

УДК 502.56/.568:631.812.12

Мальований М.С., д.т.н., професор, © ([mmal@polynet.lviv.ua](mailto:mmal@polynet.lviv.ua))Тимчук І.С., ([harbor@meta.ua](mailto:harbor@meta.ua))

Національний університет "Львівська політехніка"

### НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА АГРОЕКОСИСТЕМУ ТА ЙОГО МІНІМІЗАЦІЯ МЕТОДОМ КАПСУЛЮВАННЯ ДОБРИВ

*Розглянуті аспекти негативного впливу мінеральних добрив, які вносяться під посіви сільськогосподарських рослин. Показано, що забруднення навколишнього середовища може бути значно зменшене у випадку капсулювання добрив. Сформовано напрямки подальших досліджень для оцінки перспективності застосування капсульованих мінеральних добрив у сільському господарстві.*

**Ключові слова:** капсульовані мінеральні добрива, навколишнє природне середовище, агроекологія, агроекосистема.

**Вступ:** З агроекологічної точки зору важливими для оцінки можливої негативної дії мінеральних добрив на довкілля є: кількісний та якісний склад мінеральних добрив, у тому числі домішок; особливості впливу на ґрунтовий комплекс і, в тому числі на кислотно-основні властивості ґрунтового розчину; процеси вилугування та міграції біогенних елементів та токсикантів; активність мікробіологічних та біохімічних процесів у ґрунті; вплив на якість сільськогосподарської продукції.

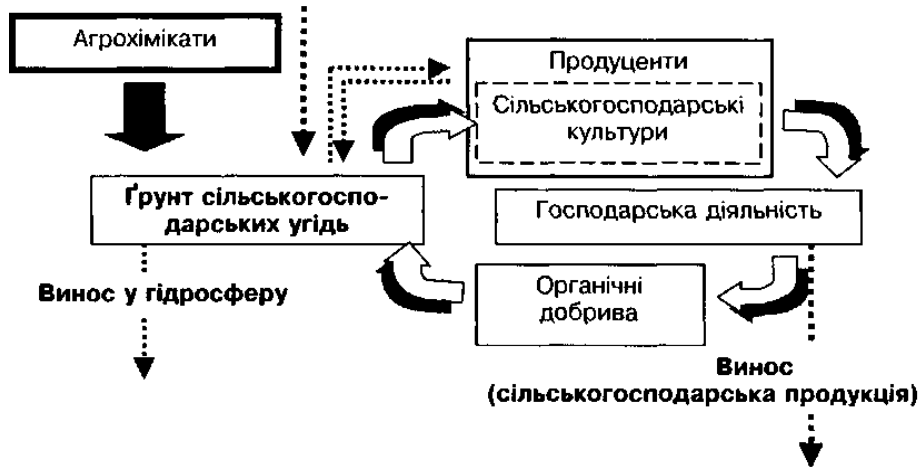
**Матеріали та методи:** Розглянемо детальніше процеси надходження і поширення біологічно активних елементів (БАЕ) у агроекосистемі (рис.1, [1]).

Існує два основних джерела надходження БАЕ у агроекосистему: з атмосфери (промислове забруднення) та застосування мінеральних добрив. Як видно із рис.1, більша частина біохімічно активних елементів, що надходить з мінеральними добривами, потрапляє в обмінний фонд і далі циркулює в межах агроекосистеми. Рисунок 1 свідчить, що для того, щоб суттєво зменшити надходження БАЕ в агроекосистему, необхідно контролювати кількісний та якісний склад мінеральних добрив. Одним із шляхів мінімізації негативного впливу незасвоєних рослинами мінеральних добрив на навколишнє середовище є використання добрив пролонгованої дії, зокрема капсульованих природними дисперсними мінералами.

