

УДК 69:577.4

МОЖЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

Мальований М.С., д.т.н., проф., Гавриляк М.Я., асп.,

Недаль Хуссейн Мусалам Аль Хасанат, асп.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

79013 м. Львів, вул. С.Бандери 12

E-mail mmal@polynet.lviv.ua; gavrilyak@polynet.lviv.ua; nedal_gold@yahoo.com

Проведен анализ особенностей загрязнения окружающей среды минеральными удобрениями. Сформулированы принципы экологически безопасного применения минеральных удобрений в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: минеральные удобрения, загрязнение окружающей среды.

The analysis of environment pollution by mineral fertilizers was performed. The principles of ecologically safe application of mineral fertilizers in agriculture were defined.

Key words: mineral fertilizer, pollution of the environment.

Вступ. Мінеральні добрива є одним із найефективніших засобів підвищення родючості ґрунтів, урожайності та поліпшення якості продукції рослинництва, тому можна констатувати, що за їх допомогою відбувається керування процесами живлення рослин, змінюється якість урожаю та здійснюється вплив на родючість, фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунту.

Аналіз попередніх досліджень. Вивченню проблем ефективного і екологічно безпечного використання мінеральних добрив значну увагу приділяли відомі вчені: С.І. Дорогунцов, П.П. Борщевський [1], О.О. Гаца [2], Л.Г. Котова [3], А.С. Даниленко, В.В. Горлачук [4], Л.В. Дейнеко, Є.В. Хлобистов [5] і ін.

Негативні наслідки неконтрольного використання мінеральних добрив пов'язують з тим, що вони, поряд із основними біогенними елементами часто містять різні домішки у вигляді солей важких металів, органічних сполук, радіоактивних ізотопів, що може призвести до негативного їх впливу на довкілля, рослинницьку продукцію, тваринний світ, здоров'я людей, що працюють з добривами та населення в цілому [1]. Сировина для одержання мінеральних добрив – фосфорида, апатити, сирі калійні солі, як правило, містять значну кількість домішок – від 10^{-5} до 5% і більше. Із токсичних елементів можуть бути присутні миш'як, кадмій, свинець, фтор, стронцій, які повинні розглядатися, як потенційні джерела забруднення довкілля і строго враховуватись при внесенні у ґрунт мінеральних добрив.

На думку окремих авторів [4,5], за останні 5-7 років у структурі забруднення сільськогосподарської продукції відбулися суттєві зміни: на перше місце, серед всіх забруднювачів, виїшли нітрати - 75%, частка важких металів складає - 15%, пестицидів - 8%.

Не дивлячись на ряд негативних наслідків використання мінеральних добрив, результати наукових досліджень вітчизняних учених свідчать, що завдяки застосуванню добрив можна одержати у середньому 40-50% приросту основних сільськогосподарських культур, що значно вище, ніж частка приросту врожаю від сорту насіння, засобів захисту рослин чи обробітку ґрунту. Залежно від ґрунтово-кліматичних і інших умов приріст урожаю від внесення мінеральних добрив коливається в значних межах. Так, у поліській зоні він становить 60%, лісостеповій - 40%, у зволоженому ґрунті степу - 15%, у сухому - 10% і зрошуваному степу - 40% [2,3].

Проте дослідження розглядали окремі аспекти застосування мінеральних добрив і їх впливу на довкілля, в них відсутній системний підхід та побудова єдиної концепції екологічно безпечного застосування мінеральних добрив, що потребує проведення нових досліджень і узагальнень.

Мета роботи. Аналіз стану екологічної безпеки при використанні мінеральних добрив та розроблення стратегії мінімізації їх негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Матеріал і результати дослідження. Шкідливий вплив мінеральних добрив виникає при їх проникненні у водні джерела, накопиченні у вищедопустимих нормах у рослинах, фітотоксичній дії і порушенні природного кругообігу елементів. Причиною такого негативного впливу може бути: недотримання технічних умов транспортування і зберігання добрив, порушення технології використання, низький рівень очищення від шкідливих домішок, недосконалість форм добрив, що використовуються і недостатнє вивчення закономірностей впливу на біосферу. Класифікація об'єктів, що потребують захисту при використанні мінеральних добрив приведена на рис. 1.

