



# ТОКСИКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА МІНЕРАЛЬНОГО ДОБРИВА СУЛЬФАТУ АМОНІЮ ТА ОБГРУНТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

І.В. Лепьошкін, кандидат мед. наук, О.М. Багацька, кандидат с.-г. наук,  
І.В. Мудрий, доктор мед.наук

Інститут екогієни і токсикології ім. Л.І. Медведя, м. Київ

**Резюме.** У статті розглядаються актуальні питання токсикології та гігієни безпечного використання мінерального добрива сульфату амонію.

Сульфат амонію за гострою пероральною та інгаляційною токсичністю відноситься до помірно небезпечних речовин (3 клас небезпеки) згідно з ГОСТ 12.1.007-76. Ненормоване використання добрива активує міграційні та транслокаційні процеси токсикантів, зокрема міді, цинку і свинцю. У зоні Полісся з підвищеною вологістю ґрунтів, високим стоянням ґрунтових вод норма внесення добрива не повинна перевищувати 90–100 кг/га за азотом.

Ключові слова: мінеральне добриво, сульфат амонію, токсикологія, гігієна, важкі метали

**Резюме.** В статье рассматриваются актуальные вопросы токсикологии и гигиены безопасного применения минерального удобрения сульфата аммония.

Сульфат аммония по острой пероральной и ингаляционной токсичности относится к умеренно опасным веществам (3 класс опасности) согласно ГОСТ 12.1.007-76. Не нормированное использование удобрения активизирует миграционные и транслокационные процессы токсикантов, в частности меди, цинка и свинца. В зоне Полесья с повышенной влажностью почв, высоким стоянием грунтовых вод норма внесения удобрения не должна превышать 90–100 кг/га по азоту.

Ключевые слова: минеральное удобрение, сульфат аммония, токсикология, гигиена, тяжелые металлы

**Summary.** The article examine the questions concerning toxicological and hygienic aspect of safe use of mineral fertilizer Sulfate ammonium.

The Sulfate ammonium on acute oral and inhalation toxicities behaves to the moderately dangers substances (3 class of danger) accordingly GOST 12.1.007-76. The not rational use of fertilizer activates migration of the toxic matters (heavy metals: copper, zinc and lead) in the soil profile and migration in "soil-plant" system.

In the region of Ukraine Polissya the rate of fertilizer should not exceed 90–100 kg/ga on nitrogen, due to the soil water regime washed and high standing of soils waters.

Keywords: mineral fertilizer, toxicology, hygiene, Sulfate ammonium, heavy metals.

Традиційні азотні мінеральні добрива, які використовуються на полях України понад 80 років, добре вивчені з позицій біологічної продуктивності сільськогосподарських рослин, їх впливу на агрохімічні показники ґрунту та технологій застосування. На сьогодні необхідною умовою є оцінка мінеральних добрив з позицій безпечного впливу на компоненти агроценозу та здоров'я людини.

Оцінка можливого негативного впливу мінеральних добрив на екосистему базується на системі нормативів: гігієнічних, токсикологічних, екологічних, завдяки яким визначається ступінь небезпечності хімічної речовини та встановлюється клас небезпечності.

Важкі метали в добривах є природними домішками, які містяться в агроходах. Тому кількість їх у

добривах залежить від вихідної сировини і технології переробки. Вміст цих домішок знаходиться в дуже широких межах від 5 до 10 %. За даними ЦІНАО азотні добрива вважаються найбільш "чистими". Але при необґрунтованому використанні азотних добрив вміст токсичних домішок (складових добрив), що надходять до ланок агроценозу, може бути таким, що негативно впливатиме на здоров'я людини. Крім того, азотні добрива як хімічно активні речовини активно впливають на фізико-хімічні властивості ґрунту та життєдіяльність ґрунтової мікрофлори, через що змінюють умови міграції важких металів за ґрунтовим профілем та в системі "ґрунт-рослина", "ґрунт-ґрунтові води".

Прогнозуючи збільшення вмісту важких металів в ґрунті, можна передбачити збільшення їх вмісту

як мікроелементів у живих організмах та сільсько-господарських культурах. При цьому їх надлишок чи недостача у навколишньому середовищі зумовлюють зміни процесів обміну речовин, виникнення аномалій розвитку, виявлення ендемічних захворювань у тварин та людини.

### Матеріали і методи дослідження

Об'єктом дослідження було мінеральне добриво сульфат амонію, виробництва ВАТ "Полімір" (Республіка Беларусь), Акціонерного товариства "Куйбишев Азот" (Росія), ВАТ "ГродноАзот" (Республіка Беларусь).

