

## МІГРАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЛАНЦІ «ГРУНТ-РОСЛИНИ» В АГРОЛАНДШАФТАХ СТЕПУ УКРАЇНИ

*Оцінено кількісні характеристики міграції міді, цинку, кадмію та свинцю із ґрунту в рослини для ґрунтового-кліматичних умов Степу України. Було досліджено, що інтенсивність переходу металів-мікроелементів (цинк, мідь) із ґрунту в основну рослинницьку продукцію більша, ніж у побічну. Для металів-токсикантів (свинець та кадмій), навпаки, – спостерігається більш інтенсивний їх перехід у побічну продукцію, порівняно з основною. За біологічною рухливістю важкі метали в умовах Степу України утворюють ряд цинк – мідь – кадмій – свинець.*

**Ключові слова:** важкі метали, степова зона України, перехід із ґрунту в рослини.

*Были исследованы особенности миграции меди, цинка, кадмия и свинца из почвы в растения в почвенно-климатических условиях степной Украины. Установлено, что на том же уровне загрязнения почвы тяжелыми металлами их содержание в растительной биомассе отличается более чем в 2 раза. По биологической подвижности в почвенно-климатических условиях степи Украины металлы образуют такой ряд :цинк> медь> кадмий> свинец.*

**Ключевые слова:** микроэлементы, Степная зона Украины, переход из почвы в растения, биологическая мобильность.

*Features of migration of copper, zinc, cadmium and lead from soil to plants to soil and climatic conditions of the steppe of Ukraine have been investigated. Established that at the same level of contamination of soil heavy metals in plant biomass differs more than 2 times. For biological mobility of heavy metals in a steppe Ukraine form a series of zinc > copper > cadmium > lead.*

**Key words:** trace elements, Steppe zone of Ukraine, the transition from soil to plants, biological mobility.

Дослідження особливостей поведінки важких металів у компонентах природних та штучних екосистем стає актуальною екологічною проблемою [1-5; 9]:

- забруднення токсичними елементами техногенного походження природних середовищ Землі набуло глобального характеру;

- недостатньо вивчені особливості токсичної дії важких металів (кумулятивне накопичення при тривалому надходженні, ефекти синергізму та антагонізму).

- недостатній обсяг даних з регіональних особливостей розподілу та інтенсивності міграції важких металів у компонентах екосистем – ґрунтах, природних водах та біоті.

- Не оцінені наслідки широкомасштабної деградації ґрунтового покриву на порушення природних циклів міграції важких металів, а відтак – на зміни інтенсивності їх надходження

до організму людини із забрудненою сільсько-господарською продукцією.

**Метою досліджень** були розрахунки показників інтенсивності міграції важких металів досліджуваних важких металів у ланці «ґрунт – рослини» та їх екологічна оцінка. Дослідження проводились в мережі стаціонарних спостережних майданчиків (ССМ) протягом 2006-2009 років. Мережа ССМ складається із 50 майданчиків, закладених у різних ґрунтового-кліматичних зонах та ґрунтових округах Миколаївської області.

Об'єктом досліджень були ґрунти та рослинницька продукція (основна та побічна); предмет дослідження – масові концентрації міді, цинку, кадмію та свинцю в ґрунтах та рослинницькій продукції та інтенсивність їх переходу із ґрунту в рослини. Відбір зразків ґрунту та рослин здійснювався у фазі повної стиглості культури методом спряжених (парних) зразків. Вміст важких металів у повітряно-сухих

пробах рослинності проводився методом атомної абсорбції на приладі С-115 М-1 у полум'ї «ацетилен – повітря» [6]. Рухомі форми металів із ґрунту екстрагувались 1 М кислотою. У витяжках визначались концентрації металів атомно абсорбційним методом на приладі С-115 М-1 у полум'ї «ацетилен – повітря» [7].

**Результати досліджень**

Узагальнення результатів екотоксикологічного моніторингу земель сільськогосподарського призначення та випробувань рослинницької продукції за показниками безпеки з метою оцінки рівнів забруднення ґрунтів та рослинності

Миколаївської області важкими металами, проведене нами [8], показало визначальну роль біологічних особливостей сільськогосподарських культур у формуванні рівнів вмісту в них важких металів.