З одного боку, метали – мікроелементи, які впливають на формування врожаю і якості продукції і є важливим компонентом ґрунтів, а з іншого - надмірне надходження важких металів у біосферу в результаті господарської діяльності викликає забруднення ґрунтів і рослин.

Слід зауважити, що на відміну від атмосфери і гідросфери, де відбувається самоочищення від важких металів, ґрунти такої здатності практично не мають, в результаті чого, вони стали основним середовищем, яке накопичує важкі метали. Основна маса металів, хоча і викидається в атмосферу, але досить швидко поступає на поверхню ґрунтів. Значна їх кількість включається у ґрунтоутворювальні процеси, деяка частка металів поглинається сільськогосподарськими культурами і відділяється з врожаєм. Забруднення ґрунтів важкими металами негативно впливає на мікроорганізми, у ґрунті порушуються процеси азотфіксації, нітрифікації, мінералізації рослинних залишків.

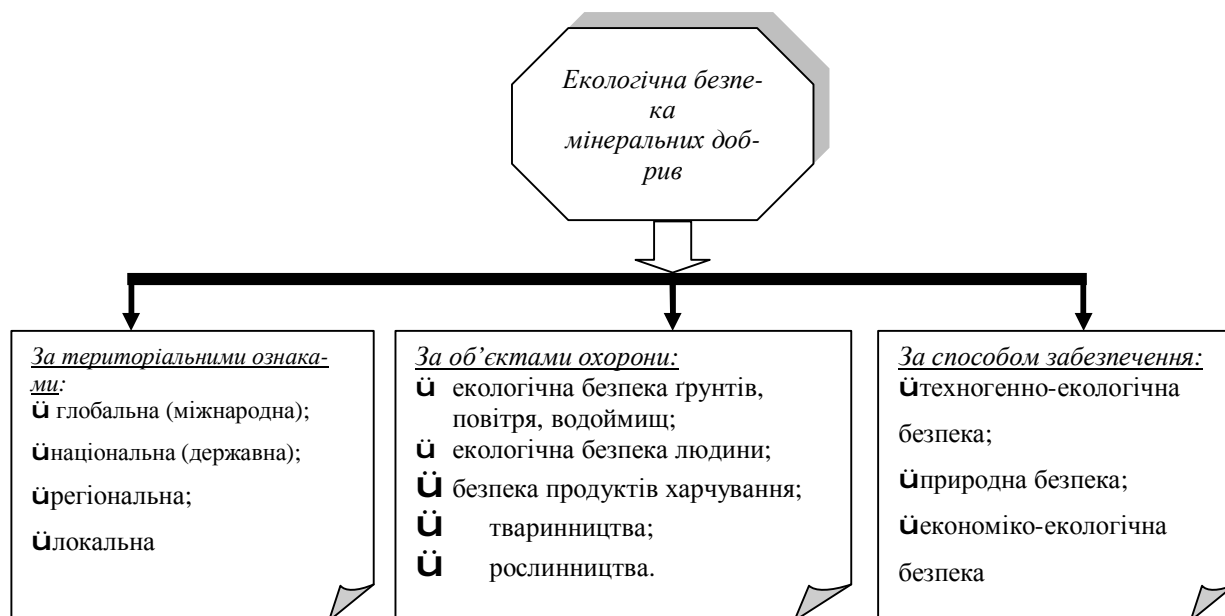


Рисунок 1 - Класифікація об'єктів, що потребують захисту при використанні мінеральних добрив