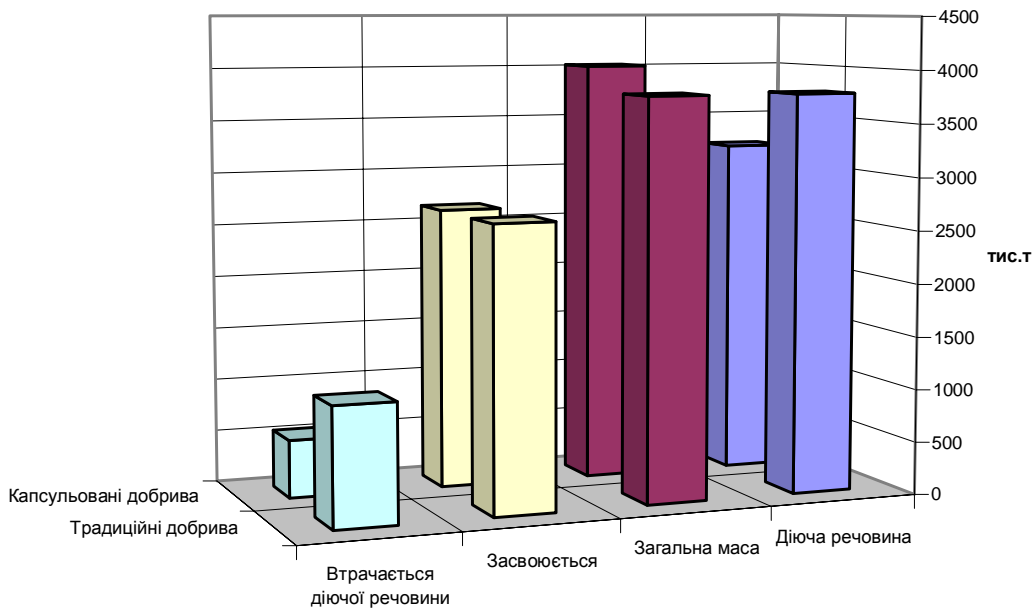
**Результати дослідження:** У випадку використання замість традиційних видів добрив капсульованих, в Україні можна було б зменшити внесення в ґрунти добрив (за умови незмінного ефекту від внесення добрива) на 568 тис. т (це становить 15%) від загальної кількості добрив, які застосовуються в

сільському господарстві України щорічно (рис. 2, [2]). Відповідно, це суттєво зменшить кількість попадання БАЕ в агроєкосистему.

**Надходження з атмосфери**



**Рис. 1. Біогеохімічний колообіг БАЕ в агроєкосистемі.**



**Рис. 2. Порівняльна характеристика показників застосування традиційних та капсульованих добрив в Україні**

Важливо знати, що екотоксикологічну небезпечність БАЕ визначають не за всією їх масою у ґрунті, а лише кількістю, що перебуває в рухомих формах. Для об'єктивної оцінки хімічних речовин користуються загальноприйнятими екотоксикологічними критеріями, серед яких важливе місце посідає рухомість

(за класичним визначенням рухомість — це здатність хімічних елементів переходити із твердих фаз ґрунту в розчини).

Рухомість хімічних елементів характеризується інтенсивними та екстенсивними показниками. Інтенсивний показник їх рухомості у ґрунті дає уявлення про рівень концентрації елемента у рідких фазах ґрунту, а екстенсивний — про вміст сполук у твердих фазах, які цей рівень забезпечують.

У процесі оцінки небезпечності хімічних елементів для агроєкосистеми саме рухомість у ґрунті (першому середовищі, куди вони надходять з добривами), зумовлює їхній подальший шлях — міграцію у природні води, переміщення за трофічними ланцюгами, біодоступність.

Рухомість хімічних елементів у ґрунті природних екосистем залежить від багатьох факторів, але передусім є функцією хімічної природи самих речовин та фізико-хімічних характеристик ґрунту. Штучні екосистеми, до яких належать агроєкосистеми, мають свої специфічні властивості — на перерозподіл хімічних елементів між різними за ступенем групами істотно впливають не лише вищезазначені фактори, а й діяльність людини, зокрема використання засобів хімізації сільського господарства. Схематично вплив факторів на рухомість хімічних елементів представлено на рис. 3 [1].

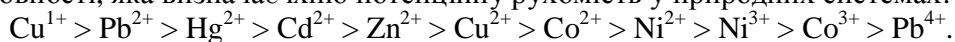


**Рис. 3. Рухомість хімічних елементів — екотоксикологічний критерій їхньої небезпечності**

Для того, щоб зменшити рухомість хімічних елементів, джерелом яких можуть бути мінеральні добрива — важкі метали (Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Co та ін.), металоїди (As), неметали (F, Cl), потрібно встановити, які фактори впливають на рухомість різних хімічних елементів.

Велике значення для оцінки потенційної рухомості в об'єктах природного середовища мають величина заряду ядер і радіус атомів та іонів металів, а також співвідношення між ними, яке виражається величиною іонного потенціалу.

