

УДК 631.45:631.8:504.05

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНОГО СТАНУ АГРОЕКОТОПІВ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЗАХИСНИХ ФУНКЦІЙ ҐРУНТУ

І.І. Клименко

*ННЦ «Інститут землеробства НААН»*

*Для з'ясування впливу добрив на забруднення ґрунту агроекотопів важкими металами доцільно використовувати показники захисних функцій ґрунту. За результатами розрахунку цих показників виявлено, що у зернопросапній сівозміні на темно-сірому опідзоленому ґрунті за внесення 18,5–316 кг/га мінеральних добрив на фоні приорювання побічної продукції рослинництва поглиблюється дефіцит мікроелементів *Cu* і *Zn* в ґрунтовому середовищі та існує небезпека погіршення екотоксикологічного стану ґрунту внаслідок накопичення валових і рухомих форм *Pb* та *Cd*.*

**Ключові слова:** ґрунт, агроекотоп, важкі метали, забруднення, захисні функції ґрунту, добрива.

---

Визначення концентрації важких металів (ВМ) у ґрунті займає важливе місце у системі агроекологічного моніторингу [1, 2]. Особливої уваги заслуговують результати, одержані у тривалих дослідях, оскільки у цьому разі враховується інтегрований вплив чинників, передбачених варіантами сільськогосподарського використання екотопів, на екотоксикологічний стан ґрунту [2].

Для детальної характеристики можливостей реалізації властивостей ВМ у ґрунті важливо знати не лише кількість їх валових, фіксованих і рухомих форм, а й визначити ємність захисних функцій ґрунту [3]. В наукових публікаціях наведено показники, які дають змогу оцінити захисні можливості ґрунту щодо ВМ, а також ступінь його забруднення цими елементами [4–7]. Серед таких — коефіцієнт захисних властивостей ґрунту, коефіцієнт валового забруднення та коефіцієнти забруднення кислоторозчинною і рухомою формами ВМ. Встановлення цих характеристик для різних типів ґрунту в умовах нинішнього

техногенного навантаження в агроландшафтах є актуальним.

Метою наших досліджень було виявити різний за інтенсивністю вплив агрохімічного навантаження на показники, які характеризують ємність захисних функцій темно-сірого опідзоленого ґрунту щодо ВМ.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Науково-дослідні роботи проводили на базі стаціонарного багатофакторного досліді, закладеного 1987 р. у восьмипільній зернопросапній сівозміні (ДП ДГ «Чабани» ННЦ «Інститут землеробства НААН», Київська обл.). Ґрунт дослідної ділянки — темно-сірий опідзолений крупнопилуватий легкосуглинковий на лесовидному суглинку. Схема досліді налічує 12 варіантів органо-мінерального удобрення. Максимальна насиченість сівозміни добривами — 316 кг/га NPK на фоні приорювання побічної продукції рослинництва (солома зернових і бобових культур, стебла кукурудзи). Дослідження проводили за сівозміни: соя — овес — кукурудза на зерно.

Ґрунт характеризувався низьким рівнем забезпеченості гідролізованими формами

азоту, високим рівнем рухомого фосфору та підвищеним — обмінного калію. Згідно з нормативними документами, кількість Cu, Zn, Ni була у межах фону для ґрунтів України, але зафіксовано слабкий рівень забруднення Cd і Pb [8].

Для розрахунку показників захисних функцій ґрунту використовували середні величини результатів аналізів щодо вмісту валових, кислоторозчинних, рухомих форм Cu, Zn, Pb, Cd та Ni [9]. Уміст важких металів із 0–20 см шару ґрунту визначали методом атомної абсорбції згідно з атестованими в Україні методиками [10, 11].

Оцінювання результатів і встановлення фону ВМ проводили відповідно до нормативного документа «Методика суцільного ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України» [8].

За результатами аналізів для темно-сірого опідзоленого ґрунту в шарі 0–20 см були розраховані такі показники захисних функцій щодо ВМ:

а) *коефіцієнт захисних властивостей ґрунту ( $K_3$ )*, що показує, яка частина хімічного елемента, від загального його вмісту, перебуває у міцно зв'язаній і не доступній для рослин формі, та розраховується за формулою:

$$K_3 = 100 - C_{\text{кисл.}}/C_{\text{вал.}} \times 100\%;$$

б) *коефіцієнт валового забруднення ( $K_{\text{в.з.}}$ )*, що показує, наскільки валовий вміст хімічного елемента перевищує його фоновий рівень у ґрунті, і розраховується як:

$$K_{\text{в.з.}} = C_{\text{вал.}}/C_{\text{фон.}} \times 100\%;$$

в) *коефіцієнти забруднення рухомою ( $K_{\text{з.р.}}$ ) та кислоторозчинною формами ( $K_{\text{з.к.}}$ )* показують, наскільки кількість рухомої та кислоторозчинної форми перевищує фоновий рівень певного хімічного елемента в ґрунті. Ці коефіцієнти розраховують за формулами:

$$K_{\text{з.р.}} = C_{\text{рух.}}/C_{\text{фон.}} \times 100\%,$$

$$K_{\text{з.к.}} = C_{\text{кисл.}}/C_{\text{фон.}} \times 100\%,$$

де  $C_{\text{кисл.}}$  — уміст кислоторозчинної форми елемента, мг/кг ґрунту;  $C_{\text{вал.}}$  — валовий

