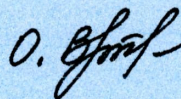


502.521
196

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ

Люта Оксана Володимирівна



УДК 66.021.3: 615.015.14

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ЗМЕНШЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО
ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА**

21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ 2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана

в Національному університеті “Львівська політехніка”
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
ГУМНИЦЬКИЙ Ярослав Михайлович
Національний університет “Львівська політехніка”
професор кафедри екології та охорони навколишнього
середовища

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
ПЛЯЦУК Леонід Дмитрович
завідувач кафедри прикладної екології Сумського
державного університету

доктор технічних наук, професор
ШКІЦА Леся Євстахіївна
завідувач кафедри інженерної та комп’ютерної графіки
Івано-Франківського національного технічного
університету нафти і газу

Захист відбудеться “15” жовтня 2009 року о 11 годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д20.052.05 у Івано-Франківському
національному технічному університеті нафти і газу
76019,

3 дисертації
національного технічного університету
76019,

Івано-Франківського

Автореферат

Вчений сектор спеціалізованої вченої ради

Хомин



АГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Широке застосування гранульованих азотних мінеральних добрив у сільському господарстві крім позитивного ефекту збільшення врожайності спричиняє постійне забруднення навколишнього середовища. Це відбувається внаслідок великої рухомості нітратів, які входять до складу добрив, у ґрунтах. Відомо, що лише частина внесених азотних добрив засвоюється рослинами, а решта 30-60% добрива, вимивається атмосферними опадами у наземні та підземні водойми, виділяється до повітря у газоподібному вигляді, дифундує за рахунок молекулярної дифузії вглиб ґрунту. Усе це в комплексі створює повільне накопичення нітратів у нижніх шарах ґрунтового середовища, а також у підземних водних басейнах, які використовуються для забору питної води, що є особливо небезпечним для населення.

Пошук шляхів зменшення шкідливого впливу на ґрунтове середовище від застосування азотних гранульованих добрив може бути реалізованим на основі математичного аналізу та прогнозування міграції компонентів добрива вглиб ґрунту з врахуванням ґрунтово-кліматичних умов середовища, потреби сільськогосподарських культур у добриві тощо. Теоретичне прогнозування процесу проникнення добрив вглиб ґрунту дасть змогу попередити забруднення підземних вод, скорелювати внесення додаткових доз азотних добрив, розрахувати час їх перебування у родючому шарі ґрунту та визначити кількість добрив, які будуть проникати вглиб ґрунтового середовища.

Інший метод зменшення забруднення підземних вод та компенсування азотних добрив у родючому шарі ґрунту є створення добрив пролонгованої дії шляхом покриття їх полімерною оболонкою. Застосування такого типу добрив дасть змогу повільно, залежно від умов середовища, вивільняти компоненти із капсули. Дослідження законів регулювання вивільнення компонентів із капсульованих добрив є одним із методів попередження забруднення навколишнього середовища. Такі добрива можуть стати альтернативою застосуванню гранульованих добрив, оскільки їх дія є довготривалою і прогнозованою. Наперед визначені властивості оболонки дають змогу встановити тривалість вивільнення добрив, час можливого внесення добрив для повного їх засвоєння рослинами, а також значно розширить межі екологічно збалансованого застосування азотних добрив.

Зв'язок роботи із науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася згідно з планом науково-дослідної роботи кафедри Екології та охорони навколишнього середовища з проблем "Капсулювання мінеральних добрив з метою забезпечення екологічної безпеки навколишнього середовища", яка проводиться у відповідності з основними напрямками наукової діяльності Національного університету "Львівська політехніка" згідно з науково-технічною програмою Міністерства освіти і науки України, номер держреєстрації 0108U001392.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є удосконалення методів зменшення антропогенного навантаження на ґрунтове середовище і

забруднення підземних вод азотними мінеральними добривами на основі запропонованих теоретичних закономірностей процесу їх проникнення вглиб ґрунту та створення капсульованих мінеральних добрив з регульованим вивільненням компонентів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- виконати критичний аналіз літератури з проблем забруднення ґрунтового середовища та підземних вод компонентами мінеральних добрив;
- визначити шляхи зменшення забруднення навколишнього середовища від застосування азотних мінеральних добрив через використання капсульованих добрив з регульованим вивільненням компонентів;
- розробити методику на основі математичного моделювання для прогнозування процесу проникнення компонентів добрив вглиб ґрунтового середовища залежно від ґрунтово-кліматичних умов середовища та потреб рослин;
- експериментально дослідити процес проникнення компонентів добрив вглиб ґрунтового середовища залежно від умов навколишнього середовища.

Об'єкт дослідження – процеси забруднення ґрунтового середовища азотними мінеральними добривами та умови їх запобігання.

Предмет дослідження – теоретичні закономірності процесу забруднення ґрунту азотними мінеральними добривами та їх експериментальна перевірка; регульоване вивільнення цільового компоненту із капсульованих добрив.

Методи дослідження. Дослідження проводились на розроблених нами експериментальних установках, що моделюють ґрунтове природне середовище. В роботі використовуються аналітичні методи із застосуванням сучасної контрольної-вимірювальної техніки. Для визначення концентрації під час дослідження міграції компонентів добрив у ґрунтовому середовищі та під час дослідження кінетики вивільнення компоненту з капсульованих частинок застосовано іонометричний метод визначення концентрації вивільненої речовини. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою комп'ютерної техніки і прикладних програмних пакетів (Excel, Grapher).

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Удосконалено концепцію прогнозування техногенного забруднення ґрунту та ґрунтових вод азотними сполуками з врахуванням молекулярної, конвективної та вегетаційної складових.
2. Дістав подальший розвиток метод прогнозування переміщення компонентів азотних добрив у ґрунті на основі математичного моделювання для оцінки забруднення ґрунтово-водного середовища в осінньо-зимовий період.
3. Вперше для прогнозування рівня забруднення ґрунтового середовища азотними мінеральними добривами розроблено метод прогнозування їх міграції з врахуванням процесу вегетації рослин.
4. Вперше для оцінки міграції забруднень у ґрунтовому середовищі досліджено вплив атмосферних опадів та визначено вплив конвективної складової на проникнення добрив у ґрунтовому середовищі.

5. Дістало подальший розвиток дослідження процесу регульованого вивільнення компонентів добрив із капсульованих частинок, що виключає забруднення ґрунтового середовища компонентами мінеральних добрив.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості прогнозування забруднення ґрунтового середовища компонентами азотних добрив шляхом застосування розроблених математичних моделей і на основі цього зменшувати їх транспорт у підземні водоносні горизонти в залежності від умов середовища та потреби сільськогосподарських культур. Наукові результати, що отримані на основі експериментальних досліджень регулювання вивільнення цільового компоненту із капсул покритих полімерною плівкою, до складу якої внесено легкорозчинну кристалічну речовину, дають змогу значно розширити межі застосування капсульованих добрив залежно від ґрунтово-кліматичних умов середовища та мінімізувати кількість добрив, які будуть забруднювати довкілля. Розроблена методика розрахунку товщини полімерної оболонки, яка відповідає умовам мінімізації забруднення ґрунтового середовища. Практична реалізація теоретичних та експериментальних результатів полягає у передачі даних у Державне управління охорони навколишнього природного середовища у Львівській області для впровадження їх у західному регіоні, ВАТ Інститут ГРХІМПРОМ, Інститут землеробства і тваринництва західного регіону УААН та їх впровадження у навчальний процес.