Визнаючи відносну безпечність мінеральних добрив щодо забруднення ґрунтів важкими металами, тим не менше, існує реальна небезпека одержання вирощеної рослинницької продукції з підвищеним умістом цих металів. Підвищення ймовірності даної небезпеки

пов'язано із тим, що в деяких областях України (Донецькій, Луганській, Запорізькій, Дніпропетровській) та поблизу великих міст (Київ, Харків, Одеса, Львів і ін.) спостерігається високе техногенне забруднення ґрунтів важкими металами в результаті газопилових викидів і стоків промислових підприємств, комунальних господарств, транспорту, полігонів промислових і побутових відходів і інших джерел [4]. У цілому для всієї території України характерна тенденція накопичення важких металів у ґрунтах [5].

У багатьох країнах світу утворились цілі регіони, де забруднення займає площі від декількох квадратних метрів до декількох гектарів. У цих областях переважають ґрунти зі значним умістом важких металів, токсичних для сільськогосподарських культур. Їх висока концентрація у ґрунтового розчині призупиняє ріст коренів і спричиняє загибель рослини. Отже, важкі метали є одними з найбільш поширених забруднювачів довкілля при застосуванні мінеральних добрив. Завдяки міграційним і транслокаційним процесам, надходження зазначених токсикантів до організму людини може відбуватися за складною схемою:

ґрунти – рослина – людина; ґрунти – тварина – людина; ґрунти – рослина – тварина – людина; ґрунти – вода – людина; ґрунти – повітря – людина.

Оцінку впливу мінеральних добрив на безпеку довкілля, на нашу думку, слід розпочинати з технології виробництва, як однієї із складових техногенного впливу практично будь-якого різновиду мінеральних добрив, яка характеризується високими енергозатратами і тісно пов'язана із екологічними проблемами, які вирішувати досить важко.

При підготовці до внесення в ґрунт агрегатний стан добрив не змінюється, однак частина поживних речовин добрив і окремі домішки можуть звітрюватися, забруднюючи атмосферу, виноситися культурними рослинами. Але слід зауважити, що культурні рослини по-різному виносять поживні елементи з ґрунту (табл. 1).

Наведені у табл. 1 дані є орієнтовними, оскільки винесення залежить не тільки від маси врожаю, але й від умов живлення протягом поточного року і є неоднаковим у різних рослин: у злаків, наприклад, 70% загального азоту виноситься разом із зерном, а 30% міститься у соломі. Подібні величини характерні і для винесення фосфору, тоді як 70% калію виноситься разом із соломою. У картоплі та буряків із коренеплодами виноситься 30% азоту і 70% калію.

Таблиця 1 - Винесення поживних речовин культурними рослинами за вегетаційний сезон, кг/га

Сільськогосподарська культура	Азот	Фосфор	Калій	Магній
Жито	90	26	83	15
Озима пшениця	130	26	115	18
Яра пшениця	110	20	83	15
Озимий ріпак	130	26	170	27
Цукровий буряк	300	44	400	45
Картопля	140	33	200	9
Капуста білокачанна	250	40	300	45
Люцерна (з укосу)	380	35	330	36

Споживання хімічних елементів і їх відчуження з урожаєм залежить також і від типу ґрунту. Річне споживання хімічних елементів в агроценозі на підзолистому ґрунті складає 535-770 кг/га, а винесення з урожаєм – 350-570 кг/га, на чорноземах відповідно, 780-1000 і 500-630 кг/га, на каштанових і сіроземах – 415-475 і 260-300 кг/га.

Тенденція до втрати поживних речовин різко збільшуються і за умови одноразового внесення високих доз добрив. Зі збільшенням доз добрив коефіцієнт використання, наприклад, азоту, зменшується, а втрати як абсолютні так і відносні, зростають (табл. 2.).