уміст ВМ, мг/кг ґрунту;  $C_{\text{фон.}}$  — фоновий уміст елемента, мг/кг ґрунту;  $C_{\text{рух.}}$  — уміст рухомої форми елемента, мг/кг ґрунту.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Розрахунок  $K_{\text{в.з.}}$  ВМ засвідчив, що його максимальні величини зафіксовано для Cd (близько 440%) та Pb (близько 190%), натомість, для Cu, Zn, Ni цей показник був нижчим ніж 100% (таблиця). Отже, в орному шарі ґрунту відбувається накопичення лише Pb і Cd. До того ж застосування органічних і мінеральних добрив підвищувало  $K_{\text{в.з.}}$  Pb, а органічних —  $K_{\text{в.з.}}$  Cd, що свідчить про вклад агротехногенної складової у загальне техногенне забруднення.

Висвітлені в нашій публікації результати підтверджуються матеріалами попередніх досліджень [9, 12], де на основі балансового методу було встановлено, що використання добрив у сівозміні спричиняло накопичення Pb і Cd у ґрунті агроекотопів.

За результатами розрахунку  $K_{\text{в.з.}}$  ВМ виявлено, що на темно-сірому опідзоленому ґрунті його найбільша величина була для Pb (близько 49%) і Cd (близько 40%), а для Cu, Zn, Ni цей показник вимірювався у межах 8–21%. Оскільки  $K_{\text{в.з.}}$  у жодному з варіантів досліді не перевищував 100%, то накопичення у ґрунті кислоторозчинних сполук ВМ вважається незначним. Явний вплив добрив на зміну показника спостерігався лише для Zn і Cu — органо-мінеральне удобрення збільшувало  $K_{\text{в.з.}}$  ВМ. За використання побічної продукції рослинництва відбувалось зниження  $K_{\text{з.к.}}$  порівняно з контролем для Pb у 1,1 раза та для Cd у 2 рази. Тривале використання норми добрив 316 кг/га НРК на фоні приорювання побічної продукції зумовило підвищення  $K_{\text{в.з.}}$  для Zn у 2 рази та Pb — 1,2 раза.

Найвищий  $K_{\text{з.р.}}$  зафіксовано для Pb (260%) та Cd (100%), до того ж забруднення цими елементами спостерігалось в усіх варіантах стаціонарного досліді, навіть на контролі. Внесення добрив не вплинуло на  $K_{\text{з.р.}}$  Cu порівняно з ділянкою без внесення добрив. Їх величини в удобрюваних варіантах не змінювались. За максимального насичення сівозміни добривами (316 кг/га

**Показники захисних функцій темно-сірого опідзоленого ґрунту щодо важких металів за тривалого агрохімічного навантаження в сівозміні, шар 0–20 см, %**

Насиченість сівозміни добривами, НРК кг/га	Коефіцієнт валового забруднення (K <sub>в.з.</sub> )						Коефіцієнт забруднення кислоторозчинною формою (K <sub>з.р.</sub> )						Коефіцієнт забруднення рухомою формою (K <sub>з.р.</sub> )						Коефіцієнт захисних властивостей ґрунту (K <sub>з.</sub> )											
	Cu		Zn		Pb		Cd		Ni		Cu		Zn		Pb		Cd		Ni		Cu		Zn		Pb		Cd		Ni	
	43	60	180	400	45	19	8	44	40	9	20	16	220	100	70	44	13	24	10	19										
Контроль (без добрив)	43	60	180	400	45	19	8	44	40	9	20	16	220	100	70	44	13	24	10	19										
Без добрив	43	59	185	440	49	20	11	40	20	9	20	20	260	100	70	46	18	22	5	18										
N 18,5	43	62	190	440	49	21	13	48	40	9	20	26	240	100	60	48	21	25	9	18										
НРК 211	43	52	188	440	46	20	11	37	40	10	20	20	220	100	70	46	22	23	10	21										
НРК 316	43	60	190	440	49	21	16	49	40	9	20	28	200	100	80	49	26	26	10	19										

*Мінеральні добрива внесено на фоні приоровання побічної продукції рослинництва*

НРК) спостерігалось підвищення K<sub>з.р.</sub> для Zn – з 16 до 28% і Ni – з 70 до 80%.

Результати досліджень свідчать, що K<sub>з.</sub> ґрунту щодо ВМ зростав у ряду: Cd > Ni > Zn > Pb > Cu. Отже, найбільший відсоток малодоступних рослинам форм металу у загальному його запасі був характерним для Cu. Застосування органічних і мінеральних добрив також підвищувало величину коефіцієнта щодо Cu, Zn, менш чітким був вплив добрив щодо Pb і Ni. Це є застереженням стосовно поглиблення дефіциту доступних рослинам форм Cu і Zn у живильному середовищі за використання добрив, передбачених варіантами досліді. Відсутність впливу добрив на K<sub>з.</sub> встановлено для Cd.