Особистий внесок здобувача полягає у критичному аналізі літературних джерел щодо забруднення навколишнього середовища та підземних водних басейнів компонентами азотних добрив, визначенні мети і задачі досліджень, підборі і розробці методик досліджень [1, 11], розробленні експериментальних установок для дослідження процесу міграції компонентів азотних добрив під час конвективного та молекулярно-дифузійного перенесення компонентів добрив у вертикальному профілі ґрунту, підготовці, плануванні та проведенні експериментальних досліджень [1-8, 11-14], обробці отриманих результатів, математичному описі результатів досліджень [2, 5, 9, 13], формулюванні основних положень та висновків, підготовці статей до друку. Постановка задач, обговорення і обґрунтування результатів досліджень проводилися під керівництвом наукового керівника д.т.н., професора Гумницького Ярослава Михайловича. За результатами досліджень дисертантом у співавторстві із науковим керівником отримано патент на корисну модель [10].

Вважаю своїм обов'язком виразити щире подяку науковому керівнику д.т.н., професору Гумницькому Я.М. за всебічну допомогу на всіх етапах виконання дисертаційної роботи.

Апробація результатів досліджень. Основні положення дисертації та її результати доповідалися та обговорювалися на: міжнародних науково-практичних конференціях "Підвищення енергетичної ефективності харчових і хімічних виробництв", Одеса, 2006, 2007, 2008; українській науково-технічній конференції "Сучасні проблеми технології неорганічних речовин", Дніпропетровськ, 2006; XIX Всепольській науковій конференції хімічної і процесної інженерії,

Жешув, 2007; науково-практичній конференції “Екологічна безпека: моніторинг, оцінка ризику, перспективні природоохоронні технології”, Львів, 2007.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 14 наукових працях, з яких 9 статей у наукових фахових виданнях, рекомендованих ВАК України, 4 тез доповідей на всеукраїнських і міжнародних конференціях, 1 патент на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, який включає 205 найменувань, та додатків. Робота викладена на 133 сторінках основного тексту, містить 34 рисунки, 4 таблиці і 7 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи, яка вирішується у дисертаційній роботі, визначена мета та завдання досліджень, охарактеризовано наукову та практичну новизну і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі приведено критичний аналіз літератури, щодо питання міграції різного роду забрудників у навколишньому природному середовищі. Основна увага була приділена забрудненню ґрунту компонентами мінеральних добрив, особливо азотних, які широко застосовуються у сільському господарстві на всій території України. Великий вклад у вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища мінеральними добривами, важкими та радіоактивними металами, відходами в процесі розробки різного роду родовищ, нафтопродуктами внесли українські та зарубіжні вчені: Адаменко О.М., Семчук Я.М., Шкіца Л.С., Рудько Г.І., Гумницький Я.М., Мальований М.С., Медведєв В.В., Kowalik P., Klavivko E. J., Van Scoyos G.E., Rup K., Orzechowski Z., Prywer J., Charbeneau R.J., Wilcock P.R. та ін.

Встановлено, що атмосферні опади та вологість ґрунту сприяють інтенсивному розчиненню внесених гранульованих мінеральних добрив, що призводить до забруднення нітратами ґрунтів, а також ґрунтових і підземних вод за рахунок їх міграції, а постійне їх накопичення у нижніх шарах ґрунтового середовища спричиняє їх потрапляння у водоносні горизонти, які використовуються для забору питної води, кількість якої є обмежена. Виявлено, що кількість опублікованих результатів досліджень є недостатньою для ефективного вирішення проблеми антропогенного забруднення ґрунтів компонентами азотних добрив. На основі критичного аналізу джерел літератури визначено мету і задачі досліджень.

У другому розділі приведено характеристику об'єктів дослідження та методики проведення експериментальних досліджень. Наведені схеми розроблених експериментальних установок для дослідження процесу міграції мінеральних добрив за постійної вологості середовища, у випадку періодичного зволоження середовища, а також схему установки для нанесення плівкових покриттів на тверді частинки. Особливістю розроблених установок є те, що вони дають змогу проводити відбір проб по глибині ґрунтового середовища для

дослідження молекулярно-дифузійного перенесення забрудників у вертикальному профілю ґрунту, а також відбирати проби фільтрату, який пройшов крізь шар ґрунту. Подано методики дослідження процесу міграції компонентів азотних добрив вглиб ґрунтового середовища молекулярно-дифузійним шляхом та конвективно. Описано методики дослідження регульованого вивільнення цільового компоненту із капсульованих добрив в залежності від водневого показника середовища і вмісту легкорозчинної кристалічної речовини у складі полімерного покриття, що дає змогу прогнозувати вивільнення добрив залежно від ґрунтово-кліматичних умов середовища.

У третьому розділі наведені теоретичні аспекти процесу міграції компонентів азотних добрив у ґрунтовому середовищі за різних ґрунтово-кліматичних умов. Забруднення ґрунтового середовища компонентами добрив шляхом їх міграції вглиб ґрунту складає основну загрозу накопичення забруднюючих речовин як у нижніх шарах ґрунту, так і у водоносних горизонтах, що спричиняє екологічну небезпеку в майбутньому. Оскільки цей процес відбувається постійно, то зменшення його інтенсивності є одним із основних шляхів запобігання забруднення довкілля.

На відміну від локального техногенного забруднення, масштаби якого можна фактично оцінити і спрогнозувати наслідки, забруднення добривами відбувається на всій території України, де займаються землеробством, але спрогнозувати рівень забруднення зони аерації і ґрунтових вод на сьогоднішній день практично неможливо. Проникнення добрив вертикальним профілем ґрунту відбувається двома шляхами: за рахунок молекулярно-дифузійного перенесення у випадку відсутності атмосферних опадів і за рахунок конвективного перенесення, коли випадають атмосферні опади і відбувається швидке вимивання добрив із родючого шару ґрунту.

Під час розроблення математичних моделей основну увагу приділяли наступним можливим випадкам процесу міграції:

- 1) випадки постійної та змінної концентрації мінерального добрива у поверхневому шарі ґрунту за відсутності атмосферних опадів та вегетації рослин;
- 2) теоретичний аналіз міграції за наявності вегетації рослин, коли відбувається засвоєння частини мінеральних добрив кореневою системою.

Вище перераховані випадки в комплексі складають неперервний потік компонентів добрив вглиб ґрунту, що сприяє забрудненню довкілля протягом всього року. Після внесення мінеральних добрив у ґрунтове середовище відбувається їх поступове розчинення та переміщення вертикальним профілем ґрунту залежно від середовища та терміну їх застосування. Спочатку у поверхневому шарі ґрунту протягом деякого періоду часу залишається постійна концентрація, а далі відбувається проникнення компонентів добрив вглиб ґрунту, що супроводжується зменшенням поверхневої концентрації.