Щодо величини іонного потенціалу, метали можна розташувати у певній послідовності, яка визначає їхню потенційну рухомість у природних системах:



Радіуси негативно заряджених іонів значно більші за радіуси позитивно заряджених катіонів (металів), що кардинально відрізняє їхню поведінку від останніх.

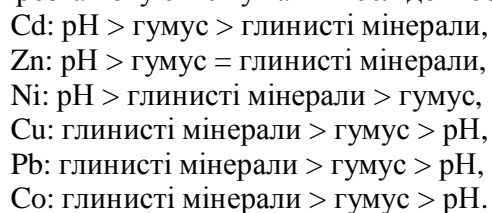
Серед хімічних елементів, які підлягають контролю в процесі застосування мінеральних добрив, на особливу увагу заслуговує група важких металів, елементів з високою потенційною токсичністю. Загальна кількість рухомих форм важких металів у ґрунті, а також їхня здатність переходити з твердої фази ґрунту у ґрунтовий розчин, визначає рівень небезпечності.

Вивчення особливостей рухомості Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Co у різних типах ґрунтів (дерново-середньопідзолистих, темно-сірих опідзолених, чорноземах типових малогумусних, чорноземах звичайних малогумусних, темно-каштанових солонцюватих) показало безумовну залежність інтенсивної та екстенсивної рухомості важких металів від параметрів фізико-хімічного стану ґрунтів.

Серед великої кількості показників стану ґрунтів можна виділити групу, представники якої можуть бути інтегральними щодо оцінки можливого впливу на рухомість  $M^{n+}$ :

- 1) рН ґрунтового середовища;
- 2) вміст гумусу і гумусових кислот;
- 3) кількість фракції часточок розміром  $<0,001$  мм, яка тісно пов'язана із вмістом глинистих (вторинних) мінералів у ґрунті.

За силою впливу на екстенсивну рухомість металів, показники стану ґрунтів розташовуються у такій послідовності:



Для вирішення проблеми надходження важких металів в агроєкосистему можна запропонувати, щоб в композицію капсули мінерального добрива, на основі природних мінералів, в оболонку було включено природний сорбент,

який має властивість поглинати важкі метали, наприклад, це може бути бентонітова глина, але це питання потрібно дослідити детальніше.

Використання мінеральних добрив може істотно змінювати біогеохімічний колообіг речовин, що нерідко призводить до загострення екологічних проблем, у тому числі зумовлених станом підземних та поверхневих вод. Це все відбувається в результаті вертикальної і горизонтальної міграції біогенних елементів, важких металів, хлору, фтору та ін. речовин.

Вертикальна міграція. Вважають, що одним з небезпечних видів забруднення водних джерел є забруднення сполуками азоту. У більшості ґрунтів основним азотним іоном-мігрантом є  $\text{NO}_3^-$ , що зумовлено його надзвичайно високою мобільністю (водна міграція є переважаючою формою). Процеси механічної, фізико-хімічної та хімічної адсорбції цього іону незначні, їх спостерігають у дуже кислих ґрунтах, де переважають мінерали типу каолініту. Міграційна здатність іону  $\text{NH}_4^+$  на багато разів менша, ніж  $\text{NO}_3^-$ , у зв'язку з його швидким поглинанням ґрунтовими колоїдами в екстра- та інтерміцелярне положення.

Мінеральні добрива активно впливають на процеси міграції сполук азоту. Найбільшу вертикальну міграцію спостерігають на ґрунтах легкого механічного складу з низькою поглинальною здатністю. Дослідженнями, проведеними на дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтах (Сумська обл.) [1], встановлено пряму залежність між кількістю вимитого азоту і нормою азотних добрив: на контролі втрати азоту становили 3,6 кг/га, за умови внесення  $\text{N}_{180}$  - 38,9, а за умови внесення  $\text{N}_{360}$  — 77,5 кг/га.