Для оцінки інтенсивності міграції цинку, міді, свинцю та кадмію із ґрунту в основну (зерно, насіння) та побічну (солома, стебла) рослинницьку продукцію нами були розраховані такі кількісні характеристики, як коефіцієнти переходу та коефіцієнти накопичення [2; 3; 9]. Розрахункові формули для цих показників наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

**Розрахункові формули для визначення коефіцієнтів переходу та коефіцієнтів накопичення важких металів із ґрунту в рослини**

<b>КОЕФІЦІЄНТ ПЕРЕХОДУ (TF)</b>	=	Вміст металу в рослинності, мг/кг
		Вміст металу в одиниці площі ґрунту, мг/м <sup>2</sup>
<b>КОЕФІЦІЄНТ НАКОПИЧЕННЯ (КН)</b>	=	Вміст металу в рослинності, мг/кг
		Вміст металу в ґрунті, мг/кг

Таблиця 2

**Показники інтенсивності міграції цинку в ланці «ґрунт-рослини», основна та побічна продукція**

Культура	Частина рослини	Вміст, мг/кг		TF, 1/м <sup>2</sup>		КН	
		середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)	середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)	середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)
соняшник	насіння	35,66	4,05	0,027	0,0036	6,03	0,74
пшениця	зерно	16,41	2,17	0,013	0,0018	2,9	0,35
кукурудза	зерно	12,58	1,54	0,0089	0,0011	2,12	0,31
соняшник	стебла	17	4,43	0,013	0,004	2,93	0,81
пшениця	солома	7,34	2,38	0,0054	0,0019	1,22	0,4
кукурудза	стебла	8,78	2,69	0,0062	0,002	1,48	0,47

Дослідження показали (таблиці 2-5), що інтенсивність переходу металів-мікроелементів (цинк, мідь) із ґрунту в основну рослинницьку продукцію більша, ніж у побічну. Для металів-

токсикантів (свинець та кадмій), навпаки, – спостерігається більш інтенсивний їх перехід у побічну продукцію в порівняно з основною.

Таблиця 3

**Показники інтенсивності міграції міді в ланці «ґрунт – рослини», основна та побічна продукція**

Культура	Частина рослини	Вміст, мг/кг		TF, 1/м <sup>2</sup>		КН	
		середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)	середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)	середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)
соняшник	насіння	10,05	1,52	0,0096	0,0014	2,17	0,33
пшениця	зерно	3,52	0,5	0,0035	0,0005	0,8	0,14
кукурудза	зерно	3,51	0,62	0,0039	0,0009	0,86	0,19
соняшник	стебла	5,99	2,32	0,0056	0,0024	1,22	0,46
пшениця	солома	2,17	0,37	0,0022	0,0004	0,51	0,1
кукурудза	стебла	4,36	1,36	0,004	0,0014	0,94	0,32

Таблиця 4

## Показники інтенсивності міграції свинцю в ланці «грунт – рослина», основна та побічна продукція

Культура	Частина рослини	Вміст, мг/кг		ТФ, 1/м2		КН	
		середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)	середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)	середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)
соняшник	насіння	0,65	0,23	0,0004	0,0002	0,095	0,037
пшениця	зерно	0,48	0,06	0,0003	0,0001	0,068	0,013
кукурудза	зерно	0,44	0,13	0,0002	0,0001	0,05	0,01
соняшник	стебла	2,66	0,79	0,0017	0,0005	0,37	0,1
пшениця	солома	0,58	0,23	0,0004	0,0002	0,08	0,032
кукурудза	стебла	0,98	0,14	0,0005	0,0001	0,12	0,024

Таблиця 5

## Показники інтенсивності міграції кадмію в ланці «грунт – рослина», основна та побічна продукція

Культура	Частина рослини	Вміст, мг/кг		ТФ, 1/м2		КН	
		середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)	середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)	середнє	довірчий інтервал (P = 0,05)
соняшник	насіння	0,17	0,035	0,003	0,0006	0,68	0,15
пшениця	зерно	0,07	0,0084	0,0012	0,0002	0,29	0,051
кукурудза	зерно	0,057	0,019	0,001	0,0004	0,23	0,082
соняшник	стебла	0,33	0,06	0,0061	0,0015	1,36	0,32
пшениця	солома	0,09	0,013	0,0015	0,0002	0,33	0,059
кукурудза	стебла	0,16	0,027	0,0026	0,0007	0,62	0,18

За коефіцієнтом накопичення чітко розділяються метали-мікроелементи від металів-токсикантів: для міді і особливо цинку спостерігається концентрування із ґрунту в рослини, для кадмію та свинцю – розсіювання.

Актуальною проблемою сьогодення є кількісна оцінка незворотного відчуження елементів мінерального живлення, в тому числі і мікроелементів, за межі агроландшафтів з товарною частиною врожаю. Отримані нами значення коефіцієнтів переходу дозволяють зробити такі розрахунки (табл. 6). Розрахунки

показують, що щорічно із урожаєм зернових та соняшнику з 1 га земель виноситься від 99 до 125 г цинку та 21-35 г міді, що є причиною формування дефіциту рухомих форм цих мікроелементів у ґрунтах.