Умова підтримання у поверхневому шарі постійної концентрації виконується за умови внесення мінеральних добрив у передпосівний період, коли відсутні рослини, а кількість добрив, яка проникає вглиб ґрунту, є

достатньо малою, що не призводить до зміни поверхневої концентрації. Така модель відповідає також періоду розчинення твердого мінерального добрива у поверхневому шарі за умови вологого ґрунту. Математична модель представляється системою рівнянь, які описують міграцію добрив у ґрунті:

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial \tau} = D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} C(z=0, \tau) = C_{n0} & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} C(\infty, \tau) = 0 & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial C}{\partial z} \right)_{z=\infty} = 0 & (4) \end{cases}$$

Диференціальне рівняння (1) описує зміну концентрації у просторі і часі, причому відносно простору маємо лише зміну у одному (вертикальному) напрямі, тобто одномірне концентраційне поле. Диференціальне рівняння молекулярної дифузії доповнене: початковими умовами (2), які визначають постійність концентрації на поверхні ґрунтового середовища у будь-який момент часу, граничними умовами (3) та умовою симетрії (4).

Розв'язок системи рівнянь оснований на перетворенні Лапласа. Приймаємо, що фізико-хімічні властивості ґрунту залишаються незмінними до глибини z . Тоді розв'язок системи (1)-(4) можна представити розрахунковою залежністю, що дає змогу прогнозувати розподіл концентрації компонентів мінеральних добрив у ґрунтовому середовищі у будь-який момент часу τ :

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

У дисертаційній роботі наведено теоретично розраховані профілі концентрації мінеральних добрив, для розрахунку яких використовуємо значення коефіцієнту молекулярної дифузії, визначеного нами дослідним шляхом.

Постійна концентрація добрива у поверхневому шарі також має місце під час внесення добрив в період вегетації рослин, коли кількість добрив розрахована на тривалий період засвоєння. В цьому випадку відбувається розчинення твердого мінерального добрива у поверхневому шарі. Кількість добрив, які засвоюються рослинами, та дифузія вглиб ґрунту не призводять до зменшення їх концентрації на поверхні.

Математична модель представляється системою диференціальних рівнянь, які описують міграцію добрив вглиб ґрунту із врахуванням величини поглинання добрив рослинами q у диференціальному рівнянні (1):

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

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 (6) з умовами (2)-(4) дає змогу визначити розподіл концентрації добрива по вертикальному профілю ґрунту у будь-який момент часу τ :

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

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:

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

тобто величина дифузійного потоку з поверхні повинна бути більшою за величину засвоєння добрив кореневою системою, що і підтверджується статистичними даними щодо засвоєння добрив рослинами. Потік речовини з одиниці поверхні ґрунту за одиницю часу одержано на основі рівняння (5) та I закону Фіка:

$$j = D \cdot \frac{C_{n0}}{\sqrt{\pi \cdot D \cdot \tau}} \quad (8)$$

Визначений за залежністю (8) потік компоненту під час вегетації рослин розгалужується на два потоки (засвоєння рослинами та потік вглиб ґрунтового середовища). З часом потік речовини з поверхні зменшується, що пояснюється тим, що на однаковій глибині з плином часу концентрація речовини зростає, що приводить до зменшення її градієнту dC/dz і викликає, відповідно, зменшення потоку речовини.

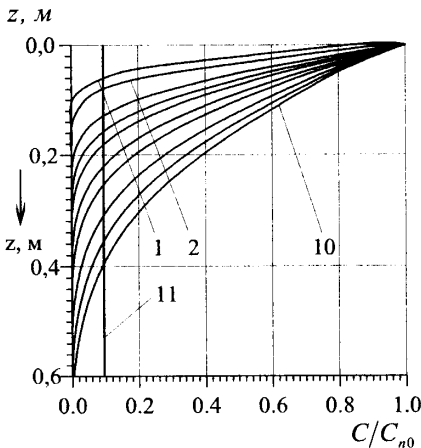


Рис.1. Вертикальний розподіл концентрації мінеральних добрив за умови часткового засвоєння компонентів добрив рослинами ($C_n = \text{const}$):

1 – 10 діб, 2 – 20, 3 – 50, 4 – 75, 5 – 100,
6 – 150, 7 – 200, 8 – 300, 9 – 400,
10 – 500, 11 – межа гранично
допустимої концентрації нітратів у
ґрунтовому середовищі

Засвоєння мінеральних речовин рослинами проходить повільніше, ніж молекулярно-дифузійний потік з поверхні ґрунтового середовища, про що

свідчать літературні джерела щодо засвоюваності мінеральних добрив. Відомо, що хоч коренева система рослин може сягати на глибину до 2-х метрів, основне засвоєння мінеральних речовин відбувається приблизно до глибини 60см, тому проникнення мінеральних добрив глибше 60 см призводить до їх концентрування та забруднення ґрунтового середовища компонентами мінеральних добрив.

Розглянуті вище два випадки у природі тривають протягом досить короткого періоду часу. У переважній більшості міграція, що веде до забруднення ґрунтового середовища за рахунок молекулярно-дифузійного перенесення відбувається зі зміною поверхневої концентрації. При цьому розглядаємо також два випадки: за відсутності вегетації рослин і за умови засвоєння частини добрива сільськогосподарськими культурами.

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

Розв'язок цієї математичної моделі дає змогу визначити:

– концентрацію речовини на поверхні ґрунтового середовища у будь-який момент часу τ :

$$C_n = C_{n0} - \frac{C_{n0}^2 \cdot 2}{C^*} \cdot \sqrt{\frac{D}{\pi}} \cdot \sqrt{\tau} \quad (9)$$

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

$$C(z, \tau) = C_{n0} - \frac{\alpha \cdot \sqrt{\pi}}{2} \cdot \left[2 \cdot \sqrt{\frac{\tau}{\pi}} \cdot e^{-\frac{k^2}{4\tau}} - k \cdot \operatorname{erfc} \frac{k}{2 \cdot \sqrt{\tau}} \right] \quad (10)$$

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

У випадку врахування засвоєння внесених добрив рослинами розв'язок математичної моделі дає змогу визначити розподіл концентрації вздовж профілю ґрунтового середовища в часі під час зміни концентрації мінеральних добрив у поверхневому ґрунтовому шарі:

$$\frac{C(z, \tau)}{C_{n0}} = e^{-k^2 \tau} \cdot \left[\cos k\sqrt{a} \cdot (1 - \operatorname{erf} \alpha - I_1) + \sin k\sqrt{a} \cdot I_2 \right] - \frac{q \cdot \tau}{C_{n0}} \cdot \left(1 + 4 \cdot \left(1 - \operatorname{erf} \frac{k}{2 \cdot \sqrt{\tau}} \right) \right) \quad (11)$$

де $I_1 = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\alpha^2} \cdot \int_0^{\beta} e^{y^2} \cdot \sin 2\alpha y \cdot dy$; $I_2 = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\alpha^2} \cdot \int_0^{\beta} e^{y^2} \cdot \cos 2\alpha y \cdot dy$; $\frac{1}{2} \cdot \frac{k}{\sqrt{\tau}} = \alpha$;
 $k \cdot \sqrt{\tau} = \beta$

Запропоновані математичні моделі процесу міграції дають змогу розраховувати швидкість переміщення компонентів мінеральних добрив вглиб ґрунтового середовища і прогнозувати можливість забруднення ґрунтів.