Сульфат амонію використовується в сільському господарстві в якості високоефективного азотного добрива. Застосовується під зернові, технічні та овочеві культури як для передпосівного внесення, так і для підживлення.

За матеріалами технологічного регламенту сульфат амонію має наступний хімічний склад: N — 21 %, S — 0,05 %, кобальт (Co) —  $0,03 \times 10^{-4}$  %, мідь (Cu) —  $0,6 \times 10^{-4}$ – $1,54 \times 10^{-4}$  %, цинк (Zn) —  $0,04 \times 10^{-4}$  %, залізо (Fe) —  $5,55 \times 10^{-4}$ – $10,79 \times 10^{-4}$  %, марганець (Mn) —  $0,14 \times 10^{-4}$ – $0,15 \times 10^{-4}$  %, свинець (Pb) —  $3,35 \times 10^{-4}$ – $6,8 \times 10^{-4}$  %, кадмій (Cd) —  $0,03 \times 10^{-4}$  %, нікель (Ni) —  $0,02 \times 10^{-4}$  %, хром (Cr) —  $0,03 \times 10^{-4}$ – $0,2 \times 10^{-4}$  %.

При проведенні досліджень основна увага приділялася визначенню вмісту важких металів (Cd, Pb, Cu, Zn, Co, Ni) та нітратів у системі "добриво--грунт--рослина" при застосуванні добрива.

Дослідження щодо визначення безпечності застосування сульфату амонію для довкілля та здоров'я людини проводилися відповідно до "Методических рекомендаций по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве". Гігієнічна оцінка якості ґрунту при застосуванні добрива проводилась відповідно до існуючих нормативів ГДК [1–5].

Вміст важких металів визначали згідно з "Методическими указаниями по определению Hg, Zn, Co, Cd, Cu, Ni у ґрунті, рослинах, воді методом тонкошарової хроматографії (узгоджені МОЗ України, постановою головного державного санітарного лікаря України від 10.06.1997 №50 та затверджені Укрдержхімкомісією за №50-97 від 19.06.1997); нітратів — фотометричним (ГОСТ 26488-85 "Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО").

Отримані в експерименті дані статистично оброблялись відповідно до "Методических рекомендаций по программированию обработки результатов токсиколого-гигиенических экспериментов на микро-ЭВМ типа БЗ-34".

### Результати досліджень та їх обговорення

Азотні добрива за токсичністю можна поділити на 3 групи. До першої належать безводний аміак, аміачна вода, вуглеаміакати, ціанамід кальцію і

сульфат амонію. Суміш аміаку з повітрям (15,5–27% аміаку) вибухонебезпечна. Пари аміаку подразнюють слизові оболонки дихальних шляхів, а у великих концентраціях викликають сильний напад кашлю, запаморочення. Подразнення слизових оболонок аміаком відчувається при його концентрації в повітрі 0,1 мг/л. Концентрація аміаку 0,35–0,7 мг/л повітря небезпечна для життя людини і тварин. Друга група — сечовина, кальцієва і натрієва селітра. Ці добрива дуже гігроскопічні, потрапляючи на шкіру і особливо на слизові оболонки, вони викликають їх подразнення. До третьої групи належить решта азотних добрив. Вони мало токсичні для людини і тварин [6].

Одноразова інгаляційна дія сульфату амонію в максимальній концентрації ( $450$ – $500$  мг/м<sup>3</sup>) не викликала загибелі білих щурів. При 2-годинному вдиханні добрива ЛК<sub>50</sub> не досягається.

При введенні сульфату амонію в шлунок ЛД<sub>50</sub> для щурів становить 2410–4540 мг/кг, мишей — 2450–4280 мг/кг. Клінічна картина отруєння має наступні ознаки: збудження змінюється гальмуванням, спостерігається прискорене дихання, з'являються судоми, загибель тварин настає від асфіксії. При гістологічних дослідженнях внутрішніх органів спостерігалася слабо виражена зерниста дистрофія в клітинах печінки, серця та звивистих каналцях нирок. Зміни у слизовій оболонці шлунка не виявлялись.

При нанесенні на шкіру сульфату амонію летальних випадків у щурів не спостерігалось. Загальний стан у тварин був задовільний. Маса тіла, фізіологічні показники у щурів дослідної групи були такими як і у контрольної. Клініко-біохімічними дослідженнями виявлено підвищення активності трансаміназ, зниження екскреції сечовини з сечею.