За активністю вертикальної міграції аніонів на різних типах ґрунтів спостерігали таку послідовність:  $\text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{F}^-$ . За високих доз мінеральних добрив аніони здатні мігрувати за межі метрового шару ґрунту з високою ймовірністю досягнення рівня залягання ґрунтових вод, що робить обов'язковим контроль за цими процесами для оцінки нових видів мінеральних добрив. Переміщення речовин з водними потоками — найголовніший механізм горизонтального перерозподілу хімічних речовин у агроландшафті. Серед усіх видів горизонтальної міграції найбільшого значення в обміні речовин набули процеси поверхневого водного стоку. За тривалого застосування великих доз мінеральних добрив винос хімічних речовин з поверхневим стоком зростає внаслідок їхнього нагромадження в орному шарі ґрунту. Дослідженнями для різних типів ґрунтів встановлено числові значення середніх щорічних виносів біогенів у водні джерела. Дерново-підзолисті та сірі лісові орні ґрунти характеризуються такими середніми значеннями вимивання:  $\text{NO}_3^-$  - 10-30, Ca - 140-180, Mg - 25-40, K - 10-20,  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 0,4—1,0, S- $\text{SO}_4$  — 40—60 кг/га на рік. Винос біогенних речовин із сільськогосподарських угідь з поверхневим стоком за умови внесення 1 кг мінеральних добрив на 1 га подано у табл. 1 [1].

Наслідком горизонтальної та вертикальної міграції біогенних елементів та токсикантів є не лише забруднення природних вод і погіршення їхніх санітарно-гігієнічних показників, але й активізація процесів евтрофікації. Міжнародна

комісія з цього питання дійшла висновку, що розсіяні (дифузні) джерела відіграють важливішу роль у їхньому забрудненні біогенними елементами, ніж сконцентровані у межах одного об'єкту. До дифузних джерел забруднення належать мінеральні добрива, внесені на сільськогосподарські угіддя.

Таблиця 1

**Винос біогенних речовин із сільськогосподарських угідь з поверхневим стоком**

Спосіб внесення	Азот	Фосфор
Восени:		
під оранку	0,010	0,0013
поверхнево	0,085	0,0310
поверхнево по мерзлому ґрунту	0,216	0,0510
Навесні по талому снігу	0,866	0,5940

Найбільш розповсюдженим проявом евтрофікації водоймищ є цвітіння води. Воно властиве всім гіпертрофним водоймам і зумовлено масовим розвитком синьо-зелених ціанобактерій, які продукують токсини. Токсини синьо-зелених ціанобактерій належать до високотоксичних природних сполук, які діють на центральну нервову систему, а також порушують вуглеводневий та білковий обмін.

Токсична дія вод евтрофікованого водоймища може бути зумовлена також нагромадженням нітратів і нітритів. У період активної життєдіяльності та після відмирання водорості поповнюють водоймище значною кількістю азотовмісних речовин, у тому числі й біологічно активними амінами. Останні в процесі взаємодії з нітратами та нітритами, утворюють висококанцерогенні нітрозаміни.

Отже, можна підсумувати, що основною проблемою вертикальної та горизонтальної міграції є занадто швидке виведення біогенних елементів в агроєкосистему і подальше їх вимивання у водні горизонти.

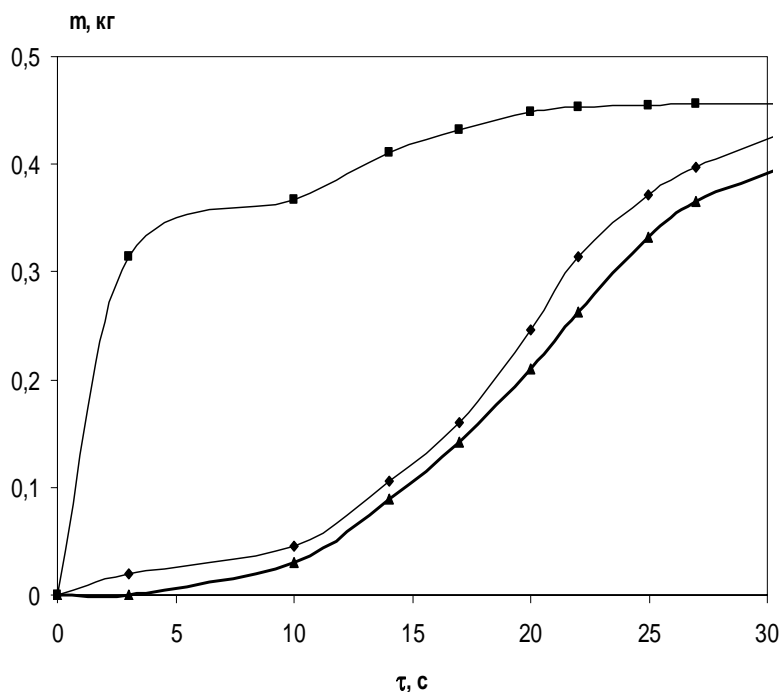
Розглянемо шляхи вирішення цієї проблеми.

