними умовами (3) та умовою симетрії (4).

Розв'язок системи (1)-(4) дає змогу прогнозувати розподіл концентрації компонентів азотних добрив у ґрунті у будь-який момент часу τ :

$$\frac{C(z, \tau)}{C_{n0}} = 1 - \operatorname{erf} \frac{k}{2 \cdot \sqrt{\tau}} \tag{5}$$

де $\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^x e^{-y^2} \cdot dy$ – функція похибок.

Для опису процесу проникнення добрив у весняно-літній період у систему рівнянь (1)-(4) виводимо величину поглинання добрив рослинами q за постійної концентрації добрив у поверхневому шарі ґрунту:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - q \tag{6}$$

Величина q представляє собою масу мінерального добрива, що засвоюється рослинами за одиницю часу з одиниці об'єму середовища, а з математичної точки зору рівняння (6) є диференціальним рівнянням зі стоком. Розв'язок системи рівнянь дає змогу визначити розподіл концентрації добрива вертикальним профілем ґрунту у будь-який момент часу τ :

$$\frac{C(z, \tau)}{C_{n0}} = \left(1 - \operatorname{erf} \frac{1}{2 \cdot \sqrt{Fo}} \right) - E \cdot Fo \cdot \left(1 + 4 \cdot \left(1 - \operatorname{erf} \frac{1}{2 \cdot \sqrt{Fo}} \right) \right) \tag{7}$$

де $E = \frac{q \cdot z^2}{C_{n0} \cdot D}$ – безрозмірний комплекс, який є мірою відношення кількості компоненту, що засвоюється кореневою системою рослин, до молекулярного дифузійного потоку.

Розв'язок математичної моделі справедливий за умови:

$$1 - \operatorname{erf} \frac{1}{2 \cdot \sqrt{Fo}} > E \cdot Fo \cdot \left(1 + 4 \cdot \left(1 - \operatorname{erf} \frac{1}{2 \cdot \sqrt{Fo}} \right) \right)$$

Така умова ставиться за рахунок того, що поглинання компонентів добрив рослинами відбувається по мірі проникнення речовини з поверхні вглиб ґрунту, що і підтверджується статистичними даними щодо засвоєння добрив (не більше 60-70%) [2].

Крім того розглядаємо два випадки міграції зі зміною поверхневої концентрації азотних добрив: за від-

сутності вегетації рослин і за умови засвоєння добрив рослинами. За відсутності засвоєння добрив рослинами математична модель представляється системою диференціальних рівнянь (1)-(4) доповненою умовою $C(z=0, \tau) = C_n$.

Розв'язок цієї моделі дає змогу визначити:
- концентрацію речовини на поверхні ґрунту (8):

$$C_n = C_{n0} - \frac{C_{n0}^2 \cdot 2}{C^*} \cdot \sqrt{\frac{D}{\pi}} \cdot \sqrt{\tau} \quad (8)$$

- концентрацію речовини на будь-якій відстані z від поверхні у будь-який момент часу τ (9):

$$C(z, \tau) = C_{n0} - \frac{\alpha \cdot \sqrt{\pi}}{2} \cdot \left[2 \cdot \sqrt{\frac{\tau}{\pi}} \cdot e^{-\frac{k^2}{4\tau}} - k \cdot \operatorname{erfc} \frac{k}{2 \cdot \sqrt{\tau}} \right] \quad (9)$$

де $\alpha = 2 \cdot C_{n0}^2 \cdot \sqrt{D/\pi} / C^*$, $k = z / \sqrt{D}$.

У випадку врахування засвоєння внесених добрив рослинами розв'язок математичної моделі дає змогу визначити розподіл концентрації вертикальним профілем ґрунту в часі із врахуванням зміни поверхневої концентрації:

$$\frac{C(z, \tau)}{C_{n0}} = e^{-k^2 \tau} \cdot \left[\cos k \sqrt{a} \cdot (1 - \operatorname{erf} \alpha - I_1) + \sin k \sqrt{a} \cdot I_2 \right] - \frac{q \cdot \tau}{C_{n0}} \cdot \left(1 + 4 \cdot \left(1 - \operatorname{erf} \frac{k}{2 \cdot \sqrt{\tau}} \right) \right) \quad (10)$$

де $I_1 = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\alpha^2} \cdot \int_0^\beta e^{y^2} \cdot \sin 2\alpha y \cdot dy$;

$I_2 = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\alpha^2} \cdot \int_0^\beta e^{y^2} \cdot \cos 2\alpha y \cdot dy$;

$\frac{1}{2} \cdot \frac{k}{\sqrt{\tau}} = \alpha$; $k \cdot \sqrt{\tau} = \beta$.

Для перевірки розроблених математичних моделей проводили експериментальні дослідження проникнення компонентів азотних добрив, а саме амонію нітрату у двох ґрунтах: піщаному та легкосуглинковому. Результати експериментальних досліджень представлені на рис. 1, 2.

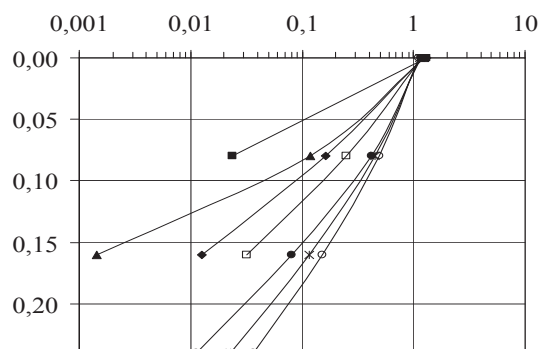


Рис. 1. Кінетика міграції компонентів амонію нітрату (C , $\text{кг}/\text{м}^3$) по висоті піщаного профілю (h , м): ■ – 3 доби; ▲ – 7 діб; ◆ – 10 діб; □ – 15 діб; ● – 20 діб; * – 25 діб; ○ – 30 діб

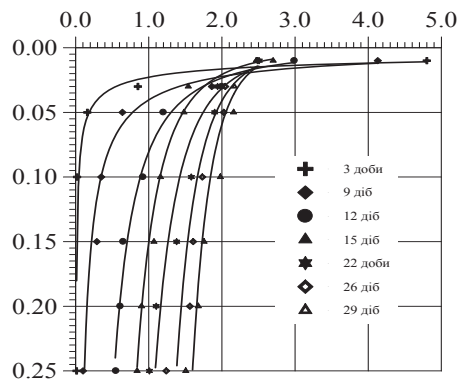


Рис. 2. Кінетика міграції компонентів амонію нітрату (C , $\text{кг}/\text{м}^3$) легкосуглинковим профілем (h , м)

Як видно із представлених графічних залежностей, при попаданні азотних добрив у ґрунт вони швидко розчиняються і починають проникати вглиб. У піщаному середовищі проникнення компонентів добрив шляхом молекулярної дифузії на глибину 24 см відбувається всього за 20 діб.

Отримані нами результати експериментальних досліджень дають змогу визначити коефіцієнт молекулярної дифузії, який є основним показником, який визначає швидкість проникнення добрив з поверхні ґрунту, за значенням тангенса кута нахилу прямої до осі абсцис, представивши їх у вигляді залежності $1 - C_n/C_{n0} = f(\sqrt{\tau})$. Згідно з експериментальними дослідженнями коефіцієнт молекулярної дифузії у поверхневому шарі ґрунту становить $D = 7,065 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$. Максимальна відносна похибка не перевищує 9%, що дає змогу зробити висновок про адекватність запропонованої математичної моделі.

Висновок

Розроблені нами математичні моделі проникнення компонентів добрив вглиб ґрунту дають змогу спрогнозувати їх переміщення вертикальним ґрунтовим профілем та дасть змогу визначити доцільність внесення додаткових доз добрив з метою запобігання і попередження постійного забруднення нижніх шарів ґрунту та підземних вод компонентами швидко розчинних мінеральних добрив як у весняно-літній, так і в осінньо-зимовий період.

Література

1. Математична модель міграції речовини у підземних водах / І.О. Камаєва, Я.М. Семчук, Л.І. Камаєва, О.М. Лев // Вестник Херсонського національного технічного університету. – 2006. – Вып. 25. – С. 217-221.
2. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення / [Мельничук Д., Мельников М., Хофман Дж. та ін.]; під ред. Дж. Хофмана, Д. Мельничука, М. Городнього. – К.: Арістей, 2004. – 488с.
3. Булавацький В.М. Математичне моделювання міграції водорозчинних забруднень у ґрунтовому шарі кореневої зони рослин / В.М. Булавацький, О.В. Войцехівська // Доп. НАН України. – 2006. – №10. – С. 188-194.

4. Крайнов С.Р. Современные проблемы изучения и моделирования миграции подземных вод и массопереноса, геохимические принципы / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 1995. – №3. – С. 12-22.
5. Zaradny H. Matematyczne metody opisu i rozwiazan przeplywu wody w nienasyconych i nasyconych gruntach i glebach / H. Zaradny // Prace Instytutu Budownictwa Wodnego PAN. – 1990. – № 23. – 367 s.

Мета роботи – оцінити технології очистки газів та прийняти рішення щодо вибору оптимальних технологій, шляхом використання нечіткої логіки. Для групування ознак технологій очистки газів була розроблена тріступінчатая ієрархічна модель

Ключові слова: очистка газу, метод попарних порівнянь, ієрархічна модель, метод аналізу ієрархій, лінгвістичні змінні, теорія нечітких множин

Цель работы - оценить технологии очистки газов и принять решение относительно выбора оптимальных технологий, путем использования нечеткой логики. Для группирования признаков технологий очистки газов была разработана трехступенчатая иерархическая модель

Ключевые слова: очистка газа, метод парных сравнений, иерархическая модель, метод анализа иерархий лингвистические переменные, теория нечетких множеств

The work purpose - to estimate technologies cleaning of gases and to make the decision concerning a choice of optimum technologies using of fuzzy logic. The three-stage hierarchical model has been developed for grouping of signs of technologies of cleaning of gases

Keywords: gas cleaning, hierarchical model, grouping, ranging, method of analysis hierarchies, linguistic variables, theory of unclear plurals

УДК 66.074.48:621.928.9

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Р.Ю. Демидовський*
Контактний тел.: 093-481-03-63
E-mail: Demidovskiy@bigmir.net

Ю.О. Безносик
Кандидат технічних наук, доцент*
Контактний тел.: 050-357-61-39
E-mail: yu_beznosyk@ukr.net

Г.О. Статюха
Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри*
Контактний тел.: (044) 406-82-12
E-mail: gen.statyukha@mail.ru
*Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів
Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

Сталий розвиток та захист навколишнього середовища потребують зелених процесів та продуктів, керування викидами забруднювачів в природне середовище. Для реалізації чистих процесів та зелених продуктів необхідно обробити велику кількість даних пов'язаних з навколишнім середовищем, економікою та екологією. Обробка даних пов'язана з різноманітними неточностями та припущеннями, тому для прийняття

рішення необхідно використовувати різноманітні техніки та методології.

Здійснюється прийняття рішення щодо використання в хімічному виробництві певної технології очистки газів - вибір за рядом критеріїв з групи очистних методів найбільш оптимального набору методів очистки газу, та вироблення очистної стратегії. В якості методології прийняття рішення використовується методологія GreenPro [1,2]. Алгоритм GreenPro використовується для оцінювання технологій очистки