Таблиця 2 - Втрати поживних речовин з ґрунту, при внесенні високих доз добрив, кг/га

Внесення поживних речовин	Суглинковий ґрунт			Супіщаний ґрунт		
	N	K ₂ O	CaO	N	K ₂ O	CaO
Без добрив	4,8	4,0	35,8	8,1	2,7	61,2
N ₃₄₀ P ₃₄₀ K ₃₀₀	27,8	23,2	180	72,3	29,4	24,7

Отже, надмірну кількість добрив слід розглядати як потенціальне джерело вимивання поживних речовин і забруднення навколишнього середовища.

Значну небезпеку для довкілля несуть азотні добрива, а саме ті втрати, які вони мають в екосистемі. При надмірному внесенні у ґрунт цих добрив їх компоненти (аміак, нітрати, сечовина) можуть мігрувати в поверхневі та підземні води. При цьому, не використані культурними рослинами азотні добрива розподіляються наступним чином:

- 50% іmobilізуються в ґрунтовій органічній субстанції;
- 50% втрачаються у вигляді проміжних сполук процесів денітрифікації та амоніфікації.

Внесення азоту з добрив залучається до загального колообігу в екосистемах.

Наявність денітрифікації пов'язана із втратою азоту з ґрунту, яка помітно посилюється у дощовий період, що є небажаним для сільськогосподарського виробництва. За умов підвищеної вологості ґрунту і слабкокислої реакції азот витрачається здебільшого в молекулярному вигляді, і навпаки, у лужному середовищі, з невисокою вологістю ґрунту, здебільшого виділяються оксиди азоту. Втрати азоту більшою мірою характерні для ґрунтів, незайнятих рослинністю, й для поверхневого способу внесення добрив. Особливою небезпекою є поява в стратосфері навіть незначної кількості оксидів азоту, які викликають швидке руйнування захисного озонового шару стратосфери і прорив потоку ультрафіолетового випромінювання в тропосферу і біосферу зі згубною післядією для життя.

Викликає занепокоєння і диспропорція у співвідношенні між основними елементами живлення. У 2004 р. співвідношення N: P: K сягало 1: 0,2: 0,1, що не є оптимальним. Така диспропорція на користь азотних добрив є екологічно шкідливою, оскільки зумовлює нагромадження у продукції рослинництва нітратів у кількостях, що перевищують гранично допустимі норми. В азотних добривах частина азоту закріплюється в ґрунті в органічній формі, а біологічна форма закріплення азоту ґрунтовими мікроорганізмами чітко виражена в амонійних і аміачних добривах [4].

У процесі внесення до ґрунту аміачно-нітратних добрив амонійний азот поглинається ґрунтовим поглинальним комплексом, а нітратний залишається в ґрунтовому розчині. У ґрунті карбамід під впливом уробактерій протягом 2–3-х діб амоніфікується і перетворюється на карбонат амонію. Під впливом нітрифікуючих бактерій азот із амонійної групи переходить у нітратну. Такі перетворення призводять до утворення нітратів, які накопичуються у рослинах. Дані літературних джерел свідчать про здатність сільськогосподарських культур до селективного накопичення нітратів. Значне накопичення нітратів характерне для чорної редьки, столового буряка, салату листового, шпинату, листя петрушки, окропу, щавлю та баштанних культур [3-5]. Джерелом нітратного та амонійного забруднення можуть бути і стічні води промислових, комунальних підприємств і тваринницьких комплексів, викиди комбінатів виробництва добрив. Частина діючої речовини мінеральних добрив може попадати у річки і озера із непристосованих складів для їх зберігання, при транспортуванні і внесенні, зокрема авіацією. Внутрішні водойми стають надзвичайно вразливими, оскільки відбувається накопичення розчинних речовин, насамперед азотистих. У зв'язку з цим, зростає евтрофікація водойм та підвищується концентрація нітратів у питній воді. Особливо ймовірним є над-

ходження нітратів у ґрунтові води. Якщо у воді артезіанських свердловин у Київській області в період із 2003 до 2006 р. середня концентрація нітратів помітно не змінювалася та коливалася в межах від 4,2 до 7,7 мг/л, то у воді шахтних колодязів вона за цей період збільшилася із 6,8 до 18,3 мг/л, тобто, майже у 3 рази [5].