У мишей при аплікації на шкіру 20% водного розчину добрива протягом 4 годин мала місце слабка подразлива дія. У морських свинок при аплікації 50% водного розчину добрива протягом 30 днів на вистрижених ділянках бічної поверхні спини спостерігався поверхневий дерматит.

При внесенні добрива в кон'юнктивальний мішок ока з'являлася помірна гіперемія слизової оболонки та сльозотеча. Через добу ознаки подразнення зникали, тобто мала місце реакція стороннього тіла. При одноразовому закапуванні кроликам в око 50 мг — сльозотеча, больова реакція, запалення слизової оболонки очей. При одноразовому закапуванні кроликам в око 2–3 крапель 10 % водного розчину — невелика гіперемія судин склери. На другу добу явища подразнення зникали.

Відмічена слабка сенсibiliзуюча дія у морських свинок за методом Алексеевої-Паткевич. При вивченні комплексної сенсibiliзації морських свинок сульфатом амонію (внутрішньошкірно + 10 аплікацій на шкіру) видимих змін на шкірі не спостерігалось.

Однак були виявлені достовірні стосовно контролю зміни показників специфічного лізису лейкоцитів ( $15,16 \pm 1,12$  % проти  $6,45 \pm 0,86$  %) та реакції гальмування міграції лейкоцитів. При аналізі індивідуальних даних в 50 % тварин визначалась сенсibiliзація середнього ступеня [7].

Узагальнюючи викладені вище дані, можна зробити висновок, що добриво має помірно виражену загальнотоксичну дію на організм.

Згідно з ГОСТ 12.1.007-76 сульфат амонію за гострою дермальною токсичністю слід віднести до малотоксичних речовин (4 клас небезпеки), за інгаляційною та пероральною — до помірно токсичних речовин (3 клас небезпеки). Добриво справляє слабку подразнюючу дію на шкіру, викликає дерматит та кон'юнктивіт при потрапленні на слизову оболонку ока, а також має слабку сенсibiliзуючі властивості.

Можна стверджувати, що з токсикологічних позицій добриво сульфату амонію можна використовувати в сільському господарстві України після одержання результатів досліджень в лабораторних та польових умовах щодо впливу його з еколого-гігієнічних позицій на якість ґрунту, ґрунтових вод, на безпечність вирощеної рослинницької продукції.

#### **Вплив мінерального добрива сульфату амонію на фізико-хімічні властивості ґрунту та функціонування ґрунтової мікрофлори**

При внесенні в ґрунт сульфат амонію швидко розчиняється і вступає в реакцію з катіонами твердої фази ґрунту. Поглинений амоній добре засвоюється рослинами. Знаходячись в поглиненому стані, іон амонію має меншу рухомість, отже, знижується можливість вимивання азоту, що входить до складу сульфату амонію при внесенні останнього у вологий ґрунт.

Внаслідок нітрифікації азот сульфату амонію переходить в нітратну форму. Нітратний азот не поглинається колоїдами ґрунту і знаходиться в ґрунтовому розчині. В результаті міграції нітратний азот активно контактує з кореневою системою рослин.

При застосуванні сульфату амонію відбувається зміна реакції ґрунтового розчину в бік її підкислення та послаблення буферних властивостей ґрунту, а це в свою чергу впливає на рухомість важких металів у системі "ґрунт-рослина".

Мінеральні добрива, особливо при довготривалому використанні, впливають на біологічну активність ґрунту, яка є важливим показником його родючості, забезпечення рослин основними елементами живлення, а також здатності ґрунтового ценозу протистояти техногенному навантаженню. Діяльність нітрифікуючих бактерій призводить до накопичення нітратів.

Одним з важливих чинників, що визначає чисельність та фізіологічну активність мікрофлори ґрунту є вміст в ньому мінеральних та органічних речовин. Внесення їх, зокрема в якості мінеральних добрив, впливає на чисельність мікроорганізмів різних фізіологічних груп.

Внесення в ґрунт сульфату амонію не спричиняє істотних змін в чисельності гетеротрофних та амоніфікуючих мікроорганізмів. Так, після внесення в ґрунт однократної дози добрива (що відповідала  $60$  кг/га по азоту або  $283$  кг/га  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) чисельність гетеротрофних бактерій стосовно контролю змінювалась не суттєво. Внесення в ґрунт десятикратної дози препарату також не супроводжувалося істотними змінами цих бактерій в ґрунті. Таким чином, добриво в досліджуваних нормах внесення не впливає на чисельність гетеротрофних організмів.