У четвертому розділі представлені результати експериментальних досліджень процесу міграції компонентів гранульованих азотних добрив у

грунтовому середовищі. Одним із основних елементів, які необхідні для рослин, є азот. За рахунок того, що азотні добрива є добре розчинними і їх втрати у довкілля можуть перевищувати ступінь засвоєння рослинами, вони зазвичай вносяться у надлишку. Саме тому виникає проблема забруднення нітратами нижніх шарів ґрунту і, як наслідок, ґрунтових та підземних вод. Для дослідження процесу було вибрано 2 випадки:

- 1) за відсутності вегетації рослин і атмосферних опадів (рис.2, 3);
- 2) за відсутності вегетації рослин і випаданні опадів (рис.6а, б).

Ці два процеси зустрічаються у природі за рахунок того, що мінеральні добрива, які не були засвоєні протягом вегетаційного періоду, залишаються у ґрунтовому середовищі, та у випадку, коли добрива вносяться перед посівом культур. В обох цих випадках вони стають потенційними забрудниками ґрунту та ґрунтових вод.

Для проведення експериментальних досліджень за умови постійної вологості середовища вибрали піщаний ґрунт з метою усунення поглинання добрив ґрунтовим поглинальним комплексом.

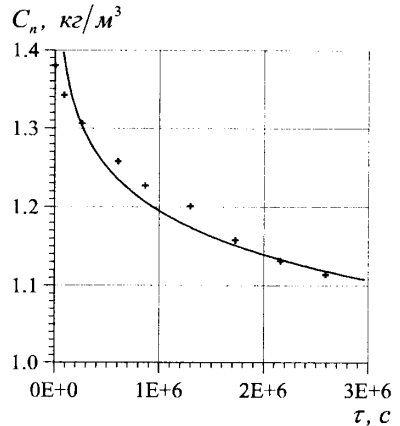
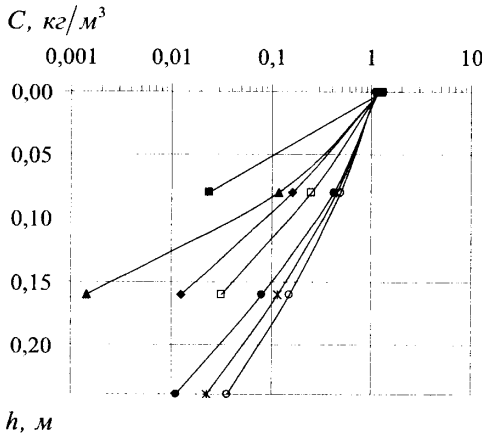


Рис.2. Кінетика міграції компонентів азотних добрив по профілю ґрунту:
 ■ – 3 доби; ▲ – 7 діб; ◆ – 10 діб; □ – 15 діб; ● – 20 діб; * – 25 діб; ○ – 30 діб

Рис.3. Зміна концентрації азотних добрив у поверхневому ґрунтовому шарі з часом

Під час дослідження молекулярно-дифузійного перенесення добрив основним показником, який визначає швидкість проникнення добрив з поверхні ґрунтового середовища, є коефіцієнт молекулярної дифузії. Отримані нами у 3 розділі теоретичні залежності дають змогу визначити цей коефіцієнт у поверхневому шарі, представивши отримані експериментальні результати (рис.3) у вигляді залежності $1 - C_n/C_{n0} = f(\sqrt{\tau})$ (рис.4). Отримані

експериментальні точки з достатньою ступінню точності ($R^2 = 0,9917$) апроксимували прямою лінією, а коефіцієнт дифузії визначали за значенням тангенса кута нахилу прямої до осі абсцис.

Залежність для визначення коефіцієнту молекулярної дифузії має вид:

$$D = \frac{(\operatorname{tg} \alpha)^2 \cdot C^{*2} \cdot \pi}{4 \cdot C_{n0}^2}$$

Згідно з експериментальними дослідженнями коефіцієнт молекулярної дифузії у поверхневому шарі ґрунту становить $D = 7,065 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$.

Отримане значення коефіцієнта можна використовувати для опису процесу міграції у поверхневому шарі. Це пов'язано з тим, що у поверхневому шарі перенесення добрив відбувається шляхом молекулярної та частково конвективної дифузії, що збільшує значення коефіцієнту дифузії. У міру збільшення глибини, проникнення добрив вглиб ґрунту відбувається лише за рахунок молекулярної дифузії.

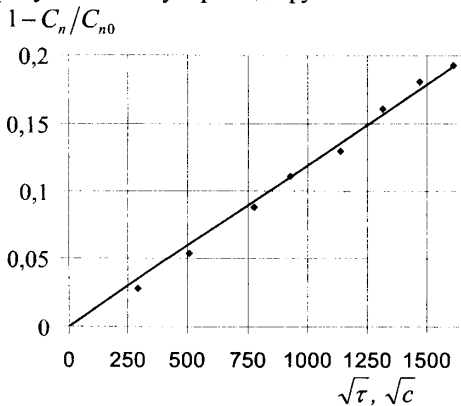


Рис.4. Залежність $1 - \frac{C_n}{C_{n0}} = f(\sqrt{\tau})$ для визначення коефіцієнту молекулярної дифузії D

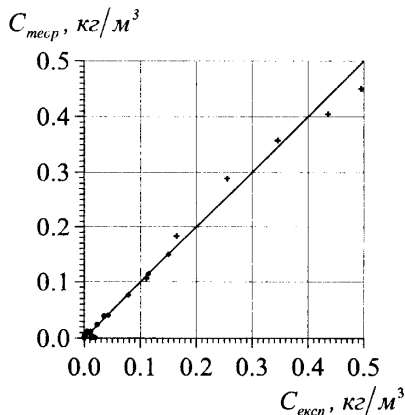


Рис.5. Кореляційна залежність між теоретично розрахованими та експериментальними значеннями концентрації мінеральних добрив у піщаному середовищі

На рис.5 наведена кореляційна залежність між теоретично розрахованими за залежністю (10) та експериментально отриманими значеннями концентрації мінеральних добрив у піщаному ґрунті. Максимальна відносна похибка не перевищує 9%, що дає змогу зробити висновок про адекватність запропонованої математичної моделі.