Шкідливими для здоров'я є не самі нітрати, а нітрити, вторинні аміни і нітрозаміни, які утворюються з них в органах травлення людини і тварин, а також при тривалому зберіганні продукції рослинництва. Всі ці сполуки мають руйнуючий вплив на гемоглобін крові. В Україні здійснюються заходи щодо зниження кількості нітратів у сільгосппродуктах. Тим не менше, відсутність добре обладнаних лабораторій, складність методів контролю, поки що не дозволяють забезпечити тотальний контроль за якістю сільгоспродукції.

Значну роль у забрудненні ґрунту відіграють фосфорні та комплексні добрива. Поглинені ґрунтом фосфати малорухомі і майже не вимиваються (лише 2%) з орного шару. При надмірному використанні фосфорних і комплексних мінеральних добрив у ґрунті накопичується P_2O_5 у такій кількості, яка здатна гальмувати процеси самоочищення. Слід також підкреслити, що фосфорні та комплексні добрива містять домішки селену, миш'яку, важких металів, природних радіонуклідів - урану, радію. Тому, при перевищенні норм внесення цих добрив шкідливими речовинами може забруднюватися ґрунт, звідки зазначені токсиканти при їх міграції та транслокації можуть надходити в поверхневі та підземні (в першу чергу, ґрунтові) води та рослинницьку продукцію. Встановлено, що при надмірному внесенні у ґрунт суперфосфату вміст кадмію в картоплі збільшується у 4 рази [3].

Із фосфорними та комплексними добривами щорічно у ґрунт вноситься 3–4 г/га кадмію, ця величина може сягати до 10 г/га [4]. Залежно від типу ґрунту, кількості опадів і технології внесення фосфорних добрив (доз, термінів, форм, способів внесення, тощо) в деяких сільськогосподарських районах уміст фосфору у річкових водах (навесні) становить 0,12–0,16 мг/л. Гранично допустима концентрація фосфору в питній воді - 10 мг/л. Тому, з метою запобігання можливості включення у біологічний кругообіг токсичних і радіоактивних елементів застосування фосфорних добрив повинно знаходитись під постійним контролем екологів.

Калійні добрива також мають негативний вплив на довкілля, оскільки вони містять так звані баластні елементи (Cl, Na), які можуть накопичуватися у ґрунті при систематичному застосуванні підвищених доз таких добрив, знижуючи при цьому його родючість. Внесення великих доз калійних добрив може зумовити підвищену концентрацію хлорид-іонів, порушити співвідношення між катіонами Ca^{2+} : K^+ , Mg^{2+} : K^+ , витіснити кальцій і магній з ґрунтового комплексу, а також посилити їх міграцію за профілем ґрунту.

На вимивання калію з впливають фізико-механічні властивості ґрунту, зокрема гранулометричний склад і водопроникність; із важких ґрунтів він вимивається менше, ніж із легких. Поверхневі стічні води вимивають калій з ґрунту, а ґрунтові і підґрунтові - калій добрив. Метали, що містяться у калійних добривах (Cd, Hg, Pb, Al) можуть накопичуватися у живих організмах, проникати у ґрунтові води тощо. Разом із калійними добривами у ґрунті надходять також аніони хлору. Якщо вносити 45–50 кг/га калійних добрив (із розрахунку на K_2O), то разом із ними надходить 30–35 кг/га аніону хлору, який призводить до штучного засолення ґрунтів. До того ж, накопичення значних кількостей калію у ґрунті може зумовити порушення співвідношення між калієм і натрієм у питній воді та харчових продуктах, що має негативний вплив на здоров'я людини.