Внесення сульфату амонію практично не впливало на чисельність в ґрунті амоніфікуючих мікроорганізмів та денітрифікуючих бактерій. При дії однократної та десятикратної дози добрива чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів майже не знижувалась. Кількість денітрифікуючих бактерій на варіантах з добривом змінювалась у межах  $3,4\%$  стосовно контролю.

Дихальна активність ґрунту також майже не змінювалась при застосуванні сульфату амонію як при одноразовій нормі внесення, так і при десятикратній. Після 28 днів показники мало відрізнялись від контрольного варіанту.

Застосування однократної та десятикратної дози сульфату амонію призводить до певного підвищення в ґрунті вмісту нітратів, що є показником активності в ньому процесів нітрифікації. Під впливом однократної норми внесення  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  протягом 14 діб вміст нітратів стосовно контролю зростав на  $7,2$  %, а десятикратної — на  $11,7$  %. Після 28 діб вміст нітратів у ґрунті на варіанті з однократною нормою внесення зріс на  $12,2$  % щодо контролю, а десятикратної — на  $20,4$  % (табл. 1)

Таким чином, застосування сульфату амонію в дозі  $160$  кг/га не спричиняє негативного впливу на функціонування нітрифікуючих мікроорганізмів. Тільки під впливом десятикратної дози добрива суттєво зростає процес нітрифікації, а отже, активуються міграційні процеси нітратів у системі "ґрунт-рослина" та "ґрунт-ґрунтові води".

Отже, сульфат амонію, змінюючи фізико-хімічні властивості ґрунту та впливаючи на функціонування ґрунтової мікрофлори, може підвищувати міграційну активність важких металів та нітратів у системі "ґрунт-рослина" та "ґрунт-ґрунтові води".

Тому є необхідним вивчення зміни кількості рухомих форм важких металів у кореневомісткому горизонті ґрунту, процесів транслокації та їх міграції за ґрунтовим профілем при застосуванні мінерального добрива сульфату амонію.

Таблиця 1

**Вміст нітратного азоту в ґрунті при застосуванні мінерального добрива сульфату амонію**

Варіанти	Вміст NO <sub>3</sub> залежно від строку внесення добрива, мг/кг			
	0	7	14	28
Контроль	5,27±0,53 /100,0%	6,18±0,69/100,0	6,66±0,50/100,0	6,22±0,53/100,0
N <sub>60</sub>	5,47±0,75/103,8	7,12±0,22/115,2	7,14±0,34/107,2	6,98±0,31/112,2
N <sub>60</sub> ×10	6,18±0,44/117,2	6,18±0,69/100,0	7,44±0,21/111,6	7,49±0,52/120,4

**Вміст важких металів у складі мінерального добрива сульфату амонію**

До складу мінеральних добрив, крім поживних речовин, входять компоненти (важкі метали, фтор, миш'як, радіонукліди), яким у рухомому стані характерна здатність міграції за ланцюгами живлення, викликаючи в окремих випадках токсичні ефекти як відносно ґрунтової біоти, сільськогосподарських культур, тварин, так і здоров'я людини.

Тому в наших дослідженнях увага приділялась вивченню вмісту рухомих (водорозчинних) форм та сумі рухомих і потенційно рухомих (кислоторозчинних) форм важких металів у складі добрива.

У складі добрива було виявлено досить незначний вміст водорозчинних та кислоторозчинних форм важких металів (табл. 2).

Кількість нікелю, кадмію та свинцю коливалась на межі чутливості методу визначення. Максимальний вміст цинку становив 0,3–0,5 мг/кг відповідно за формами, кобальту — 0,03–0,07 мк/кг та міді 1,7–2,7 мг/кг відповідно.

За розрахунковими даними при застосуванні максимальних доз добрива до орного шару ґрунту надійдуть концентрації важких металів, що значно нижчі встановлених нормативів ГДК для рухомих форм важких металів у ґрунті. Застосування добрива в науково-обґрунтованих дозах не призведе до суттєвої зміни як валових, так і рухомих форм важких металів у ґрунті.

**Інтенсивність міграції важких металів у системі "ґрунт-рослина" при застосуванні мінерального добрива сульфату амонію**

Вивчення міграції важких металів у системі "добриво-ґрунт" при застосуванні досліджуваного доб-

рива проводилося у вегетаційному досліді. При застосуванні сульфату амонію було відмічено збільшення кількості рухомих форм цинку та міді в кореновомісткому горизонті ґрунту щодо контрольного варіанту (без добрив).

Так, концентрація цинку зросла на 30 % при застосуванні добрива в дозі N<sub>75</sub> і на 153 % при використанні п'ятикратної норми внесення даного добрива (N<sub>375</sub>). При цьому слід зазначити, що перевищення гранично допустимих концентрацій рухомих форм цинку в ґрунті не спостерігалось.