Експериментальні дослідження процесу міграції компонентів мінеральних добрив в процесі випадання атмосферних опадів проводили на двох типах ґрунтів: піщаному і суглинковому (рис.6а, б). Під час проведення експериментальних досліджень для імітації випадання атмосферних опадів

проводили періодичні поливи згідно з нормами випадання опадів у Львівській області за місяць травень. Основним фактором, який визначає швидкість вимивання добрив із родючого шару, є швидкість фільтрації води крізь ґрунтовий шар. У нашому випадку вибрано ґрунти із різною проникністю, швидкість фільтрації у яких складає: у піщаному – $15,8 \pm 0,4 \text{ м/добу}$, у суглинковому – $0,06 \pm 0,02 \text{ м/добу}$. Це призводить до зменшення дифузійного потоку добрив, але після досягнення насичення ґрунту, потік відновлює своє значення, що визначається теоретичними залежностями. Таким чином отримані результати експериментальних досліджень дають змогу спрогнозувати швидкість вимивання добрив із конкретного типу ґрунту та забруднення глибинних шарів компонентами мінеральних добрив.

Під час проведення експериментальних досліджень створювали однакові умови для обох типів ґрунтів. Як видно із рис.6а, максимальна концентрація добрив у фільтраті із піщаного ґрунту настає через 5-10 днів після внесення, а практично всі внесені мінеральні добрива були вимиті із піщаного ґрунту за 30 діб. Це означає, що забруднення навколишнього середовища буде проходити набагато інтенсивніше у той період, коли відсутнє поглинання добрив рослинами, і тим швидше, чим вища проникність ґрунтового середовища.

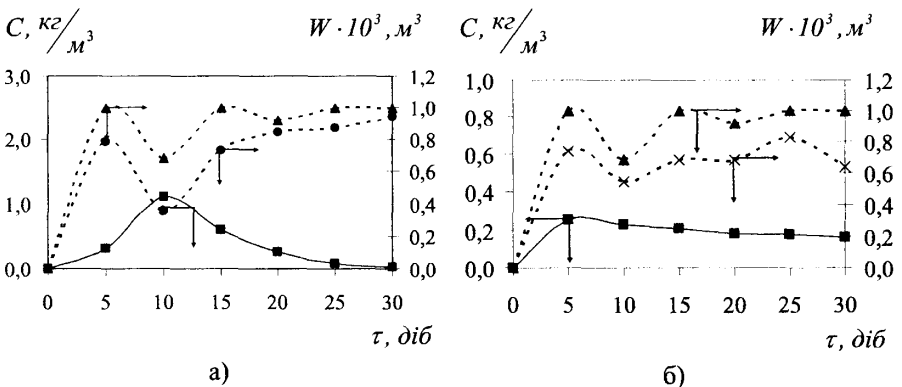


Рис.6. Кінетика вимивання компонентів гранульованих азотних добрив із піщаного (а) та суглинкового (б) ґрунтового шару: ■ – концентрація добрива у фільтраті, $\text{кг}/\text{м}^3$; ▲ – об'єм опадів, м^3 ; ● – об'єм фільтрату із піщаного ґрунту, м^3 ; × – об'єм фільтрату із суглинкового ґрунту, м^3 .

В той же час із суглинкового ґрунту (рис.6б) вимивання добрив проходить значно повільніше за рахунок того, що проникність його є нижчою. Це зменшує швидкість вимивання добрив, але не знижує забруднення ґрунтового середовища, оскільки поглинуті мінеральні добрива будуть і надалі проникати вглиб ґрунту та вимиватися за кожного наступного випадання атмосферних опадів.

Ступінь вимивання азотних добрив із піщаного середовища за 30 діб складає $\eta=96,84\%$, з суглинкового – $\eta=57,64\%$. За рахунок того, що процес

міграції у ґрунті є безперервним, вимивання гранульованих азотних добрив із суглинкового ґрунтового середовища буде проходити до їх повного вимивання. Таким чином забруднення довкілля гранульованими добривами буде відбуватися на усіх типах ґрунтів, але з різною швидкістю за рахунок різної проникності та різних адсорбційних властивостей ґрунтового середовища.

У п'ятому розділі представлені результати експериментальних досліджень застосування добрив пролонгованої дії. Одним із методів запобігання забруднення навколишнього середовища є використання капсульованих добрив із контрольованою розчинністю. Основною перевагою цих добрив є можливість мінімізувати забруднення ґрунтового середовища шляхом зменшення міграції компонентів добрив в результаті регульованого вивільнення цільового компоненту із капсул. Для проведення експериментальних досліджень вибрали нітрат амонію (амонійну селітру), який широко використовується для підживлення сільськогосподарських культур.

Для регулювання швидкості вивільнення цільового компоненту із капсул було вибрано 2 методи:

- 1) за рахунок фізико-хімічних властивостей покриття;
- 2) за рахунок внесення до складу полімерного покриття легкорозчинної кристалічної речовини.

Оскільки кислотність ґрунтів в Україні змінюється від сильно-кислої (рН менше 4,5) до сильно-лужної (рН більше 8,5), то важливим є вивчення впливу водневого показника середовища на швидкість вивільнення добрив із капсули. З врахуванням властивостей ґрунтів доцільно використовувати капсульовані добрива, вивільнення цільового компоненту із яких можна регулювати не лише за рахунок товщини оболонки, а й за рахунок властивостей самого полімерного покриття. Для проведення експериментальних досліджень було вибрано полімерну оболонку, виготовлену із ацетилфталілцелюлози товщиною 100 мкм. Таке полімерне покриття є нетоксичним для довкілля, але дуже чутливим до рН середовища. Особливістю вибраного покриття є його нерозчинність у кислотному та нейтральному середовищі і розчинність у лужному. Ця властивість полімеру пояснюється будовою макромолекули ацетилфталілцелюлози. На основі проведених експериментальних досліджень було визначено коефіцієнти дифузії цільового компоненту крізь цю оболонку.

Іншим методом зменшення забруднення довкілля мінеральними добривами є регулювання швидкості вивільнення цільового компоненту із капсул шляхом внесення до складу полімерного покриття легкорозчинної кристалічної речовини. Кількість внесеного додатку визначає швидкість вивільнення цільового компоненту із капсул. Як полімерне покриття використовували полістирол, товщиною 10 мкм. Під час проведення експериментальних досліджень вносили від 1 до 30% мас. легкорозчинної речовини до складу покриття (рис. 7). Як додаток до оболонки вибрали нітрат амонію.

Як свідчать результати експериментальних досліджень, внесення до складу оболонки легкорозчинної кристалічної речовини дає змогу регулювати

швидкість вивільнення цільового компоненту із капсул в широких межах і використовувати вказані добрива у будь-якому регіоні України залежно від кількості випадання опадів. Крім цього, отримані нами капсульовані добрива дають змогу забезпечувати рослини добривами з першого дня їх внесення, а регульоване вивільнення цільового компоненту дає змогу зменшити міграцію добрив вглиб ґрунту та обмежити забруднення довкілля. На основі математичної моделі вивільнення цільового компоненту через нерозчинні оболонки у навколишнє рідинне середовище та отриманих експериментальних результатів, нами визначено коефіцієнти дифузії у полімерній оболонці.