Незважаючи на негативний вплив від надмірного внесення різних видів перерахованих мінеральних добрив, слід зауважити, що дія забруднюючих речовин має порівняно локальний характер поширення і визначається їх високою концентрацією і тривалою дією на довкілля. Локальний характер проявляється не тільки при внесенні добрив в ґрунті, але і в місцях їх виготовлення, зберігання, транспортування. Це пов'язано з тим, що в атмосферу надходить значна кількість пилу, парів і газоподібних речовин, залежно від агрегатного стану добрив. Результати наукових досліджень показали, що подрібнення нітроаміофоски супрово-

джується пилоутворенням у кількості $426,2 \pm 84,6$ мг/м³, затарення у мішки - $51,88 \pm 13,30$ мг/м³. Концентрації фосфорного та сірчаного ангідридів визначались у концентраціях $2,62 \pm 0,14$ і $8,33$ мг/м³, відповідно, оксиди азоту і аміак значно нижче гранично допустимих концентрацій. Під час підготовки тукосуміші простих мінеральних добрив у польових умовах уміст пилу мінеральних добрив у повітрі робочої зони коливається від 4,0 до 12 мг/м³.

Грунтовий пил площ, на яких вносились мінеральні добрива, порівняно з нативними містить в 1,8–2,5 рази більше елементів фосфору, калію, азоту, а також більш високий вміст ртуті, свинцю, кадмію, марганцю. Пил чорноземного ґрунту, на відміну від інших, акумулює більшу кількість елементів, які входять до складу добрив: кальцію, магнію, фосфору, азоту та меншу кількість важких металів. У пилу інших типів ґрунту, порівняно з чорноземом, концентрація нікелю більша в 6–12 разів, ртуті - в 3–5 разів, кадмію і свинцю - в 2–3 рази. Мінеральна частина ґрунтового пилу містить також сполуки кремнію, алюмінію, титан, магній, залізо, мідь, цинк, марганець. Вміст в пилу шкідливих домішок мінеральних добрив (важких металів, миш'яку, фтору тощо) та продуктів їх трансформації залежить, в першу чергу, від типу ґрунту та асортименту і обсягів внесення мінеральних добрив. Концентрації важких металів (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Mn), які надходять в повітря робочої зони разом із пилом різних типів ґрунтів, за сумою зазначених елементів складає: дернево-підзолистий — 2,65; темно-сірий — 3,67; чорноземний — 0,81; сірозем темний - 3,43; сірозем світлий - 3,03; темно-каштановий - $1,30 \cdot 10^{-2}$ мг/м³. Отже, негативний вплив на довкілля має не лише внесення мінеральних добрив, але й процеси їх виготовлення, зберігання і транспортування. Це розширює проблематику екологічно негативного впливу добрив на довкілля.

Проведений аналіз наукової літератури та положень нормативно-правових актів дає підстави для виділення наступних характерних рис екологічної безпеки довкілля при використанні, транспортуванні і зберіганні мінеральних добрив:

- екобезпека добрив є невід'ємною складовою екологічної безпеки довкілля;
- допускається наявність прийняттого рівня ризику при використанні добрив;
- необхідне прийняття та дотримання спеціальних правил та нормативів оцінки ризику;
- досягнення екобезпеки добрив повинне здійснюватись із дотриманням принципу перестороги, обумовленого відсутністю науково обґрунтованих даних щодо ступеня можливої небезпеки добрив для людини та принципу попередження заподіяння шкоди довкіллю.

Отже, екологічно безпечні мінеральні добрива – це засоби підвищення врожайності сільськогосподарських культур із мінімальним умістом шкідливих речовин, пристосовані до певних ґрунтово-кліматичних умов і виготовлені з використанням сучасних еколого безпечних технологій, які не призводять до забруднення довкілля. Досягнення екологічної безпеки технологій застосування мінеральних добрив повинно здійснюватись комплексом заходів нормативно-правового, організаційного та технологічного плану.