Кількість міді на варіантах з використанням сульфату амонію перевищувала контрольний варіант відповідно на 66 % при нормі N<sub>75</sub> і на 268 % при нормі N<sub>375</sub>. При використанні добрива в п'ятикратній дозі спостерігалось перевищення ГДК рухомих форм міді в ґрунті. Її вміст в ґрунті становив 5,8 мг/кг при гігієнічному нормативі 3,0 мг/кг. Кількість нікелю, кобальту і свинцю була на рівні чутливості аналітичного методу визначення на всіх досліджуваних варіантах.

Аналізуючи дані лабораторних досліджень фітомаси озимої пшениці на вміст важких металів, спостерігалось збільшення кількості цинку та міді на варіантах з внесенням сульфату амонію щодо контролю.

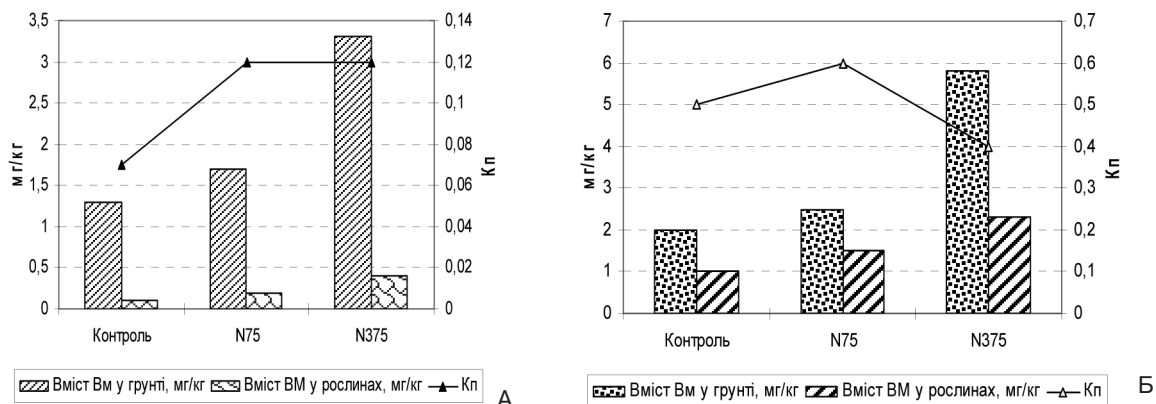
Так, концентрація цинку збільшилася в 2 і 4 рази відповідно до доз, а міді в 1,5 і 2,3 рази. Кількість нікелю, кобальту і свинцю була на рівні чутливості кількісного методу визначення на всіх досліджуваних варіантах

На основі проведених досліджень були розраховані коефіцієнти переходу для цинку та міді в системі "ґрунт-рослина" як відношення кількості металу в рослині до його кількості в ґрунті (рис. 1).

Таблиця 2

**Вміст водорозчинних та кислоторозчинних форм важких металів у складі мінерального добрива сульфату амонію**

Важкі метали, мг/кг добрива						
Форми важких металів	Zn	Ni	Co	Cd	Cu	Pb
Водорозчинні	0,30±0,06	<0,001	0,03±0,006	<0,002	1,7±0,34	<0,060
Кислоторозчинні	0,50±0,10	<0,001	0,07±0,014	<0,002	2,7±0,34	<0,060



**Рис. 1. Коефіцієнти переходу важких металів (А – цинку, Б – міді) у системі "ґрунт-рослина" при застосуванні різних норм сульфату амонію**

Було виявлено підвищення інтенсивності переходу цинку в системі "ґрунт-рослина" при застосуванні сульфату амонію відносно контрольного варіанту. Коефіцієнт переходу на варіантах з внесенням добрива збільшився в 1,7 раза. Необхідно зазначити, що збільшення норми застосування добрива не активує інтенсивність накопичення даного елемента фітомасою озимої пшениці. Активність транслокації міді була на рівні контрольного варіанту. Отримані дані свідчать, що застосування сульфату амонію активізує процеси антагонізму та синергізму між макро- та мікроелементами.

Таким чином, встановлено, що застосування мінерального добрива сульфату амонію в лабораторних умовах сприяє збільшенню кількості Zn і Cu в ґрунті та фітомасі пшениці озимої. Вміст важких металів в об'єктах дослідження не перевищував встановлених нормативів ГДК, за винятком міді в ґрунті при застосуванні п'ятикратної норми внесення добрива. Виявлено, що при застосуванні сульфату амонію зростає інтенсивність міграції цинку в системі "ґрунт-рослина".