$C, \text{кг}/\text{м}^3$

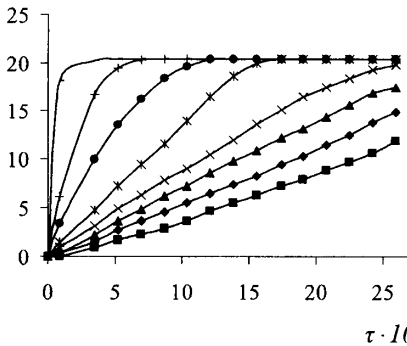


Рис.7. Кінетика вивільнення компонентів капсульованих мінеральних добрив за умови внесення різної кількості нітрату амонію до складу полімерного покриття:

- – 0 мас. част.; ◆ – 0,01;
- ▲ – 0,05; × – 0,10; * – 0,15;
- – 0,20; + – 0,25; – – 0,30

Визначення товщини оболонки базується на допущенні, що дифузійний потік речовини з капсульованих добрив повинен бути рівним кількості добрива, що його може засвоїти коренева система. Масовий потік речовини через полімерну оболонку у навколишнє середовище є рівним:

$$j = \frac{D_2}{\delta} \cdot F \cdot (C_s - C_{1n}) \quad (12)$$

Враховуючи, що $C_s \gg C_{1n}$, можемо прийняти $C_{1n} = 0$.

Рівняння для визначення товщини оболонки капсульованих добрив має вид:

$$\delta = \frac{D_2}{q} \cdot F \cdot C_s \quad (13)$$

Визначена товщина оболонки дає змогу регулювати застосування капсульованих добрив, керуючись кількістю атмосферних опадів на попередньо вибраній території, та обмежити втрати добрив за допомогою цілеспрямованого вивільнення добрив із капсульованих частинок. Дані розрахунку товщини оболонки в залежності від потреби сільськогосподарських культур приведені у дисертаційній роботі.

Крім того проводилися експериментальні дослідження міграції капсульованих азотних добрив в процесі випадання атмосферних опадів. Як капсульовані добрива використовували нітрат амонію (амонійну селітру),

покритий оболонкою виготовленою із полістиролу з додаванням 15% мас. нітрату амонію до складу покриття. Експериментальні дослідження проводили на піщаному та суглинковому ґрунтах (рис.8а, б), куди вносили добрива та проводили періодичні поливи ґрунту, аналогічно як і для гранульованих мінеральних добрив.

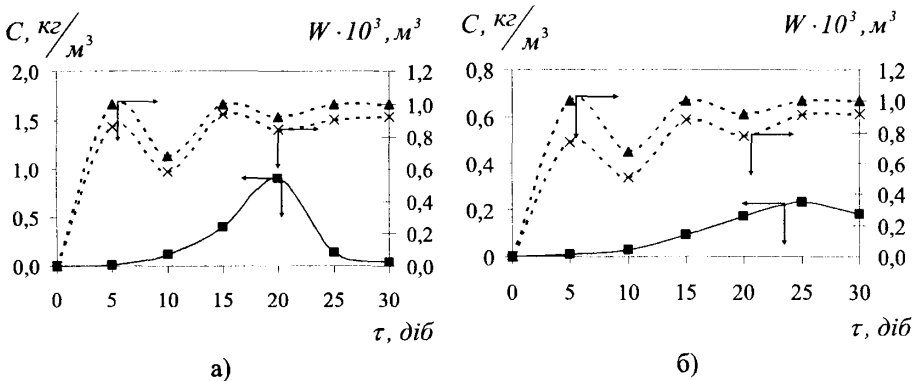


Рис.8. Кінетика вимивання компонентів капсульованих азотних добрив із піщаного (а) та суглинкового (б) ґрунтового шару: ■ – концентрація добрива у фільтраті, $\text{кг}/\text{м}^3$; ▲ – об'єм опадів, м^3 ; × – об'єм фільтрату, м^3

Під час застосування капсульованих добрив максимальна кількість добрив у фільтраті була зафіксована на 20 день експерименту. Повільне вивільнення добрив із капсул забезпечує більш рівномірне поглинання добрив рослинами і, як наслідок, зменшення кількості добрив, які будуть вимиватися із родючого шару ґрунту. Це особливо важливо для зменшення міграції добрив як у вегетаційний період, так і у осінньо-зимовий період, коли кількість добрив, яка вимивається із ґрунту набуває максимального значення.

За рахунок того, що піщаний ґрунт вирізняється високою швидкістю інфільтрації води крізь шар, ступінь вимивання капсульованих добрив із піщаного середовища за 30 днів склав $\eta=95,14\%$, що на 1,7% менше, ніж гранульованих добрив. В той же час ступінь вимивання добрив із суглинкового ґрунту склав $\eta=42,57\%$, що на 15% менше, ніж вимивання гранульованих добрив. Це свідчить про те, що у процесі вимивання компонентів добрив атмосферними опадами важливу роль, з одного боку, відіграють властивості самого ґрунтового середовища (гранулометричний склад, присутність глинистої фракції, водопроникність тощо), що визначає швидкість фільтрації води крізь шар ґрунту, а з іншого – швидкість розчинення або надходження компонентів добрив у ґрунтовий розчин і поглинання їх рослинами. Застосування капсульованих добрив дає змогу зменшити швидкість міграції добрив вглиб ґрунту за рахунок поступового вивільнення добрив із капсул.

На основі узагальнення теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологічну схему виробництва капсульованих мінеральних добрив та методу розрахунку основних конструктивних розмірів апарату для нанесення полімерного покриття.

ВИСНОВКИ

1. Критичний аналіз джерел літератури свідчить про погіршення якості підземних вод, що використовуються як питні, внаслідок антропогенного забруднення ґрунтів нафтопродуктами, важкими та радіоактивними металами, мінеральними добривами, зокрема азотними, які щорічно вносяться в ґрунт. Разом з тим, кількість теоретичних та експериментальних досліджень, що дають змогу прогнозувати та зменшувати забруднення ґрунту компонентами мінеральних добрив, є обмежена. Тому проблема теоретичного та експериментального дослідження міграції добрив у ґрунті є важливою і актуальною.
2. Розроблені експериментальні установки для дослідження міграції добрив у різних ґрунтових середовищах дають змогу визначити вертикальне концентраційне поле під час молекулярно-дифузійного перенесення компонентів мінеральних добрив та конвективного під час імітації атмосферних опадів.
3. Розроблені теоретичні моделі молекулярно-дифузійного перенесення компонентів, основані на диференціальних рівняннях молекулярної дифузії з відповідними граничними умовами, дають змогу прогнозувати міграцію компонентів у вологому ґрунтовому середовищі. Подано теоретичні графічні залежності для вертикального поля концентрацій компонентів добрив. Проведені експериментальні дослідження міграції мінеральних добрив у вологому ґрунтовому середовищі дали змогу встановити коефіцієнт молекулярної дифузії на основі розроблених нами теоретичних моделей.
4. Вперше розроблено математичні моделі для прогнозування забруднення ґрунтових та підземних вод компонентами мінеральних добрив з врахуванням процесу вегетації, під час якого відбувається часткове засвоєння компонентів мінеральних добрив кореневою системою рослин.
5. Вперше досліджено міграцію мінеральних добрив у ґрунтовому середовищі за умови його періодичного зволоження, що імітує атмосферні опади згідно з даними Гідрометеоцентру Львівської області. Визначено швидкості фільтрації водного середовища крізь шар ґрунту.
6. Дослідні дані з кінетики накопичення компонентів гранульованих добрив у фільтраті показують, що у піщаному середовищі максимум концентрації припадає на 10 добу і є значно вищим за максимум концентрації у суглинковому середовищі. За час проведення досліду (30 діб) з піщаного ґрунту ступінь вимивання добрив склав 96,84%, а з суглинкового – 57,64% за однакової початкової концентрації добрива та умовах поливу.
7. Рекомендовано використовувати капсулювання мінеральних добрив як метод запобігання забруднення ґрунтового середовища мінеральними добривами, за рахунок зменшення швидкості їх розчинення і виключення