Щодо заходів нормативно-правового характеру, то слід відмітити, що екологічна безпека сьогодні знаходиться під контролем держави і регулюється нормативно-правовими актами, серед яких: Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища", Закон України "Про пестициди і агрохімікати", Закон України "Про відходи", Закон України "Про захист рослин", Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", Постанова Верховної Ради України "Про основні напрями державної політики України в галузі охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки", Концепція екологічної безпеки України, Указ Президента України "Про державну стратегію України по охороні навколишнього середовища і забезпечення стійкого розвитку", "Санітарні правила по зберіганню, транспортуванню і застосуванню мінеральних добрив в сільському господарстві" №1049-73, Інструкція по екологічному обґрунтуванню господарської і іншої діяльності. Дані документи націлені загострити увагу громадських і державних органів влади на той факт, що забезпечення екологічної безпеки є потребою, задоволення якої у сукупності

з іншими потребами створює можливості для розвитку особистості, суспільства і держави в цілому.

Заходи організаційного характеру націлені на застосування науково обґрунтованих розрахункових норм внесення певних видів норм під конкретні види рослин, забезпечення неухильного виконання всіх перевищених вище законів і норм щодо поводження з мінеральними добривами.

Технологічні аспекти еколого безпечного застосування мінеральних добрив зводяться до використання комплексних мінеральних добрив пролонгованої дії (капсульованих, таблетованих, важкорозчинних), рідких комплексних добрив, застосування сучасних технологій внесення добрив, які мінімізують забруднення навколишнього середовища.

У зв'язку з підвищеною актуальністю проблеми захисту навколишнього середовища в Україні в останні роки почали створюватись спеціальні національні і міжнародні органи управління і контролю, на які покладено обов'язки щодо забезпечення екологічної безпеки регіону, держави, всього світового суспільства.

Проте, слід зауважити, що система існуючих в Україні екологічних нормативів недостатньо розвинута на сьогоднішній день і не охоплює всі аспекти безпеки довкілля при використанні мінеральних добрив. Причиною цього є також і нестача природно наукових критеріїв, придатних для оцінювання ідентифікації об'єктів навколишнього середовища, їх якісного стану і впливу на здоров'я людини.

Висновки. Вирішення питань екологічної безпеки України повинно вирішуватись з огляду на світовий досвід, із врахуванням специфіки географічного розташування країни. Крім цього, на нашу думку, до розробки законів України та різних підзаконних актів, які стосуються врегулювання екологічної ситуації, повинні залучатися фахівці, науковці та практики різних галузей народного господарства, які займаються питанням захисту навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Удосконалення управління природокористування в АПК/С. І. Дорогунцов, П. П. Борщевський, Б. М. Данилишин. – К.: Урожай, 1992. – 128 с.
2. Дорогунцов С.І., Гаца О.О. Проблеми природокористування і шляхи їх вирішення // Трибуна. - 1995. – № 7-8. - С. 32-33.
3. Баланс и круговорот азота в агроэкосистемах на техногенно загрязняемых почвах Прибайкалья / Л.Г. Котова, А.Б. Раднаев, Н.П. Лесных // Тез. докл. междунар. конф. "Проблемы антропогенного почвообразования". - М., 1997. - Т. 3. - С. 147-150.
4. Даниленко А.С., Горлачук В.В., В'юн В.Г., Песчанська І.М., Сохнич А.Я. Управління відтворенням і збереженням родючості ґрунту у контексті сталого розвитку природокористування. - Миколаїв: Вид-во ПП "Іліон", 2003. - 39 с.
5. Дейнеко Л.В., Хлобистов Є.В. Екологічно чиста продукція у системі стратегічних орієнтирів сталого розвитку агропромислового комплексу // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія „Економіка та менеджмент”. – 2005. - Вип. 3–4 (16–17). – С. 84–86.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Рижковим С.С.