**Вплив мінерального добрива сульфату амонію на рухомість важких металів у системі "добриво-ґрунт" та їх міграції за ґрунтовим профілем у лабораторних умовах**

Дослідження проводились на скляних колонках, довжиною 50 см з урахуванням типових умов для ґрунтово-кліматичних зон України (будова ґрунтового профілю та умови зволоження). Фонові кількості важких металів у ґрунті не перевищували гранично допустимі величини для їх рухомих форм. Сульфат амонію вносили в ґрунт в мінімальній рекомендованій дозі 46 кг/га по азоту.

Як зазначалося раніше, застосування сульфату амонію підкислює ґрунтовий розчин і тим самим змінює рухомість важких металів у кореновомісткому горизонті ґрунту, а отже, й їх доступність сільськогосподарським культурам.

У лабораторному досліді з вивчення міграції важ-

ких металів у системі "добриво-ґрунт" було встановлено, що одноразове застосування сульфату амонію в мінімальній рекомендованій дозі не призводить до збільшення кількості рухомих форм досліджуваних важких металів. Їхня кількість коливається на рівні контрольного варіанту та нижча (табл. 3)

Виняток становить свинець. Його кількість зростає стосовно контролю на 15 % в модельованих умовах зони Полісся, на 40 % – Лісостепу, на 45 % – Степу. Проте слід зазначити, що кількість свинцю не перевищувала гранично допустимі концентрації.

Застосування сульфату амонію в зоні Полісся з надмірною вологістю, легкими піщаними ґрунтами та незначним вмістом органічних речовин може стимулювати міграцію важких металів вниз за ґрунтовим профілем та в ґрунтові води. Тому в лабораторних умовах було досліджено вплив сульфату амонію на міграцію важких металів у модельованих умовах зони Полісся (табл. 4).

За даними Пейве Я.В. [8] в процесі нітрифікації, коли в ґрунті накопичуються нітрати (при застосуванні сульфату амонію спостерігалось збільшення нітратів у ґрунті), розчинність і рухомість міді підвищується. Внесення сульфату амонію до ґрунту збільшує в ньому вміст водорозчинної міді за рахунок її обмінних форм [8]. Цинк та мідь виявлялися в ґрунтовій воді (0,07 та 0,06 мг/дм<sup>3</sup>), але їх вміст був значно нижчим ГДК (відповідно 5,0 та 1,0 мг/дм<sup>3</sup>). Свинець та нікель сконцентрувалися у верхніх ґрунтових горизонтах і не мігрували до ґрунтових вод. Іони свинцю дуже швидко втрачають рухомість у результаті хімічних реакцій, які супроводжуються утворенням важкорозчинних сполук. Нікель, на відміну від більшості металів, на кислих ґрунтах малорухомий [9].

Отже, в результаті досліджень міграції важких металів за ґрунтовим профілем встановлено, що сульфат амонію активує міграцію цинку та міді вниз за профілем ґрунту та ґрунтові води в умовах

Таблиця 3

**Вміст важких металів у верхніх горизонтах ґрунтового профілю в модельованих умовах різних ґрунтово-кліматичних зон України при застосуванні мінерального добрива сульфату амонію**

Ґрунтово-кліматичні зони	Кількість важких металів, мг/кг			
	Cu	Ni	Zn	Pb
Контроль	3,0±0,45	2,3±0,34	1,2±0,18	2,0±0,24
Полісся	2,0±0,30	1,6±0,20	0,9±0,10	2,3±0,30
Лісостеп	2,0±0,40	2,0±0,20	1,0±0,10	2,8±0,50
Степ	2,8±0,40	2,2±0,40	1,2±0,20	2,9±0,50
ГДК рухомих форм важких металів у ґрунті	3,0	4,0	23,0	6,0

Таблиця 4

**Міграція важких металів за ґрунтовим профілем в модельованих умовах зони Полісся при застосуванні мінерального добрива сульфату амонію**

Глибина відбору, см	Кількість важких металів, мг/кг					
	Zn	Ni	Co	Cd	Cu	Pb
Pb	3,0±0,60	0,5±0,10	н.в.	н.в.	0,8±0,16	0,4±0,80
10-20	2,2±0,44	0,3±0,9	н.в.	н.в.	2,0±0,40	0,2±0,40
21-50	2,0±0,40	н.в.	н.в.	н.в.	2,0±0,40	0,1±0,02
<50	0,5±0,10	н.в.	н.в.	н.в.	1,5±0,30	н.в.
Вода, мг/дм <sup>3</sup>	0,07±0,014	н.в.	н.в.	н.в.	0,06±0,012	н.в.