потреби їх повторного внесення. Вперше запропоновано і запатентовано метод регулювання вивільнення добрив із полімерної оболонки через внесення в її склад легкорозчинних кристалічних речовин та визначено коефіцієнти дифузії в залежності від процентного складу легкорозчинної кристалічної речовини. Використання цих даних дає змогу визначити товщину полімерної оболонки.

Основні умовні позначення

C_{n0} , C_n – концентрація добрива на поверхні ґрунту у початковий та у будь-який момент часу τ , $кг/м^3$; C – концентрація добрива у будь-який момент часу τ на будь-якій відстані від поверхні ґрунту z , $кг/м^3$; C^* – концентрація добрива, що припадає на $м^3$ пор, що знаходяться в $1 м^3$ шару; C_s – концентрація насичення компоненту в розчині, $кг/м^3$; C_{in} – концентрація компоненту на зовнішній поверхні оболонки, $кг/м^3$; D – коефіцієнт молекулярної дифузії, $м^2/с$; $erf(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^x e^{-y^2} \cdot dy$ – функція похибок; D_2 – коефіцієнт дифузії компоненту в полімері, $м^2/с$; F – площа ґрунтового середовища, через яку відбувається дифузія мінеральних добрив, $м^2$; J – густина масового потоку, $кг/(м^2 \cdot с)$; q – поглинання мінеральних добрив рослинами з одиниці об'єму за одиницю часу, $кг/(м^3 \cdot с)$; z – відстань від поверхні ґрунту, $м$; δ – товщина полімерного покриття, $м$; ε – пористість ґрунтового середовища, $м^3$ пор/ $м^3$ шару; τ – час, $с$; $k = z/\sqrt{D}$; $Fo = D \cdot \tau / z^2$ – число Фур'є.

СПИСОК ПРАЦЬ

1. Гумницький Я.М. Регулювання інтенсивності вивільнення компонентів із капсульованих мінеральних добрив у навколишнє середовище / Я.М. Гумницький, О.В. Люта, В.В. Сабадаш // *Екотехнологии и ресурсосбережение*. – К.: – 2007. – №6. – С. 65–68. *(вибір методики експериментальних досліджень, обговорення та аналіз отриманих результатів)*.
2. Люта О.В. Математична модель процесу міграції мінеральних добрив у природному ґрунтовому середовищі / О.В. Люта, Я.М. Гумницький, В.В. Сабадаш // *Вопросы химии и химической технологии*. – Дніпропетровськ: – 2008. – №2. – С.195-198. *(проведення експериментальних досліджень, узагальнення отриманих результатів та розробка математичної моделі процесу міграції)*.
3. Гумницький Я.М. Вимивання компонентів мінеральних добрив із ґрунтового природного середовища / Я.М. Гумницький, О.В. Люта, В.В. Сабадаш // *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. – К.: – 2009. – №1. – С. 62-65. *(проведення експериментальних досліджень, обговорення та аналіз отриманих результатів)*.
4. Сабадаш В.В. Фізико – хімічна інтерпретація зміни кінетики вивільнення компонента з полімерних капсул під впливом водневого показника середовища / В.В. Сабадаш, О.В. Люта // *Вісник НУ «Львівська політехніка» Хімія, технологія*

речовин та їх застосування. – 2005. – №536. – С. 136-139. (*участь в проведенні експериментів та аналіз отриманих результатів*).

5. Гумницький Я.М. Регулювання швидкості вивільнення компонентів з капсульованих мінеральних добрив / Я.М. Гумницький, О.В. Люта, В.В. Сабадаш // Вісник НУ «Львівська політехніка» Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2006. – №553. – С. 187-190. (*проведення експерименту та математична обробка отриманих результатів*).

6. Гумницький Я.М. Регулювання масопровідності полімерної оболонки капсульованих добрив / Я.М. Гумницький, О.В. Люта, В.В. Сабадаш // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: – 2006. – вип. 28. – Т.2. – С. 201. (*проведення експерименту та підготовка статті до друку*).

7. Гумницький Я.М. Дослідження міграції мінеральних добрив у ґрунтовому середовищі / Я.М. Гумницький, В.В. Сабадаш, О.В. Люта, О.В. Гебій // Вісник НУ «Львівська політехніка» Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2007. – №590. – С. 246-250. (*проведення, обговорення та узагальнення результатів експериментальних досліджень*).

8. Люта О.В. Вплив метеорологічних умов на міграцію компонентів мінеральних добрив у ґрунтовому середовищі / О.В. Люта, Я.М. Гумницький // Вісник НУ «Львівська політехніка» Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2008. – №609. – С. 250-253. (*проведення експериментальних досліджень, обговорення та аналіз отриманих результатів*).

9. Гумницький Я.М. Математичні моделі міграції компонентів добрив у ґрунтовому середовищі / Я.М. Гумницький, О.В. Люта // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: – 2008. – вип. 32. – С. 6-9. (*розробка математичних моделей процесу міграції та підготовка матеріалів статті до друку*).

10. Патент на корисну модель 32170 Україна, МПК 7 C05G 3/100. Полімерна дисперсія для капсулювання добрив / Сабадаш В.В., Гумницький Я.М., Люта О.В.; заявник і патентовласник НУ «Львівська політехніка». – № 200713797; заяв. 10.12.2007, опубл. 12.05.2008, Бюл. №9. – 2с. (*ідея та обґрунтування використання полімерної дисперсії для капсулювання мінеральних добрив*).

11. Гумницький Я.М. Регулювання проникливості полімерних оболонок капсульованих мінеральних добрив / Я.М. Гумницький, О.В. Люта, В.В. Сабадаш // Тези доповідей III Української науково-технічної конференції з технології неорганічних речовин "Сучасні проблеми технології неорганічних речовин". – Дніпропетровськ: – 2006. – С. 80. (*розробка програми і методики досліджень*).

12. Гумницький Я.М. Міграція забруднень у ґрунтовому середовищі / Я.М. Гумницький, О.В. Люта, В.В. Сабадаш // Збірка доповідей конференції Екологічна безпека: моніторинг, оцінка ризику, перспективні природоохоронні технології. НУЛП. – Львів: – 2007. – С. 83-84. (*проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації*).