Аналізуючи експериментальні дані кінетики вивільнення капсульованих мінеральних добрив у середовище інертної фази (що моделює ґрунтове середовище), спостерігаємо поступове вивільнення компонентів добрива, причому максимальна концентрація іону  $\text{NO}_3^-$  сягає  $0,8 \text{ кг/м}^3$ , тобто є майже втричі меншою за максимальну концентрацію вивільненого гранульованого добрива. Окрім того в кінці експерименту концентрація добрива становила  $0,22 \text{ кг/м}^3$ , перевищуючи концентрацію гранульованого добрива у 150 разів.

Порівнюючи динаміку накопичення елементів капсульованих мінеральних добрив, які продифундували через зволожений зернистий матеріал лабораторної установки у фільтрат, відповідно до потреб рослин у поживних речовинах видно, що гранульоване добриво переходить у ґрунтовий розчин протягом перших днів його внесення у ґрунти, в той час, коли крива вивільнення капсульованого добрива майже збігається з виносом нітратів тестовими рослинами у вегетаційному досліді (рис. 4, [3]).

Проведені дослідження показали, що у випадку застосування капсульованих добрив для живлення рослин за умов точних розрахунків

параметрів оболонки капсульованих добрив можна відрегулювати кінетику вивільнення капсульованих добрив таким чином, щоб забезпечити рослини оптимальними дозами поживних речовин на кожному етапі їх росту та уникнути втрат добрив у довкілля, як це і потрібно для попередження забруднення навколишнього середовища мінеральними добривами, які не засвоюються рослинами.



**Рис. 4.** Порівняння обсягів вивільнення гранульованих та капсульованих добрив залежно від часу, де ■ – маса гранульованих добрив у фільтраті, кг, ◆ – маса капсульованих добрив у фільтраті, кг, ▲ - винос рослинами азоту з ґрунту, кг

**Висновки:** На сьогоднішній день одним з доступних шляхів зниження забруднення агроєкосистеми мінеральними добривами є використання добрив пролонгованої дії. За їх допомогою можна регулювати швидкість вивільнення компонентів добрив, що значно зменшить втрати в навколишнє середовище і, відповідно, зменшується ступінь забруднення навколишнього середовища залишковими мінеральними добривами. Для виготовлення капсули доцільно використовувати природні сорбенти, які мають властивість поглинати важкі метали та зв'язувати їх в нерозчинні форми.

### Література

1. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів / [Патика В.П., Макаренко Н.А., Моклячук Л.І. та ін.]; за ред. В.П.Патики. – К.: Основа, 2005. – 300с.
2. Мальований М.С. Екологічні аспекти застосування мікрокапсульованих добрив пролонгованої дії/М.С. Мальований, Ю.В. Пилипенко, Недаль Хуссейн Мусалам Аль Хасанат //Таврійський науковий вісник. – 2010. - Випуск 68. – С.131 - 138.
3. Недал Хуссен Мусалм Аль-Хасанат Вплив на агроecosистеми мінеральних добрив, капсульованих природними дисперсними мінералами. – автореф. дис. на здобуття наук.ступеня канд. с.-г. наук : спец. 03.00.16 «Екологія»/ Недал Хуссен Мусалм Аль-Хасанат. — Київ, 2011. — 20с.

### Summary

**Malovanyu M.S., Tymchuk I.S.**

### **NEGATIVE IMPACT OF MINERAL FERTILIZERS ON AGRO ECOSYSTEM AND ITS MINIMIZATION BY FERTILIZER CAPSULATION**

*In this paper it was studied the negative environmental impact of mineral fertilizers that are spread while panting agricultural plants but not fully digested. It was described that capsulizing of fertilizers can considerably minimize environmental pollution. There were suggested the areas of further studies for estimation of the effect of capsulated mineral fertilizers use agriculture.*

**Key words:** *capsulated mineral fertilizers, environment, agroecology, agroecosystem.*

Рецензент – д.с.-г.н., професор Буцяк В.І.