Примітка: н.в. — не виявлялися

зони Полісся, що зумовлено зміною рН середовища та фізико-хімічних властивостей металів. Цей фактор треба враховувати при довготривалому застосуванні даного мінерального добрива та застосовувати агротехнічні заходи, направлені на нейтралізацію ґрунтового розчину.

#### **Вплив добрива сульфату амонію на якість ґрунту та безпечність рослинницької продукції для здоров'я людини**

Польовий дослід було проведено у вегетаційному періоді в Інституті ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем середньогумусний важкосуглинистий. Добриво вносили під ячмінь ярий. Відбір ґрунтових проб проводили перед внесенням добрив та одночасно з відбором рослинних проб з гумусового шару ґрунту згідно із загальноприйнятими методиками [10–11].

За результатами досліджень ґрунтові проби на вміст токсикантів на фонових варіантах коливалися

в наступних межах: мідь — 10 мг/кг, нікель — 3–4 мг/кг, цинк — 0,2–0,6 мг/кг, свинець — 1–2 мг/кг, нітрати — 4,56–37,20 мг/кг. рН ґрунту становила 7,28–7,60.

Після внесення сульфату амонію через 30 днів знову був проведений відбір ґрунтових зразків. Слід зазначити, що вміст токсикантів суттєво не змінився. Схема досліду і отримані результати представлені в таблиці 5.

Проаналізувавши результати дослідження, слід звернути увагу, що застосування сульфату амонію в шестикратній нормі внесення призводить до збільшення забруднення ґрунту свинцем у 5 раз та нітратами в кілька десятків разів. При цьому вміст нітратів при використанні сульфату амонію перевищує гігієнічний норматив 130 мг/кг відповідно у 4,7 раза. Однак вміст свинцю у ґрунті становив 10,0±2,0 мг/кг і був значно нижчим від ГДК (32 мг/кг).

Результати досліджень щодо вмісту токсикантів у зерні ячменю та соломі подано у таблиці 6.

Таблиця 5

**Вміст у ґрунті важких металів, сірки та нітратів наприкінці вегетаційного періоду після застосування сульфату амонію**

№ п/п	Норма внесення, кг/га по N	Глибина відбору проби, см	Вміст важких металів у ґрунті, мг/кг					
			Cu	Ni	Zn	Pb	S	NO <sub>3</sub>
1	Контроль	0–30	8,0±1,6	8,0±1,6	4,0±0,8	2,0±0,4	0	16,0±2,5
2	Сульфат амонію, 46 кг/га	0–30	9,0±1,8	8,0±1,6	4,0±0,8	2,5±0,5	0,04±0,016	24,5±4,9
3	Сульфат амонію, 276 кг/га	0–30	10,0±2,0	8,0±1,6	4,0±0,8	10,0±2,0	0,12±0,024	610,0±122,0
ГДК для валових форм важких металів			55,0	85,0	100,0	10,0±2,0	160,0	130,0

Таблиця 6

**Вміст важких металів та нітратів у соломі та зерні ячменю ярого при застосуванні сульфату амонію**

№ п/п	Норма внесення, кг/га по N	Об'єкт	Вміст токсикантів, мг/кг				
			Cu	Ni	Zn	Pb	NO <sub>3</sub>
1	Контроль	зерно	2,0±0,40	0,1±0,02	3,0±0,60	0,01±0,002	7,16±1,4
		солома	0,3±0,06	н.в	0,1±0,02	н.в	—
2	Сульфат амонію, 46 кг/га	зерно	4,0±0,80	0,2±0,04	5,0±1,00	0,05±0,01	10,54±2,0
		солома	0,2±0,04	н.в	н.в	н.в	—
3	Сульфат амонію, 276 кг/га	зерно	10,0±2,0	0,1±0,02	6,0±1,20	0,04±0,008	19,5±4,0
		солома	0,6±0,12	н.в	7,5±1,50	0,2±0,040	—
ГДК			10,0	5,0	50,0	0,5	

— дослідження не проводилися

Аналізуючи результати досліджень, представлених у таблиці 6, слід зазначити, що не розроблені гігієнічні нормативи щодо вмісту токсикантів у соломі. До того ж вони визначаються у мізерній кількості або взагалі відсутні.

У наших дослідженнях не виявлено перевищення гігієнічних нормативів вмісту важких металів у зерні ячменю. Однак при цьому виявлено підвищення транслокації міді з ґрунту до зерна ячменю ярого. Зазначена тенденція спостерігалась при шестикратному перевищенні рекомендованої норми внесення добрива, вміст міді у зерні ячменю сягає 10 мг/кг, тобто гігієнічного нормативу.