**ВИСНОВКИ**

У зернопрорасній сівозміні на темно-сірому опідзоленому ґрунті за внесення 18,5–316 кг/га мінеральних добрив на фоні пріорювання побічної продукції рослинництва існує небезпека погіршення еко-токсикологічного стану ґрунту внаслідок накопичення валових і рухомих форм Pb та Cd: K<sub>в.з.</sub> і K<sub>з.р.</sub> для Pb становили відповідно 185–190 і 200–260%, для Cd – 440 і 100%.

За тривалого вирощування культур зернопрорасної сівозміни з насиченістю мінеральними добривами 18,5–316 кг/га на фоні пріорювання побічної продукції рослинництва поглиблюється дефіцит мікроелементів Cu та Zn у ґрунтовому середовищі: K<sub>в.з.</sub> і K<sub>з.р.</sub> цих елементів не перевищують 100%, а K<sub>з.</sub> за внесення добрив зростає.

Для визначення впливу добрив на забруднення ґрунту агроекотопів ВМ доцільно використовувати показники захисних функцій ґрунту, а саме: K<sub>в.з.</sub>, K<sub>з.р.</sub> і K<sub>з.к.</sub> та K<sub>з.</sub>, оскільки це дає змогу виявити агротехногенну складову в загальному техногенному забрудненні довкілля і з'ясувати особливості структури забруднення.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Burden Franck R. Environmental Monitoring Handbook / Franck R. Burden, Ian Mckelvie, Ulrich Forstner. – 2007. – 1100 p.

2. *Busch David E.* Monitoring Ecosystems. Interdisciplinary Approaches for Evaluating Ecoregional Initiatives / David E. Busch, Joed C. Trexler. — Island Pr, 2002. — 447 p.
3. *Ernst W.H.O.* Decontamination or consolidation of metal-contaminated soils by biological means / W.H.O. Ernst // Heavy metals. Problems and solutions. — Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag, 1995. — P. 141–149.
4. *Ильин В.Б.* Система показателей для оценки загрязненности почв тяжелыми металлами / В.Б. Ильин // Агрехимия. — 1995. — № 1. — С. 94–99.
5. *Ильин В.Б.* Оценка защитных возможностей системы почва-растение при модельном загрязнении почвы свинцом (по результатам вегетационных опытов / В.Б. Ильин // Агрехимия. — 2004. — № 4. — С. 52–57.
6. *Карпухин А.И.* Влияние применения удобрений на содержание тяжелых металлов в почвах длительных полевых опытов / А.И. Карпухин, Н.Н. Бушуев // Агрехимия. — 2007. — № 5. — С. 76–84.
7. *Мотузова Г.В.* Соединение микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг / Г.В. Мотузова. — М.: Эдиториал УРСС, 1999. — 168 с.
8. Методика суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України / За ред. О.О. Созінова, Б.С. Прістера. — К., 1994. — 162 с.
9. *Клименко І.І.* Вплив добрив на накопичення важких металів у темно-сірому опідзоленому ґрунті / І.І. Клименко // Вісник аграрної науки. — 2009. — № 6. — С. 67–69.
10. Методи аналізів ґрунтів і рослин: Методичний посібник. Кн.1. / Під ред. С.Ю. Булігіна, С.А. Балюка, А.Д. Махновської, Р.А. Розумної. — Х.: ННЦ ІГА, 1999. — 99 с.
11. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. — 2-е изд. — М.: ЦИНАО, 1991. — 61 с.
12. *Корсун С.Г.* Баланс мікроелементів та важких металів у ґрунті залежно від системи удобрення / С.Г. Корсун, І.М. Свидинюк, І.І. Клименко // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН». — 2009. — Вип. 4. — С. 30–35.

УДК 6363:637:636.087.6

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА\*

Н.П. Болтик

*Тернопільська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів сільського господарства Поділля НААН*

*Розроблено математичні моделі вмісту важких металів у трофічному ланцюзі «ґрунт — корми — тварина — продукція тваринництва (молоко)», які дають змогу на основі показників вмісту важких металів у ґрунті достовірно прогнозувати їхню кількість в кормах та продукції тваринництва (молоці). Проведені дослідження показали, що концентрація важких металів (Cu, Zn, Pb, Cd) у досліджуваних об'єктах, відібраних у шести господарствах різних агроєкологічних зон Тернопільської області, не перевищувала гранично допустимих концентрацій (ГДК), що своєю чергою сприятиме отриманню екологічно безпечної продукції тваринництва.*

**Ключові слова:** важкі метали, екологічно чиста продукція, токсичність, корми, ґрунт, молоко.

Для формування бази виробництва екологічно безпечної продукції тваринництва та за переходу на її органічне виробництво

необхідно знати про достовірні екологічні умови її формування. Така база повинна складатися із мережі господарств у межах одного регіону, оцінених за низкою показників екологічного стану ґрунтів, кормових, водних ресурсів та показниками якості і безпечності отриманої продукції [1].

\* Науковий керівник — д-р с.-г. наук О.М. Жукорський.

© Н.П. Болтик, 2014