13. Люта О.В. Математичне прогнозування міграції компонентів у вертикальному профілі ґрунту / О.В. Люта, В.В. Сабадаш, Я.М. Гумницький //

Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції “Підвищення енергетичної ефективності харчових і хімічних виробництв”. – Одеса: – 2007. – С. 202. *(проведення експериментальних досліджень, математична обробка отриманих результатів)*.

14. Gumnitsky Y., Lyuta O., Sabadash V. Regulated mass transfer through polymeric capsules // Materiały konferencyjne XIX Ogólnopolska konferencja Inżynierii Chemicznej i Procesowej. – Rzeszów: – 2007. – p. 179-183. *(планування експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів)*.

АНОТАЦІЯ

Люта О.В. Удосконалення методів зменшення техногенного забруднення ґрунтового середовища. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – “Екологічна безпека”. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2009.

Дисертація присвячена теоретичним та експериментальним дослідженням процесів проникнення мінеральних добрив вертикальним профілем ґрунту. Розроблені математичні моделі міграції компонентів добрив внаслідок молекулярно-дифузійного перенесення у випадку засвоєння добрив рослинами та за його відсутності. Наведені теоретичні графічні залежності розподілу концентрації по вертикальному профілю ґрунту. Проведено перевірку на адекватність розроблених математичних моделей. Проведені експериментальні дослідження міграції гранульованих добрив у випадку їх вимивання атмосферними опадами.

Для зменшення забруднення ґрунтового та водного середовища запропоновано як альтернативу гранульованим використовувати капсульовані добрива. Розроблені капсульовані добрива з регульованим вивільненням компонентів добрив за рахунок внесення різної кількості легкорозчинної кристалічної речовини до складу оболонки. Результати теоретичних та експериментальних досліджень передані у Державне управління охорони навколишнього природного середовища у Львівській області для впровадження їх у західному регіоні, ВАТ Інститут ГРХІМПРОМ, Інститут землеробства і тваринництва західного регіону УААН та у навчальний процес.

Ключові слова: *ґрунтове середовище, забруднення, мінеральні добрива, концентрація, математичні моделі, міграція, вимивання, капсулювання.*

АННОТАЦИЯ

Люта О.В. Усовершенствование методов уменьшения техногенного загрязнения почвенной среды. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – “Экологическая безопасность”. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, 2009.

Диссертация посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям процессов проникновения минеральных удобрений в вертикальном профиле почвы. Разработаны математические модели миграции компонентов удобрений за счет молекулярно-диффузионного перенесения в случае усвоения удобрений растениями и его отсутствия. Приведены теоретические графические зависимости распределения концентрации в вертикальном профиле почвы. Проведена проверка на адекватность разработанных математических моделей. Проведены экспериментальные исследования миграции гранулированных удобрений в случаи их вымывания атмосферными осадками.

Для уменьшения загрязнения почвенной и водной среды предложено как альтернативу гранулированным использовать капсулированные удобрения. Разработаны капсулированные удобрения с регулируемым высвобождением компонентов удобрений за счет внесения разного количества легкорастворимого кристаллического вещества в состав оболочки. Результаты теоретических и экспериментальных исследований переданы в Государственное управление охраны окружающей природной среды в Львовской области для внедрения их в западном регионе, ОАО Институт ГИРХИМПРОМ, Институт земледелия и животноводства западного региона УААН и в учебный процесс.

Ключевые слова: *почвенная среда, загрязнение, минеральные удобрения, концентрация, математические модели, миграция, вымывание, капсулирование.*

ABSTRACT

Lyuta O. Improvement of methods for decreasing of technogenic contamination of soil environment. – Manuscript.

The thesis for maintaining of scientific stage of candidate of science according to specialization 21.06.01 – “Ecological security”. – Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas, 2009.

The thesis work is dedicated to the theoretical and experimental investigations of migration processes of fertilizers in vertical profile of ground environment. The pollution problem of ground and water environment by components of mineral fertilizers is analyzed that arises because of rapid dissolution of carried into soil the granulated mineral fertilizers and results in their un full absorption by plants as far as the root system of agricultural cultures which absorbs the nutrition components for soil solution is situated in a little soil layer only (about 60 sm.). The migration of granulated fertilizers by molecular – diffusion and convective methods is investigated. The molecular – diffusion migration of mineral fertilizers components takes place continuously till their full penetration into depth soil layers and soil waters. The migration caused by convective way exists only at atmospheric precipitating when the rapids washing out of fertilizers in over – and underground basins takes place. The mathematical model of migration of fertilizers components at the expense of molecular – diffusion transfer with and without absorption of fertilizers by plants are developed. The mathematical model in case of absorption the fertilizers components by plants enables to forecast the pollution of soil environment in vegetation time which lasts in the spring and summer period, and to do the same at

absence of plants in autumn and winter period. The developed mathematical models take into consideration the period of constant concentration of mineral fertilizers on the surface of soil environment that corresponds to intensive dissolution of solid mineral fertilizers granules directly after their transfer into soil when the absorption of fertilizers by plants do not cause the change of concentration, the period of decrease of concentration on the surface due to time.

As far as the absorption of substances by plants root system takes place more slowly then process of molecular – diffusion transfer, the flow of substance from the surface was defined that enables to forecast the losses of fertilizer components according to quality their transfer into the soil. Received in the experimental way the factor of molecular diffusion enables to define the migration velocity of fertilizers into the soil depth and to forecast the pollution of lower horizons by their components. The graphical dependences of concentration distribution on vertical profile of soil environment with taking into account of experimentally defined factor of diffusion are shown. The test on adequation of developed mathematical models is made. The developed mathematical models enable to define the concentration distributions of fertilizers in vertical profile of soil at anyone time moment and the possibility of pollution both soil and as result the underground waters.

The experimental investigations of washing out of granulated mineral fertilizers from soil during imitation of atmospheric precipitating are shown which enable to define the losses of mineral fertilizers depending on environment of their use. The degree of components washing out in granulated fertilizers from sand and clay soils is defined.

For decrease of contamination the soil and water environment the use of capsulated fertilizers as an alternative to granulated ones is proposed. The experimental investigations in regulation of penetration possibility of polymeric cover depending on ph-index of soil environment are made. The capsulated fertilizers were developed in which polymeric cover the easily crystalline substance is brought, where the regulation of component releasing in mineral fertilizers takes place in result of addition the difficult quantity of substance to the cover composition. The mathematical dependences for determination of polymeric cover thickness according to quantity of added easily soluble crystalline substance and need of plants are proposed. The using this fertilizers type enable to enlarge the use limits of mineral fertilizers according to soil and climate environment conditions and to decrease the migration velocity of fertilizers due to regulated releasing of fertilizers from capsules. The comparative experimental investigations of washing out the capsulated and granulated mineral fertilizers from sand and clay soil environment are made. The results of theoretical and experimental investigations are given to state department of environmental protection in Lviv region for their introduction in western district, OJSC Institute GIRCHIMPROM, Institute of culture and stock-breeding in west region UAAN and in educational process.

Keywords: *ground environment, pollution, mineral fertilizers, concentration, mathematical model, migration, washing out, capsulation.*