#### Висновки

Згідно з ГОСТ 12.1.007-76 добриво мінеральне сульфат амонію за гострою дермальною ток-

сичністю слід віднести до малонебезпечних речовин (4 клас небезпеки), за пероральною та інгаляційною — до помірно небезпечних (3 клас небезпеки). Слабко подразнює слизову оболонку очей та шкіру. Має помірно виражену загальнотоксичну та сенсibiliзуючу дію на організм.

Кількість важких металів у складі сульфату амонію незначна і при застосуванні добрива в науково-обґрунтованих нормах внесення не призведе до суттєвих змін як валових, так і рухомих форм токсиканту в ґрунті.

Застосування добрива сульфату амонію в лабораторних умовах сприяє збільшенню кількості Zn і Cu в ґрунті та в фітомасі пшениці озимої. Вміст важких металів в об'єктах досліджень не перевищував ГДК за винятком міді при використанні добрива з нормою внесення в 5 разів вище рекомендованої — N<sub>375</sub>.

У лабораторному досліді з вивчення міграції важких металів у системі "добриво–ґрунт" було встановлено, що одноразове застосування сульфату амонію в мінімальній дозі ( $N_{46}$ ) не призводить до збільшення кількості рухомих форм міді, нікелю, свинцю та цинку у кореневомісткому горизонті ґрунту.

Сульфат амонію активує міграцію цинку та міді вниз за профілем ґрунту та ґрунтові води в умовах зони Полісся, що зумовлено зміною рН середовища та фізико-хімічних властивостей металів. Тому в зоні Полісся з надмірною вологістю та високим стоянням ґрунтових вод норма внесення добрива не повинна перевищувати 90–100 кг/га по азоту.

В результаті польових досліджень при використанні сульфату амонію не виявлено перевищення гігієнічних нормативів вмісту важких металів (Cu, Zn, Cd, Pb) у зерні ячменю. Однак слід зазначити, що ненормоване застосування добрива призводить до активізації процесу транслокації токсикантів, зокрема міді із ґрунту в рослинницьку про-

дукцію. Виявлено підвищення транслокації міді, цинку та свинцю в системі ґрунт-рослина при використанні сульфату амонію в польовому досліді. Вміст міді в зерні ячменю ярого підвищився в 2 рази при нормі внесення добрива  $N_{46}$  і в 5 раз вище при  $N_{276}$ , цинку відповідно в 1,6 і 2 рази, свинцю — в 5 та 4 рази.

При використанні сульфату амонію в дозі 276 кг/га по азоту вміст міді в зерні ячменю становить 10 мг/кг, тобто досягає величини гігієнічного нормативу.

У результаті гігієнічних досліджень, спрямованих на визначення впливу добрива мінерального сульфату амонію на процеси міграції важких металів у системі "добриво-ґрунт-рослина", було встановлено, що досліджуване добриво може характеризуватися тим, що при внесенні науково-обґрунтованих норм не призводитиме до накопичення важких металів у ґрунті та рослинницькій продукції понад встановлені ГДК і сприятиме одержанню нормативно якісної рослинної продукції, безпечної для здоров'я людини.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах. СанПиН 42-123-4089-86. –М., 1986.
2. Технические условия ТУ РБ 300041455.007-2001.
3. Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей среды. –М.: НИИЭИР, 1991. –370 с.
4. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные допустимые количества (ОДК) химических веществ в почве от 19 ноября 1991 г.
5. Временные гигиенические нормативы содержания некоторых химических элементов в основных пищевых продуктах № 2450-81. –М.: Минздрав СССР, 1982
6. Агроекологія/[Городній М.М., Шикіла М.К., Гудков І.М., та ін.] –К.: Вища школа, 1993. –413 с.
7. Паспорт безпеки Сульфат амонію ПБ У 00190443.24.00053
8. Пейве Я.В. Микроэлементы и ферменты / Я.В. Пейве –Рига: Изд-во Акад.Наук. Латв ССРС, 1960. –136 с.
9. Сидоренко Г.И. Нікель / Г.И. Сидоренко, А.И.Ицкова. –М., 1980. –176 с.
10. Доспехов Б.А. Теория и практика вегетационного метода / Б.А. Доспехов. –М.: "Наука". 1968, 263 с.
11. Методические указания по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. –М.: Гидрометеоздат, 1981. –109с.

Надійшла до редакції 15.02.2010