

УДК : 631.4: 574.4: 631.8

## ВПЛИВ АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ АГРОЦЕНОЗУ

**Н.Г. БУСЛАЄВА, С.Г. КОРСУН**, кандидати сільськогосподарських наук

**І.І. КЛИМЕНКО**, науковий співробітник

ННЦ „Інститут землеробства НААН”

*Наведено результати математичного аналізу досліджень з вивчення впливу абіотичних чинників на вміст важких металів у ґрунті за різного агрохімічного навантаження у сівозміні. Встановлено кореляційний зв'язок між кількістю ВМ у ґрунті та погодними умовами і дозами добрив*

**Ключові слова:** *абіотичні фактори, математичний аналіз, важкі метали, добрива, погодні умови, агроценоз, ґрунт*

Однією з важливих агроекологічних проблем культурних біогеоценозів є вивчення закономірностей перерозподілу біофільних елементів та екотоксикантів у ґрунтовому середовищі [2, 5].

Серед забруднювачів агроекотопів особливе місце займають важкі метали (ВМ), до яких умовно належать хімічні елементи з атомною масою понад 50 та властивістю металів і металоїдів. Деякі з них є біофільними мікроелементами (МЕ), їхня значимість у процесі метаболізму науково доведена, а використання в інтенсивному сільськогосподарському виробництві є економічно виправданим. За перевищення гігієнічних меж техногенного пресингу ВМ та МЕ можуть нагромаджуватись компонентами агроландшафтів у значних кількостях, спричиняючи погіршення агрономічних та екотоксикологічних властивостей ґрунтів, загалом впливаючи на автотрофний блок агроекосистеми. Перерозподіл між фракціями загального фонду цих

елементів у ґрунті може змінюватись під впливом біотичної та абіотичної складових екосистеми [1, 5, 6, 7]. Проте в науковій літературі питання залежності кількісних змін певних фракцій ВМ у ґрунті від окремих абіотичних факторів та їхньої взаємодії висвітлено недостатньо.

Мета дослідження. За допомогою математичного аналізу встановити частку впливу головних абіотичних та сторонніх факторів на вміст кислоторозчинних фракцій ВМ у темно-сірому опідзоленому ґрунті за різного агрохімічного навантаження в зернопросапній сівозміні Правобережного Лісостепу.

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження проводили впродовж 2005-2007 рр. на базі стаціонарного багатофакторного дослідження закладеного в 1987 р. на темно-сірому опідзоленому ґрунті у восьмипільній зернопросапній сівозміні (дослідне господарство «Чабани» Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН», Київська область). Спостереження вели в ланці сівозміни: соя – овес – кукурудза на зерно. Залежно від варіанта насиченість сівозміни мінеральними добривами змінювалась від 18,5 до 316,5 кг/га NPK (табл. 1). У варіантах 1, 2, 5, 6, 9 мінеральні добрива застосовували на фоні заорювання побічної продукції рослинництва. На ділянках шостого варіанта при закладанні дослідження було внесено фосфорно-калійні добрива в запас: 4,7 т  $P_2O_5$  і 2,1 т  $K_2O$  на 1 га. Повторність дослідження 4- разова.

Ґрунт характеризувався низьким умістом гідролізованих форм азоту, високим - рухомого фосфору та підвищеним - обмінного калію. Згідно з нормативними документами [8] кількість кислоторозчинних форм міді (Cu), цинку (Zn), нікелю (Ni), марганцю (Mn) була в межах фону для ґрунтів України, але відмічено слабкий рівень забруднення кадмієм (Cd) і свинцем (Pb) (табл.1).

Відбір ґрунтових зразків, підготовку до аналізу та визначення кислоторозчинних форм ВМ проводили згідно із загальноприйнятими в Україні методами [3].

Математичний аналіз результатів досліджень, проводили методом дисперсійного, кореляційного та статистичного аналізу за Б.О. Доспеховим [4] з використанням пакета прикладних програм MS Excel for Windows.

**1. Вміст важких металів у 0-20 см шарі темно-сірого опідзоленого ґрунту (середнє за 2005-2007 рр.)**

Номер варіанта, удобрення, кг/га	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn
12- без добрив, контроль	3,80	3,83	3,95	0,10	3,47	37,35	10,17
11- N <sub>64</sub> P <sub>72</sub> K <sub>75</sub>	3,72	4,08	3,85	0,13	3,55	35,48	10,43
На фоні заорювання побічної продукції рослинництва							
1- N <sub>32</sub> P <sub>36</sub> K <sub>37,5</sub>	4,08	5,17	4,20	0,12	3,50	37,92	11,22
2- N <sub>64</sub> P <sub>72</sub> K <sub>75</sub>	3,82	4,32	4,13	0,13	3,60	38,28	11,08
5- N <sub>96</sub> P <sub>108</sub> K <sub>112,5</sub>	3,95	8,08	3,72	0,18	3,75	39,32	12,70
6*- N <sub>64</sub> P <sub>72</sub> K <sub>75</sub>	4,15	7,25	4,25	0,13	3,65	41,67	14,18
9- N <sub>18,5</sub>	4,05	5,92	4,05	0,10	3,57	37,80	9,57
10 – фон	3,93	4,98	3,98	0,08	3,52	35,17	9,80
<i>НІР<sub>05</sub> загальна</i>	<i>0,18</i>	<i>1,82</i>	<i>0,21</i>	<i>0,04</i>	<i>0,11</i>	<i>1,87</i>	<i>2,45</i>

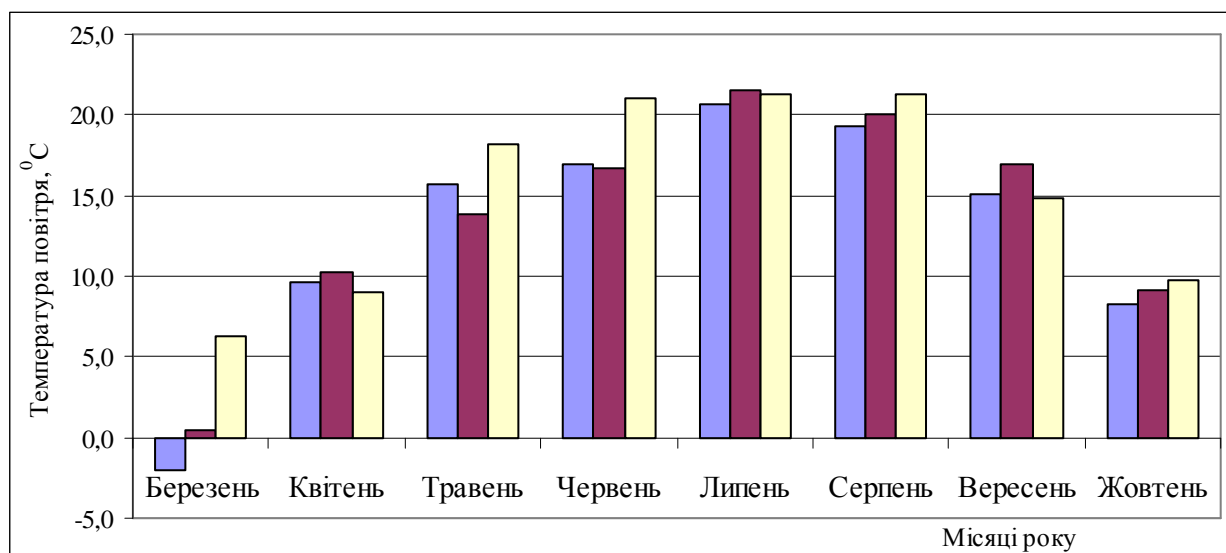
\*Застосування добрив на фоні внесення РК в запас

**Результати досліджень та їх обговорення.** В роботі визначали вплив метеорологічних умов та агрохімічного навантаження на вміст кислоторозчинної форми ВМ в орному шарі ґрунту.

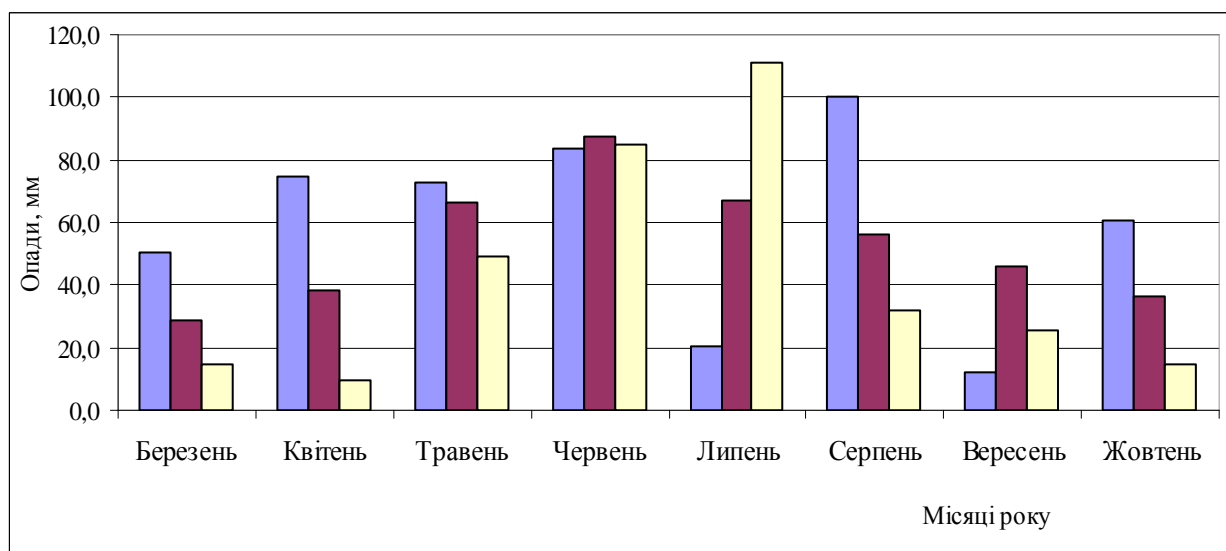
Встановлено, що в період вегетації культур впродовж 2005 та 2006 років температурний режим наближався до середньо-багаторічних даних, перевищуючи їх лише в окремі місяці, тоді як 2007 рік відзначався вищими показниками практично весь період досліджень (рис. 1). Загалом, середня температура у березні-жовтні змінювалась так: 2005 р. – 12,9<sup>0</sup>С, 2006 р. – 13,6, 2007 р. – 15,2 за середньої багаторічної – 12,8<sup>0</sup>С і незначної варіабельності (V = 1,8-11,3%) показників у відповідні місяці років досліджень, окрім березня, де V>100 %.

Кількість опадів навпаки дуже варіювала. Найвищі коливання були у квітні і липні, де коефіцієнти варіації становили відповідно 65,4 і 55,8%, тоді як червень вирізнявся стабільністю – V = 2,1%.

Наближеним до середньо-багаторічних значень був 2006 рік, в якому середня кількість опадів становила 53,3 за багаторічної величини – 51,2 мм, 2005 рік – перезволоженим, весняні опади за кількістю у 1,2-1,8 раза перевищували багаторічні показники, а 2007 рік характеризувався значним дефіцитом вологи у досліджуваних агроекотопах впродовж усього вегетаційного періоду.



*a*



*б*

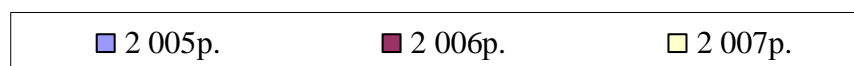


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря (*a*) та кількість опадів (*б*) у період досліджень

Відомо, що під впливом сезонних флуктацій температурного режиму та кількості атмосферних опадів відбувається зміна концентрацій ґрунтового розчину, зумовлена перерозподілом запасу хімічних елементів між фракціями, що відрізняються за ступенем розчинності.

В результаті проведеного кореляційного аналізу встановлено тісний зв'язок погодних умов 2005-2007 рр. з кількістю кислоторозчинної фракції ВМ у ґрунті (табл. 2,3). Слід відмітити що, за визначення зв'язку між вмістом ВМ із температурою повітря в середньому за вегетацію отримано додатні коефіцієнти кореляції ( $r = 0,994 \div 0,999$ ), а із кількістю опадів від'ємні ( $r = -0,972 \div -0,993$ ).

## 2. Коефіцієнти кореляційного зв'язку між вмістом ВМ у ґрунті та температурою повітря (середнє за 2005-2007 рр.)

Місяць року	Cu	Zn	Pb	Cd	Fe	Mn
Березень	0,990	0,996	0,992	0,996	0,956	0,999
Квітень	-0,749	-0,710	-0,737	-0,716	-0,394	-0,687
Травень	0,825	0,791	0,814	0,796	0,504	0,771
Червень	0,981	0,968	0,977	0,970	0,803	0,959
Липень	0,450	0,500	0,466	0,493	0,788	0,528
Серпень	0,981	0,990	0,984	0,989	0,970	0,994
Вересень	-0,479	-0,428	-0,463	-0,436	-0,059	-0,399
Жовтень	0,919	0,940	0,926	0,937	0,999	0,950
Середнє за вегетацію	0,991	0,997	0,994	0,997	0,952	0,999

Із збільшенням кількості опадів у червні, липні та вересні вміст ВМ також зростав, а у решту місяців спостерігали обернену залежність між показниками. За весь період вегетації найслабшим був зв'язок у червні та вересні ( $r = 0,010 \div 0,453$ ).

Разом з цим, визначено від'ємний кореляційний зв'язок ВМ з температурою повітря у квітні ( $r = -0,394 \div -0,749$ ), та вересні ( $r = -0,059 \div -0,479$ ).

### 3. Коефіцієнти кореляційного зв'язку між вмістом ВМ та кількістю опадів (середнє за 2005-2007 рр.)

Місяць року	Cu	Zn	Pb	Cd	Fe	Mn
Березень	-0,885	-0,910	-0,893	-0,906	-0,999	-0,923
Квітень	-0,905	-0,928	-0,913	-0,925	-1,000	-0,940
Травень	-0,995	-0,999	-0,997	-0,999	-0,941	-1,000
Червень	0,010	0,067	0,028	0,058	0,436	0,099
Липень	0,927	0,947	0,934	0,945	0,998	0,957
Серпень	-0,860	-0,888	-0,869	-0,884	-0,996	-0,902
Вересень	0,029	0,086	0,047	0,078	0,453	0,118
Жовтень	-0,920	-0,941	-0,927	-0,938	-0,999	-0,951
Середнє за вегетацію	-0,979	-0,989	-0,983	-0,988	-0,972	-0,993

Аналізуючи взаємозв'язок ВМ з погодними умовами за різного агрохімічного навантаження в сівозміні, встановлено тісну ( $-0,999 \leq r \leq 0,999$ ) кореляційну залежність у цинку, свинцю, кадмію і марганцю за будь-якого удобрення. У міді, нікелю та заліза кореляція відповідала різним рівням градації, залежно від кількості використаних добрив (табл. 4, 5).

### 4. Коефіцієнти кореляційного зв'язку між вмістом ВМ та температурою повітря у середньому за вегетаційний період за різного агрохімічного навантаження

Номер варіанта, удобрення, кг/га	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn
12- без добрив, контроль	0,959	0,989	0,992	0,959	-0,972	0,674	0,901
11- N <sub>64</sub> P <sub>72</sub> K <sub>75</sub>	0,538	1,000	0,998	0,959	-0,972	0,888	0,999
На фоні заорювання побічної продукції рослинництва							
1- N <sub>32</sub> P <sub>36</sub> K <sub>37,5</sub>	-0,203	0,934	0,898	0,959	-0,581	0,996	0,993
2- N <sub>64</sub> P <sub>72</sub> K <sub>75</sub>	—	0,963	-0,910	0,724	0,972	0,975	0,952
5- N <sub>96</sub> P <sub>108</sub> K <sub>112,5</sub>	0,005	0,969	0,889	0,995	-0,459	0,871	0,964
6*- N <sub>64</sub> P <sub>72</sub> K <sub>75</sub>	0,747	0,907	0,823	0,959	-0,724	0,959	0,796
9- N <sub>18,5</sub>	0,999	0,991	0,995	0,724	-0,972	0,755	1,000
10 – фон	0,949	0,986	0,972	0,959	-0,283	0,427	0,975

\*Застосування добрив на фоні внесення РК в запас.

Тісна кореляційна залежність за вмістом міді відзначена у варіантах без мінеральних добрив, або при найменшій їх кількості. Тоді як на ділянках з систематичним внесенням мінеральних добрив спостерігали середній та низький рівень кореляційної залежності.

### 5. Коефіцієнти кореляційного зв'язку між вмістом ВМ та сумою опадів за вегетаційний період за різного агрохімічного навантаження

Номер варіанта, удобрення, кг/га	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn
12- без добрив, контроль	-0,936	-0,976	-0,979	-0,936	0,987	-0,727	-0,866
11- N <sub>64</sub> P <sub>72</sub> K <sub>75</sub>	211	-0,599	-0,998	-0,991	-0,936	0,987	-0,919
На фоні заорювання побічної продукції рослинництва							
1- N <sub>32</sub> P <sub>36</sub> K <sub>37,5</sub>	0,275	-0,905	-0,863	-0,936	0,640	-1,000	-0,999
2- N <sub>64</sub> P <sub>72</sub> K <sub>75</sub>	–	-0,981	0,938	-0,773	-0,987	-0,989	-0,972
5- N <sub>96</sub> P <sub>108</sub> K <sub>112,5</sub>	-0,079	-0,949	-0,852	-0,986	0,523	-0,832	-0,981
6*- N <sub>64</sub> P <sub>72</sub> K <sub>75</sub>	-0,695	-0,935	-0,863	-0,936	0,773	-0,936	-0,749
9- N <sub>18,5</sub>	-1,000	-0,998	-0,986	-0,773	0,987	-0,802	-0,997
10 – фон	-0,970	-0,972	-0,952	-0,936	0,353	-0,492	-0,956

\*Застосування добрив на фоні внесення РК в запас.

У нікелю та заліза лише за заорювання побічної продукції рослинництва спостерігали найслабший кореляційний зв'язок з погодними умовами, який відповідав середньому рівню ( $-0,492 \leq r \leq 0,427$ ), за іншого удобрення вміст металів тісно корелював як з температурою, так і з кількістю опадів.

Наведені коефіцієнти кореляції свідчать про значний вплив абіотичних факторів на перерозподіл ВМ у ґрунті. Результати дисперсійного аналізу підтверджують, що обидва досліджувані чинники як погодні умови, так і удобрення, із врахуванням оцінки значущості (Р – значення при  $\alpha = 0,05$ , а також відношення  $F_{\text{фактичний}}$  і  $F_{\text{критичний}}$ ), мали істотний вплив на перерозподіл в орному шарі ґрунту цинку, свинцю, кадмію, марганцю та заліза. При цьому помітного впливу погодних умов на нагромадження кислоторозчинної фракції міді ( $F_{\text{фактичний}} < F_{\text{критичний}}$ ) не встановлено (табл. 6), що пояснюється низькими запасами елемента в орному шарі досліджуваного ґрунту.

**6. Результати дисперсійного аналізу двохфакторного польового дослідження з вивчення динаміки вмісту важких металів залежно від погодних умов та удобрення**

Джерело варіації (фактор)	Сума квадратів	Число степенів вільності	Середній квадрат	Критерій Фішера		Значимість $\alpha = 0,05$ (Р-значення)
				F <sub>фактичний</sub>	F <sub>критичний</sub>	
<b>Cu</b>						
Погодні умови (А)	0,1162	2	0,0581	2,5688	3,4200	0,0090
Удобрення (В)	1,3199	7	0,1886	8,3390	2,4500	0,0155
Взаємодія А+В	0,3938	14	0,0281	1,2439	2,1400	0,0077
Похибка	0,5201	23	0,0226	-	-	-
Повторення	0,0300	1	-	-	-	-
Загальне	2,3799	47	-	-	-	-
<b>Zn</b>						
Погодні умови (А)	65,5052	2	32,7526	764,7984	3,4200	0,0091
Удобрення (В)	87,7482	7	12,5355	282,7126	2,4500	0,0148
Взаємодія А+В	50,5614	14	3,6115	84,3320	2,1400	0,0074
Похибка	0,9850	23	0,0428	-	-	-
Повторення	0,0101	1	-	-	-	-
Загальне	204,8098	47	-	-	-	-
<b>Pb</b>						
Погодні умови (А)	5,9814	2	2,9907	286,9119	3,4200	0,0060
Удобрення (В)	6,5245	7	0,9321	89,4184	2,4500	0,0099
Взаємодія А+В	2,6967	14	0,1928	18,4928	2,1400	0,0049
Похибка	0,2397	23	0,0104	-	-	-
Повторення	0,0350	1	-	-	-	-
Загальне	15,4794	47	-	-	-	-
<b>Cd</b>						
Погодні умови (А)	0,0679	2	0,0340	31,5061	3,4200	0,0547
Удобрення (В)	0,0515	7	0,0074	6,8203	2,4500	0,0893
Взаємодія А+В	0,0454	14	0,0032	3,0097	2,1400	0,0447
Похибка	0,0248	23	0,0011	-	-	-
Повторення	0,0102	1	-	-	-	-
Загальне	0,1998	47	-	-	-	-



Ni						
Погодні умови (А)	0,2029	2	0,1015	5,4286	3,4200	0,0095
Удобрення (В)	0,5315	7	0,0759	4,0625	2,4500	0,0155
Взаємодія А+В	0,2504	14	0,0179	0,9569	2,1400	0,0078
Похибка	0,4299	23	0,0187	-	-	-
Повторення	0,0752	1	-	-	-	-
Fe						
Погодні умови (А)	203,6123	2	101,8062	90,2712	3,4200	0,0247
Удобрення (В)	159,7744	7	22,8249	20,2388	2,4500	0,0403
Взаємодія А+В	70,7979	14	5,0570	4,4840	2,1400	0,0202
Похибка	25,9390	23	1,1278	-	-	-
Повторення	0,9355	1	-	-	-	-
Загальне	461,0591	47	-	-	-	-
Mn						
Погодні умови (А)	1285,0521	2	642,5261	272,1332	3,4200	0,0102
Удобрення (В)	116,1823	7	16,5975	7,0296	2,4500	0,0167
Взаємодія А+В	237,5547	14	16,9682	7,1866	2,1400	0,0084
Похибка	54,3046	23	2,3611	-	-	-
Повторення	0,3438	1	-	-	-	-
Загальне	1693,4375	47	-	-	-	-

При порівняльному аналізі впливу досліджуваних факторів на закономірності перерозподілу важких металів у ґрунті встановлено, що в нагромадженні міді, цинку, свинцю та нікелю вагоміша частка належала удобренню, де вона становила відповідно 63,7, 55,3, 51,2, 44,1% (рис.2).

Для решти металів визначальною була частка погодних умов, особливо для марганцю, де вона сягала 82,9%.

Частка участі інших неврахованих факторів, до яких належить повторення і похибка (інші), у формуванні вмісту кислоторозчинної фракції більшості ВМ знаходилась у межах 0,5-17,4%. Слід відмітити, досить високу частку впливу сторонніх факторів на перерозподіл у ґрунті вмісту міді та нікелю, де вона відповідно становила 23,1 і 33,9%.

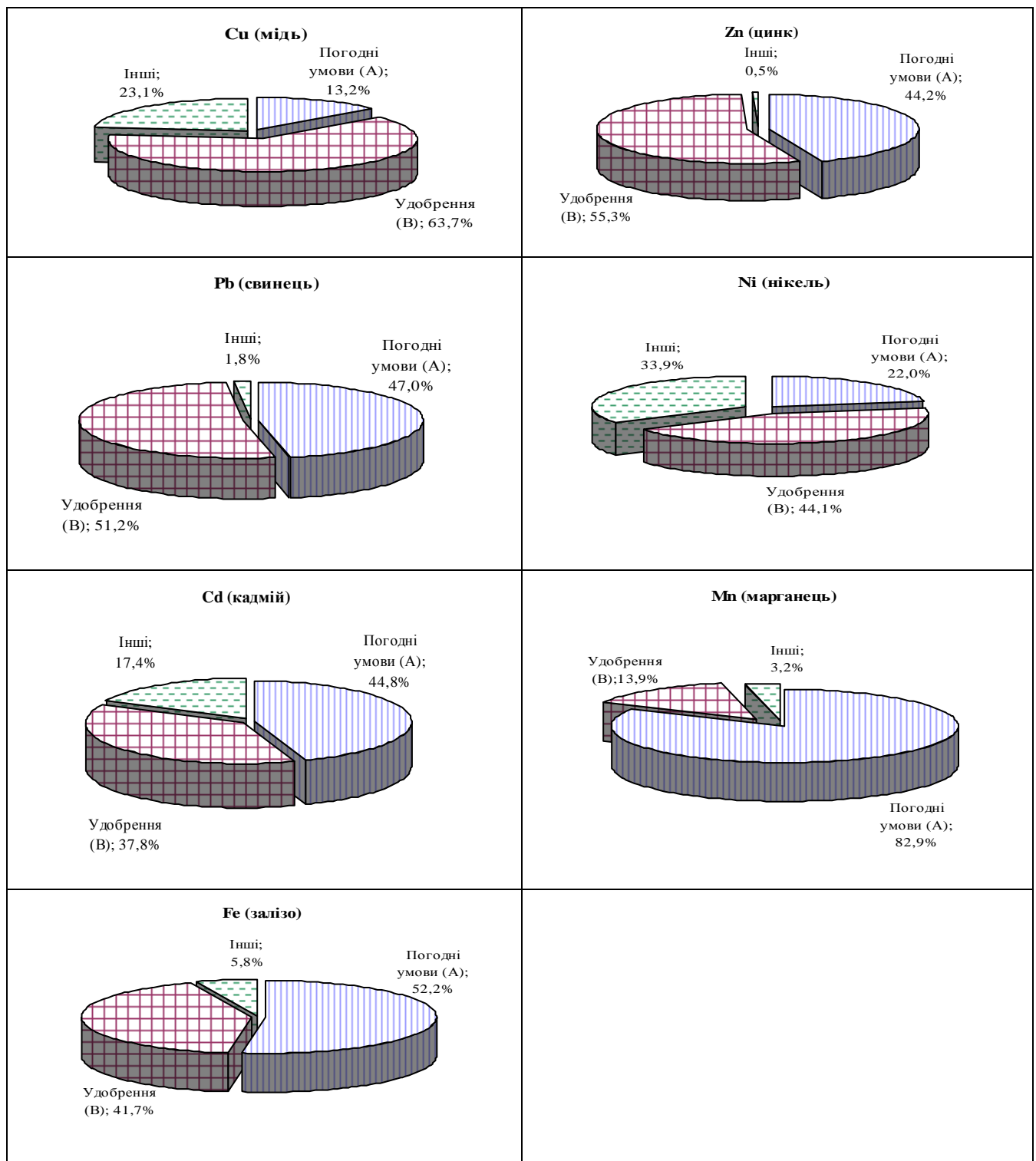


Рис. 2. Частка участі факторів у нагромадженні важких металів у ґрунті (середнє за 2005-2007 рр.)

Статистичний аналіз показників вмісту ВМ у ґрунті свідчить про те, що кожен з них мав певний рівень стабільності та інтервал коливань кількісних величин. Зокрема, вміст міді, свинцю, нікелю та марганцю мав високу стабільність, що підтверджується величиною коефіцієнтів варіації  $V = 2,6-5,4\%$  (табл. 7).

**7. Математичні характеристики вмісту важких металів у ґрунті,  
(середнє за 2005-2007 рр.)**

Елемент	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	S	2*S
Cu	3,94±0,05	4,1	0,15	0,30
Zn	5,45±0,54	26,8	1,53	3,07
Pb	4,02±0,06	4,3	0,18	0,36
Cd	0,12±0,01	22,1	0,03	0,06
Ni	3,58±0,03	2,6	0,09	0,18
Mn	37,87±0,73	5,4	2,07	4,14
Fe	11,14±0,56	12,1	1,58	3,16

Варіабельність вмісту заліза відповідала середньому рівню (V= 12,1%), а цинку та кадмію – високому з відповідними коефіцієнтами варіації 26,8 та 22,1% .

Відхилення вмісту важких металів від середніх значень у досліді переважно знаходилось в межах норми, тільки в окремих випадках воно перевищувало показник стандартного відхилення (S). Зокрема, відхилення вмісту міді у варіантах 6 і 11 становило відповідно 0,21 і -0,22 при S = 0,15. Найбільше відхилення вмісту цинку, свинцю, кадмію та нікелю встановлено у варіанті з використанням найвищої дози NPK (316,5 кг/га), яке становило відповідно 2,63 (S = 1,53); 0,30 (S = 0,18); 0,06 (S = 0,03); 0,17(S = 0,09). На вміст марганцю та заліза агрохімічне навантаження у сівозміні мало аналогічний вплив: найвище відхилення цих металів одержали при внесенні РК в запас з подальшим використанням N<sub>64</sub>P<sub>72</sub>K<sub>75</sub> (варіант 6), де воно становило відповідно 3,80 (S =2,07) і 3,04 (S=1,58). При цьому в досліді не виявлено жодного відхилення, яке б перевищило значення 2\*S.

### ВИСНОВКИ

Встановлено, що проведення математичного аналізу допомагає поглибити розуміння процесів перерозподілу фракцій ВМ у ґрунті агроценозів під впливом різних факторів.

Вплив фактора удобрення, із врахуванням оцінки значущості ( $p$  – значення при  $\alpha = 0,05$ , а також відношення  $F_{\text{фактичний}}$  і  $F_{\text{критичний}}$ ) був вагомим у перерозподілі міді, цинку, свинцю та нікелю у ґрунті (частка впливу знаходилась у межах 44,1–63,7%). Для кадмію, заліза і марганцю визначальною була частка впливу погодних умов, де вона становила 44,8–82,9%.

Частка участі інших факторів, у тому числі і вплив фітоценозу, для більшості ВМ знаходилась у межах 0,5-17,4%, але для міді та нікелю вона була досить високою і становила відповідно 23,1 і 33,9%.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев, Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях. / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987 – 140 с.
2. Борисик, Б.В. Закономірність перерозподілу міді в орному шарі сірого лісового ґрунту. / Б.В. Борисик, Р.А. Залевський, В.М. Мількевич // Агроекологічний журнал – 2010. – №1. – С. 30-38.
3. Булигін, С.Ю. Методи аналізів ґрунтів і рослин /С.Ю. Булигін. – Харків. – 1999. – 157 с.
4. Доспехов, Б.О. Методика полевого опыта. / Б.О. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 415с.
5. Макаренко, Н.А. Методичні рекомендації з встановлення допустимих концентрацій шкідливих речовин в агрохімікатах. / Н.А. Макаренко.– Київ.– 2007 – 16с.
6. Медведев, В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. / В.В. Медведев. – Харьков: ПФ «Антиква», 2002. – 428с.
7. Надточій, П.П. Екологія ґрунту. / П.П. Надточій, Т.М. Мислива, Ф.В. Вольвач. – Житомир: ПП Рута, 2010. – 473 с.
8. Созінов, О.О. Методика суцільного ґрунтового агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України. / О.О. Созінов, Б.С. Прістер. – Київ. – 1994. – С. 52-56.

**Влияние абиотических факторов на содержание тяжелых металлов  
в почве агроценоза**

**Н.Г. Буслаева, С.Г. Корсун, И.И. Клименко**

*Приведены результаты математического анализа исследований по изучению влияния абиотических факторов на содержание тяжелых металлов в почве при разной агрохимической нагрузке в севообороте. Установлена корреляционная связь количества тяжелых металлов в почве с погодными условиями и дозами удобрений.*

**Ключевые слова:** *абиотические факторы, математический анализ, тяжелые металлы, удобрения, погодные условия, агроценоз, почва.*

**Influence of abiotic factors on content of heavy metals in soil of agrocoenosis**

**N. Buslayeva, S. Korsun, I. Klimenko**

Results over of mathematical analysis of researches are brought from the study of influence of abiotic factors on content of heavy metals in soil at the different agrochemical loading in a crop rotation. Correlation is set between the amount of heavy metals in soil and weather conditions and doses of fertilizers.

**Keywords:** abiotic factors, mathematical analysis, heavy metals, fertilizer, weather terms, agrocoenosis, soil.