Раніше сільськогосподарське виробництво вирішувало цю проблему за рахунок органічних добрив, відтворюючи, по суті, природний біогеохімічний цикл міграції мікроелементів.

Сьогодні в умовах згорання тваринництва такий шлях є недоступним.

Таблиця 6

## Розрахунки виносу мікроелементів із товарною частиною урожаю

Культура	Урожай, ц/га	Винос із урожаєм з 1 га, г	
		Міді	Цинку
Озима пшениця	60	21,12	98,88
Соняшник	35	35,175	124,81
Кукурудза	80	35,175	100,64

Особливо гострою є проблема відчуження елементів мінерального живлення в контексті зростання обсягів експорту зерна.

*Експортуючи зерно, сьогодні ми практично експортємо гумус наших чорноземів.*

Виявлені співвідношення коефіцієнтів накопичення цинку із ґрунту:

- в зерно (2,96) та соломі (1,22) озимої пшениці;
  - в зерно (2,12) та стебла (1,48) кукурудзи;
  - в насіння (6,03) та стебла (2,93) соняшника
- означають, що в умовах Миколаївської області повернення побічної продукції в ґрунт не забезпечує дефіциту за рахунок відчуження елемента із товарною її частиною. Отже, застосування цинкових мікродобрив є обов'язковим при вирощуванні основних сільськогосподарських культур

#### Висновки.

1. Інтенсивність переходу металів-мікроелементів (цинк, мідь) із ґрунту в основну рослинницьку продукцію більша, ніж у побічну. Для металів-токсикантів (свинець та кадмій), навпаки, – спостерігається більш інтенсивний їх

перехід у побічну продукцію, порівняно з основною.

2. За інтенсивністю біогенної міграції важких металів із ґрунту в основну продукцію досліджені культури утворюють такий ряд: **кукурудза < пшениця < соняшник.**

3. За інтенсивністю біогенної міграції важких металів із ґрунту в побічну продукцію досліджені культури утворюють такий ряд: **пшениця < кукурудза < соняшник**

4. В умовах Степу України біологічна рухомість важких металів утворює такий ряд: **свинець < кадмій < мідь < цинк.**

5. За коефіцієнтом накопичення чітко розділяються метали-мікроелементи від металів-токсикантів: для міді і особливо цинку спостерігається концентрування із ґрунту в рослини, для кадмію та свинцю – розсіювання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Глазовская М. А. Принципы классификации почв по опасности их загрязнения тяжелыми металлами / М. А. Глазовская // Биологические науки, 1989. – № 9. – С. 9–15.
2. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – 115 с.
3. Ильин В. Б. Относительные показатели загрязнения в системе почва-растение / В. Б. Ильин, М. Д. Степанова // Почвоведение. – 1979. № 11. – С. 61–67.
4. До питання оцінки рівнів небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами / А. І. Фатєєв, М. М. Мірошніченко, В. Л. Самохвалова, Т. Ю. Биндич // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 10. – С. 39–62.
5. Балюк С. А. Оцінка забруднення зрошувальної води та ґрунтів важкими металами / С. А. Балюк, В. Я. Ладних, Л. В. Мошник // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 1. – С. 65–68.
6. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. Міждержавний стандарт ГОСТ 30178-96. – [Чинний від 2002.01.01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2001. – 14 с. – (Національні стандарти України).
7. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Изд. 2-е. – М. : ЦИНАО, 1992 – 62 с. – (Методичні вказівки).
8. Макарова Г. А. Вплив біологічних особливостей культур на інтенсивність міграції важких металів в ланці «ґрунт-рослина» / Г. А. Макарова, М. О. Троїцький, Л. А. Дмитрієва / XI Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми сучасної біології та здоров'я людини». Збірник наукових праць. Випуск 11 / [під ред. С. В. Гетманцева]. – Миколаїв : МНУ імені В. О. Сухомлинського, 2011. – С. 175–178.
9. Kabata-Pendias A. Trace elements in soil and plants/ A. Kabata-Pendias, H. Pendias / Roca Raton : CRC Press, 2001. – 432 p.

Рецензенти: *Грабак Н. Х., д.с.-г.н., професор;*  
*Ищенко В. А., к.с.-г.н.*

© Троїцький М. О.,  
Дмитрієва Л. А., 2012

*Дата надходження статті до редколегії 11.04.2012 р.*

ТРОЇЦЬКИЙ М. О. – к.с.-г.н., начальник випробувального центру, Державна установа Миколаївський обласний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції.

ДМИТРИЄВА Л. А. – провідний спеціаліст, Державна установа Миколаївський обласний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції.