

## ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИНОСУ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ҐРУНТУ В СІВОЗМІНІ

Адамчук В.В.<sup>1</sup>, Литвинюк Л.К.<sup>1</sup>, Дем'янюк О.С.<sup>2</sup>, Моргунов Е.І.<sup>3</sup>,  
Курасва І.В.<sup>4</sup>, Войтюк Ю.Ю.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Навчально-науковий центр

«Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Національної академії аграрних наук України

вул. Вокзальна, 11, 08631, смт. Глеваха, Київська обл.

[vvadamchuk@gmail.com](mailto:vvadamchuk@gmail.com), [nnc-imesg@ukr.net](mailto:nnc-imesg@ukr.net)

<sup>2</sup>Інститут агроєкології та природокористування

Національної академії аграрних наук України

вул. Метрологічна, 12, 03143, м. Київ

[demolena@ukr.net](mailto:demolena@ukr.net)

<sup>3</sup>Науково-виробниче підприємство

«Інститут аналітичних методів контролю»

пр. Науки, 46, корп. 3, 03680, м. Київ

[chief@inam.kiev.ua](mailto:chief@inam.kiev.ua)

<sup>4</sup>Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення

імені М.П. Семененка

Національної академії наук України

пр. Акад. Палладіна, 34, 03680, м. Київ

[office.igmr@gmail.com](mailto:office.igmr@gmail.com), [voitiuk\\_yulia@ukr.net](mailto:voitiuk_yulia@ukr.net)

На прикладі досліджень за період 2011 – 2015 рр. з виносу валового вмісту хімічних елементів із ґрунту і поглинання їх зерною і незерною частинами урожаю показано, що необхідно враховувати не тільки NPK і макро-мікро елементи, а інші хімічні елементи, які наявні у ґрунті, так як вони приймають участь у внутрішньоґрунтового агрохімічному процесі і поглинаються зерною і незерною частинами урожаю, а також впливають на стан родючості ґрунту. Аналітично-розрахунковим методом встановлено, що в Україні в результаті інтенсивного виносу із ґрунту хімічних елементів зерною і незерною частинами урожаю за період 2011–2015 рр. в комерційні сівозміні озима пшениця, кукурудза на зерно, соняшник, соя і ріпак на загальній площі 89157,2 тис. га в ґрунті, станом на кінець 2015 р., залишився запас N – 566,9 тис. т має місце дефіцит P – 2317,1 тис. т і K – 3918 тис. т. Окрім фосфору і калію за 2011–2015 рр. в Україні на загальній площі 89157,2 тис. га із ґрунту винесено хімічних елементів, тис. тонн: 3Li – 8,9; 4Be – 0,09; 9F – 367,5; 11Na – 90,3; 12Mg – 1000,6; 13Al – 2399,6; 14Si – 6067,6; 16S – 5222,8; 17Cl – 2388,2; 20Ca – 5455,3; 21Sc – 0,2; 22Ti – 50,61; 23V – 0,801; 24Cr – 0,62; 25Mn – 3370,8; 26Fe – 7740,2; 27Co – 0,04%; 28Ni – 455,4; 29Cu – 801,7; 30Zn – 1457,1; 31Ga – 0,05; 37Rb – 1003,9; 38Sr – 1213,7%; 40Zr – 20,8; 41Nb – 0,074; 56Ba – 5,7; 57La – 0,7; 82Pb – 0,3; 83Bi – 0,01. Із загальної суми винесених хімічних елементів 55 460,6 тис. тонн за період 2011 – 2015 рр. винесено озимою пшеницею – 47,74% (26 479,4 тис. т), кукурудзою на зерно – 34,08% (18 904,7 тис. т), соєю – 12,68% (7 037,2 тис. т), соняшником – 4,25% (2 358,5 тис. т) і ріпаком – 1,22% (680,8 тис. т), в тому числі винесено NPK зерном 6 479,8 тис. т та незерною частиною урожаю 4 804,4 тис. т. Тому у разі неповернення незернової частини урожаю не будуть забезпечуватись умови для відновлення родючості ґрунту. *Ключові слова:* винос, хімічні елементи, комерційна сівозміна, дефіцит, незернова частина урожаю, відновлення, родючість ґрунту.

**Research of carry out from soil chemical elements in crop rotation. Adamchuk V.V., Lytvyniuk L.K., Demianiuk O.S., Morhunov E.I., Kurayeva I.V., Voitiuk Yu.Iu.** On example research on period 2011 – 2015 from carry out gross contents of chemical elements from soil and absorb then by grain and ungrain parts of harvest show that it is necessary to take into account not only NPK and macro-micro elements. but another chemical elements, which are in soil. as they take part in soil agrochemical process and absorb grain and ungrain part of harvest, take influence on statute of soil. By means of analytical-calculation method establish in Ukraine in the result of intensiv carry out from soil chemical elements by grain and ungrain parts of harvest in period 2011-2015 years in commercial crop rotation winter wheat, grain corn, sunflower, s and rape on general area 89157,2 thousand hectar in soil, on the end of 2015 year, leave reserve N – 566.9 thousand tons and have place deficit P – 2317,1 thousand tons and K – 3918 thousand tons. Therefore to continue agriculture on these area at first it is necessary remove deficit in soil P and K, and then increase they supported, or, according support soil fertility on achieve level and in the time take into account content in soil another chemical elements. Beside P and K on term 2011-2015 yy. In Ukraine on gross area 89157,2 thousand hectar from soil carry out chemical element, thousand tons: 3Li – 8,9; 4Be – 0,09; 9F – 367,5; 11Na – 90,3; 12Mg – 1000,6; 13Al – 2399,6; 14Si – 6067,6; 16S – 5222,8; 17Cl – 2688,2; 20Ca – 5455,3; 21Sc – 0,2; 22Ti – 50,61; 23V – 0,801; 24Cr – 0,62; 25Mn – 3370,8; 26Fe – 7740,2; 27Co – 0,04; 28Ni – 455,4; 29Cu – 801,7; 30Zn – 1457,1; 31Ga – 0,05; 37Rb – 1003,9; 38St – 1213,7; 40Zr – 20,8; 41Nb – 0,074; 56Ba – 5,7; 82Pb – 0,3; 83Bi – 0,01. In whole

from common sum carry out chemical elements 55460,6 thousand tons in period 2011 – 2015 years carry out winter wheat – 47,74% (26 479,4 thousand tons), grain corn – 34,08% (18 904.7), soybean – 12,68 (70.37.2 thousand tons) and rape – 1,22% (9 680.8 thousand tons), in that number carry out NPK by grain 6479.8 thousand tons and ungrain 4804,4 thousand tons. Therefore in case no return ungrain part of crop not provide condition for restore soil fertility. *Key words*: carry out, chemical elements, commercial crop, deficit, ungrain part of crop, return, soil fertility.

**Постановка проблеми.** Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва призвела до незбалансованого вмісту хімічних елементів у ґрунтах України з перевищенням санітарно – гігієнічних допустимих норм вмісту хімічних елементів у ґрунтах, в навколишньому середовищі, продукції рослинництва, тваринництва і харчових продуктах, що призводить до захворювань тварин і людей. У зв'язку з цим набуло актуальності виробництво екологічно чистої сільськогосподарської продукції та покращення довкілля [1].

На цьому етапі ґрунти, забруднені хімічними елементами в результаті внесення мінеральних добрив низької якості (при внесенні калійних добрив в ґрунт потрапляє 58% Cl, а при внесенні фосфорних F – 0,01–0,02%, Zn – 0,005–0,025%, Cd – 0,005–0,007%, Pb – до 0,006%, Mn – 0,053–0,72%, Cu – 0,030–0,033%, Co – 0,0005%, Mo – 0,0002–0,0125%), хімічних регу-

ляторів росту рослин і засобів захисту рослин, застосування біопрепаратів з різним вмістом макро- і мікроелементів, що спричиняє перевищення вмісту мікроелементів [1]. Всі ці хімічні елементи потрапляють в зернову і незернову частини урожаю. Окрім того, незернову частину урожаю використовують для перероблення на пелети, які використовують для опалення адміністративних приміщень та житлових будинків. Все це призводить до зниження родючості ґрунту, забруднення навколишнього середовища і зниження урожайності.

У зв'язку з цим пропонується новий підхід до вирішення проблеми родючості ґрунту шляхом визначення виносу хімічних елементів із ґрунту і поглинання їх зерною і незерною частинами урожаю та порівняння їх концентрації з ГДК (гранично допустима концентрація). На основі порівняння одержаних результатів зроблено висновок

Таблиця 1  
Співвідношення зернової і незернової частини урожаю озимої пшениці, кукурудзи на зерно, сої, соняшника і ріпаку, %

№ з/п	Культури	Зернова частина	Незернова частина
1	Пшениця озима	50	50
2	Кукурудза на зерно	35	65
3	Соя	54	46
4	Соняшник	35	65
5	Ріпак	30	70

Джерело: дослідження авторів

Таблиця 2  
Співвідношення зернової і незернової частин валових урожаїв озимої пшениці, кукурудзи на зерно, соняшнику, сої і ріпаку в Україні за період 2011–2015 рр.

№ з/п	Культура; зернова і незернова частини урожаю	Сумарний статистичний вал зерна і розрахунковий вал незернової частини без кореневої системи, т
1	Пшениця озима:	
	– зерно	108078500
	– солома	108078500
2	Кукурудза на зерно:	
	– зерно	126575100
	– солома	235068042
3	Соя:	
	– зерно	15261400
	– солома	13000451
4	Соняшник:	
	– зерно:	49423700
	– солома	91786841
5	Ріпак:	
	– зерно	8929100
	– солома	20813566

Джерело: дослідження авторів

Таблиця 3

## Валовий винос хімічних елементів зерновою і незерновою частинами урожаю сільськогосподарськими культурами, кг/т

№ з/п	Хімічний елемент і його номер в таблиці Д.І. Менделєєва	Пшениця		Соя		Кукурудза		Соняшник		Ріпак	
		зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома
1	3Li									0,03	0,03
2	4Be									0,001	–
3	7N	2,5	4,5	8,1	28,9	2,5	4,6			5,0	5,3
4	9F	3,4	–								
5	11Na	0,08	–			0,027					
6	12Mg	1,11	0,7	14,6	6,6	1,04	1,4	1,91	–	–	2,8
7	13Al	4,1	–	43,6	–	10,2	–				
8	14Si	1,6	62,4			1,19	–				
9	15P	6,5	0,7	9,0	3,9	16,5	1,6	4,96	0,52	2,2	1,1
10	16S	7,4	21,3	65,0	–	9,0	–				
11	17Cl	7,9	–	4,0	–	7,3	–				
12	19K	15,0	6,4	19,5	31,3	6,5	1,26	1,82	9,04	5,0	2,5
13	20Ca	7,3	2,1	10,9	2,5	18,0	3,2	4,01	9,06	0,6	8,4
14	21Sc									0,02	0,001
15	22Ti							0,0001	–	4,5	0,5
16	23V							0,0002	–	0,08	0,005
17	24Cr							0,0003	–	0,06	0,005
18	25Mn	9,1	16,1	1,4	–	3,3	–	0,0003	–	0,005	–
19	26Fe	15,8	35,8	7,6	–	15,5	–	0,004	–	0,05	0,003
20	27Co							0,03	–	0,05	0,05
21	28Ni			0,24	–	0,7	–	0,03	–		
22	29Cu	0,9	4,59	0,74	–	0,7	–	0,03	–		
23	30Zn	5,5	–	2,4	–	3,9	–	0,03	–		
24	31Ga									0,006	–
25	37Rb	0,8	–	0,46	–	1,7	–				
26	38Sr	0,7	–	0,43	–	1,2	–				
27	40Zr							0,002	–	2,0	0,1
28	41Nb									0,008	–
29	56Ba									0,4	0,1
30	57La									0,03	0,02
31	82Pb									0,03	0,003
32	83Bi							0,0002	–		

Джерело: дослідження авторів

Примітка: Цифра перед хімічними елементами означає порядковий номер елемента в таблиці Д.І. Менделєєва. Це для того, щоб показати що насправді окрім N, P і K зернова і не зернова частини урожаю поглинають і інші елементи з різними порядковими номерами.

стосовно екологічного стану ґрунту, одержаної продукції, а також встановлено які хімічні елементи та яку їх кількість необхідно повернути у ґрунт.

**Мета досліджень** – визначити винос валового вмісту хімічних елементів із ґрунту комерційною сівозміною, яка включає озиму пшеницю, кукурудзу на зерно, сою, соняшник і ріпак.

**Робоча гіпотеза** – автори передбачають, що можливо визначити винос валового вмісту хімічних елементів із ґрунту зерною і незерною частинами урожаю за допомогою спектрального аналізу.

**Об'єкт досліджень** – орний шар ґрунту, в якому вирощують сільськогосподарські продукти.

**Предмет досліджень** – визначення залежності виводу валового вмісту хімічних елементів із ґрунту зерном і стеблом вирощуваних культур.

**Методика досліджень.** Експериментально-аналітичний. Алгоритм визначення виводу хімічних елементів був таким:

– визначення валового вмісту хімічних елементів у зерні і соломі з використанням спектральних аналізаторів, %;

– установка експериментальним шляхом співвідношення між зерною і незерною частинами урожаю сільськогосподарських культур, %;

– визначення виводу валових хімічних елементів однією тонною зерна і соломі, кг/т;

– визначення виводу валових хімічних елементів з 1 гектара, кг/га;

– визначення виводу валових хімічних елементів сівозміною сільськогосподарських культур, т;

Таблиця 4

Валовий винос хімічних елементів із ґрунту (кг/га) сільськогосподарськими культурами

№ з/п	Хімічний елемент і його номер в таблиці Д.І. Менделєєва	Пшениця	Соя	Кукурудза	Соняшник	Ріпак
1	3Li					0,23
2	4Be					0,0023
3	7N	10,49	65,00	65,12		14,16
4	9F	11,90				
5	11Na	0,28		0,16		
1	2	3	4	5	6	7
6	12Mg	6,35	41,94	21,22	3,73	14,89
7	13Al	15,46	85,46	60,24		
8	14Si	224,12		6,78		
9	15P		24,36	114,89	11,47	10,68
10	16S	101,24	127,42	53,72		
11	17Cl	29,5	7,79	43,34		
12	19K	55,72	91,04	52,38	37,07	24,75
13	20Ca	15,46	25,52	140,94	31,66	47,76
14	21Sc					0,049
15	22Ti	23,20			0,001	13,08
16	23V				0,0004	0,21
17	24Cr				0,0004	0,16
18	25Mn	88,88	2,76	19,49	0,09	4,03
19	26Fe	177,89	14,88	91,68		
20	27Co	25,64			0,0006	0,01
21	28Ni		0,47	4,10	0,008	0,14
22	29Cu	19,24	1,45	4,10	0,059	0,38
23	30Zn	19,24	4,7	23,01	0,059	
24	31Ga					0,014
25	37Rb	2,78	0,81	10,03		
26	38Sr	2,46	0,84	6,94		
27	40Zr				0,004	5,10
28	41Nb		0,47			0,018
29	56Ba					1,38
30	57La					0,017
31	82Pb					0,08
32	83Bi				0,0002	

Джерело: дослідження авторів

Таблиця 5

Сумарний винос хімічних елементів урожаєм озимої пшениці, сої, кукурудзи на зерно, соняшнику і ріпаку в Україні за період 2011–2015 рр.

№ з/п	Хімічний елемент і його номер в таблиці Д.І. Менделєєва	Винос хімічних елементів сільськогосподарськими культурам, тис. т					Разом, тис. т	Середній винос, т/га
		озима пшениця	кукурудза на зерно	соя	соняшник	ріпак		
		площа, тис. га						
		30723	21452,9	7802,2	25266,8	3912,3	89157,2	
		вал, тис. т						
		108075,3	126575,1	15261,4	49423,1	8929,1	180611,0	
		середня урожайність, т/га						
3,52	5,90	1,96	1,96	2,28				
1	3Li					8,9	8,9	9x10 <sup>-5</sup>
2	4Be					0,09	0,09	9x10 <sup>-7</sup>
3	7N	756,6	1397,5	499,3		55,7	2709,1	0,0304
4	9F	367,5					367,5	0,004
5	11Na	86,5	3,8				90,3	0,001
6	12Mg	195,6	460,7	292,6	94,4	58,3	1000,6	0,01
7	13Al	443,1	1291,1	665,4			2399,6	0,027
8	14Si	6917,0	150,6				6067,6	0,068
9	15P	778,5	1850,7	458,1	292,9	42,5	3881,4	0,044
10	16S	3101,8	1139,1	991,9			5222,8	0,059
11	17Cl	853,8	923,9	610,5			2388,2	0,027
12	19K	2312,8	1118,9	704,5	929,7	96,7	3465,7	0,038
13	20Ca	1015,9	3030,6	198,8	1029,8	180,2	5455,3	0,061
1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	21Sc					0,2	0,2	2x10 <sup>-5</sup>
15	22Ti				0,005	50,6	50,61	6x10 <sup>-4</sup>
16	23V				0,001	0,8	0,801	8x10 <sup>-6</sup>
17	24Cr				0,02	0,6	0,62	6x10 <sup>-6</sup>
18	25Mn	2723,6	417,7	213,7		15,8	3370,8	0,038
19	26Fe	5576,8	1961,9	201,5			7740,2	0,087
20	27Co					0,04	0,04	4x10 <sup>-7</sup>
21	28Ni		88,6	366,3	0,002	0,5	455,4	0,005
22	29Cu	593,4	88,6	112,9	5,8	1,0	801,7	0,009
23	30Zn	594,4	493,6	363,3	5,8		1457,1	0,016
24	31Ga					0,05	0,05	5x10 <sup>-7</sup>
25	37Rb	86,5	215,2	702,2			1003,9	0,011
26	38Sr	75,6	511,9	656,2			1213,7	0,014
27	40Zr				0,09	19,9	20,8	2x10 <sup>-4</sup>
28	41Nb					0,07	0,07	7x10 <sup>-7</sup>
29	56Ba					5,7	5,7	6x10 <sup>-5</sup>
30	57La					0,7	0,7	7x10 <sup>-6</sup>
31	82Pb					0,3	0,3	3x10 <sup>-6</sup>
32	83Bi				0,01		0,01	1x10 <sup>-7</sup>
Разом		26479,4	18904,7	7037,2	2358,5	680,8	55460,6	0,622
Доля, %		47,74	34,09	12,69	4,25	1,22	100,00	

Джерело: дослідження авторів

– порівняння коефіцієнта поглинання хімічних елементів з ґрунту з гранично допустимими концентраціями.

Співвідношення між зерною і незерною частинами урожаю наведено в таблиці 1.

Дослідження з визначення валового вмісту хімічних елементів в зерновій і незерновій частинах урожаю проведено з застосуванням рентгенофлуоресцентних (ЕКСПЕРТ-3L і S1 TITAN<sup>LE</sup>) і спектрального (СТЕА-2) аналізаторів. Для аналізу стану ґрунтів з виносу хімічних елементів за період 2011–2015 рр. із статистичного щорічника України вибрано вал, урожайність і площу, на якій вирощували озиму пшеницю, кукурудзу на зерно, сою, соняшник і ріпак [2].

Середню кількість внесених органічних і мінеральних добрив за період 2011 – 2015 рр. прийнято як суму азоту, фосфору і калію в органічних і мінеральних добривах. При цьому коефіцієнт переводу органічних добривах в NPK відповідно становив: N – 0,055 т/га; P – 0,0124 т/га і K – 0,01396 т/га.

**Результати досліджень.** Співвідношення зернової і незернової частин валових урожаїв озимої пшениці, кукурудзи на зерно, соняшнику, сої і ріпаку в Україні за період 2011–2015 рр. наведено в таблиці 2.

У таблиці 3 наведено валовий винос хімічних елементів із ґрунту зерною і незерною частинами урожаю сільськогосподарськими культурами, кг/т.

Найбільший винос хімічних елементів з ґрунту (табл. 3 ) в зерні і соломі озимої пшениці, сої, куку-

рудзи на зерно, соняшнику і ріпаку, причому найбільша кількість хімічних елементів виноситься з ріпаком. За виносом хімічних елементів з ґрунту сільськогосподарські культури можна ранжувати у такій послідовності: N – соя, пшениця, кукурудза, P – кукурудза, соя, пшениця, соняшник, K – соя, пшениця, кукурудза, Mg – соя, кукурудза, Al – соя, кукурудза, Si – пшениця, S – соя, пшениця, Ca – соя, кукурудза, соняшник, Mn – пшениця, ріпак, Fe – пшениця. Таким чином, різні культури виносять не тільки N, P і K, а і інші хімічні елементи, які необхідно враховувати.

У таблиці 4 наведено валовий винос хімічних елементів із ґрунту сільськогосподарськими культурами, (кг/га).

Аналізуючи таблицю 4, нескладно дійти висновку, що основними культурами, які виснажують ґрунт шляхом виносу хімічних елементів є кукурудза на зерно, соя, пшениця, ріпак і соняшник. Слід відмітити, що основним чинником є урожайність, яка в даному випадку взята із Статистичного щорічника України за період 2011–2015 рр. Кількість хімічних елементів в таблицях 3 і 4 (32 елементи) не означає, що у ґрунті саме така кількість хімічних елементів і немає інших елементів.

Окрім того, при визначенні коефіцієнта поглинання хімічних елементів із ґрунту в рослину, дані цих таблиць необхідно порівняти з ГДК. На даний час відомо ГДК на 14 хімічних елементів, а необхідно ще обґрунтувати ГДК на 78 хімічних елементів. Доцільно розробити універсальну програму керова-

Таблиця 6

**Зведені дані з внесення основних (N, P, K) хімічних елементів (згідно статистики) і розрахункові дані з їх виносу урожаєм озимої пшениці, кукурудзи на зерно, сої, соняшнику і ріпаку за період 2011–2015 рр.**

№ з/п	Сільськогосподарська культура	Внесено хімічних елементів, (згідно статистики), тис. т	Винесено хімічних елементів (розрахунок), тис. т/%	В тому числі, тис. т/%		Різниця між внесеними і винесеними хімічними елементами, ± тис. т.
				зерном	соломою	
1	Озима пшениця	N 1744,8	756,6/43,4	270,2/35,7	486,4/64,3	988,2
		P 380,9	778,5/204,4	702,5/90,2	75,9/7,8	-396,6
		K 428,9	2312,8/539,2	1621,1/70,1	691,7/29,9	- 1883,9
2	Кукурудза на зерно	N 1179,9	1397,8/113,6	316,4/22,6	1081,4/77,4	- 217,9
		P 266,0	1850,7/635,8	1474,6/79,6	376,1/20,4	- 1584,7
		K 299,5	1118,9/373,6	822,7/73,5	296,2/26,5	- 819,4
3	Соя	N 429,1	499,3/106,4	123,6/24,7	375,7/75,3	-70,2
		P 96,7	458,0/473,6	407,3/88,9	50,7/11,1	- 361,3
		K 108,9	704,5/646,9	297,6/42,2	406,9/57,8	- 595,6
4	Соняшник	P 313,3	292,8/93,5	245,1/83,7	47,7/16,3	20,5
		K 352,7	929,7/263,6	89,9/9,7	829,7/90,3	- 596,9
5	Ріпак	N 215,2	55,6/85,8	44,6/80,2	11,0/19,8	159,6
		P 48,5	42,5/87,6	19,6/47,3	22,9/52,7	6,0
		K 54,6	96,6/176,9	44,6/46,2	52,0/53,8	- 42,0

Джерело: дослідження авторів

ного внутрішньогрунтового агрохімічного процесу, яка придатна для всіх систем землеробства в різних ґрунтово-кліматичних зонах України, за участю інженерів, фізиків, агрономів, агрохіміків, селекціонерів, хіміків, медиків, спеціалістів з автоматизації та телекомунікації. Це дасть можливість, оцінити екологічний стан ґрунту, коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту продуктами рослинництва в системі «людина – ґрунт – рослина – тварина – довкілля». Дані таблиць 3 і 4 можна використовувати при плануванні сівозміни з питань виносу хімічних елементів із ґрунту та необхідної кількості внесення хімічних елементів у ґрунт під ту чи іншу культуру.

Для визначення фактичного валового вмісту хімічних елементів у ґрунті необхідно застосовувати лазерні аналізатори, які дають можливість визначити всі хімічні елементи у ґрунті від водню до урану. В зв'язку з цим необхідно розробити лазерний аналізатор щоб визначити валовий вміст хімічних елементів у ґрунті і в продуктах рослинництва в режимі "on-line".

В таблиці 5 наведено сумарний винос хімічних елементів урожаєм озимої пшениці, сої, кукурудзи на зерно, соняшнику і ріпаку в Україні за період 2011–2015 рр.

Із таблиці 5 випливає, що в загальному виносі хімічних елементів з ґрунту за кількістю переважають залізо, кремній, кальцій, сірка, фосфор, калій, марганець, азот, алюміній, хлор, цинк, стронцій, рубідій, магній та інші наявні хімічні елементи, вміст яких не враховується при плануванні сівозмін і урожаю, а також те, що немає обґрунтованих ГДК по відношенню не тільки до зазначених хімічних елементів, а і до інших елементів таблиці Д.І. Менделєєва.

У таблиці 6 наведено зведені дані з внесення основних (N, P, K) хімічних елементів (згідно статистики) і розрахункові дані з їх виносу урожаєм озимої пшениці, кукурудзи на зерно, сої, соняшнику і ріпаку за період 2011–2015 рр.

Винос P і K із ґрунту за період 2011–2015 рр. (табл. 6) перевищує внесені P і K (згідно статистики) в 2-6 разів (окрім ріпаку). Валовий обсяг внесених NPK зерном сільськогосподарських культур становить – 6 479,8 тис. т (57,42%), а незерновою частиною урожаю – 4 804,4 тис. т. (42,58%).

Не повернення у ґрунт внесених P і K призводить до зниження родючості ґрунту, тому спочатку необхідно усунути дефіцит у ґрунті P і K, а потім підвищувати їх вміст, або принаймні підтримувати родючість на досягнутому рівні.

Стосовно виносу із ґрунту незерновою частиною урожаю, то солома наведених культур виносить N більше в 2-3 рази (окрім ріпаку), а зерно виносить P більше в 2,5–8 разів (окрім ріпаку) ніж його було внесено та K в 0,9–2,8 разів, ніж його було внесено.

У зв'язку з цим нескладно прийти до висновку, що доцільно заборонити використовувати незер-

нову частину розглянутих культур для опалення і інших потреб, а доцільно повертати її у ґрунт, адже використання соломи на опалення і інші цілі не забезпечує повернення у ґрунт внесених хімічних елементів, що призводить до зниження родючості ґрунту і забруднення навколишнього середовища.

**Головні висновки.** За результатами проведених досліджень зроблені наступні висновки:

1. Аналітично-розрахунковим методом встановлено, що в Україні в результаті інтенсивного виносу із ґрунту хімічних елементів зерновою і незерновою частинами урожаю за період 2011–2015 рр. в комерційній сівозміні озима пшениця, кукурудза на зерно, соняшник, соя і ріпак на загальній площі 89 157,2 тис. га в ґрунті, станом на кінець 2015 р., залишився запас N – 566,9 тис. т і має місце дефіцит P – 2317,1 тис. т і K – 3918 тис. т. Тому для продовження землеробства на цих площах спочатку необхідно усунути дефіцит у ґрунті P і K, а потім підвищувати їх вміст, або, принаймні, підтримувати родючість на досягнутому рівні з врахуванням вмісту у ґрунті інших хімічних елементів.

2. Окрім фосфору і калію за 2011–2015 рр. в Україні на загальній площі 89157,2 тис. га із ґрунту внесено хімічних елементів, тис. тонн: 3Li – 8,9; 4Be – 0,09; 9F – 367,5; 11Na – 90,3; 12Mg – 1000,6; 13Al – 2399,6; 14Si – 6067,6; 16S – 5222,8; 17Cl – 2388,2; 20Ca – 5455,3; 21Sc – 0,2; 22Ti – 50,61; 23V – 0,801; 24Cr – 0,62; 25Mn – 3370,8; 26Fe – 7740,2; 27Co – 0,04; 28Ni – 455,4; 29Cu – 801,7; 30Zn – 1457,1; 31Ga – 0,05; 37Rb – 1003,9; 38Sr – 1213,7; 40Zr – 20,8; 41Nb – 0,074; 56Ba – 5,7; 57La – 0,7; 82Pb – 0,3; 83Bi – 0,01.

3. В цілому із загальної суми внесених хімічних елементів 55 460,6 тис. тонн за період 2011–2015 рр. внесено озимою пшеницею – 47,74% (26 479,4 тис. т), кукурудзою на зерно – 34,08% (18 904,7 тис. т), соєю – 12,68% (70 37,2 тис. т), соняшником – 4,25% (2 358,5 тис. т) і ріпаком – 1,22% (680,8 тис. т), в тому числі внесено NPK зерном 6479,8 тис. т та незерновою частиною урожаю 4804,4 тис. т. Тому у разі неповернення незернової частини урожаю не будуть забезпечуватись умови для відновлення родючості ґрунту.

4. Необхідно обґрунтувати ГДК на 78 хімічних елементів, оскільки вони є в складі ґрунту різних ґрунтово-кліматичних зон України, що дасть можливість визначити ґрунти, які придатні для екологічного землеробства і одержати продукцію з вмісту хімічних елементів в межах ГДК.

5. Доцільно розробити універсальну програму керованого внутрішньогрунтового агрохімічного процесу, яка придатна для всіх систем землеробства в різних ґрунтово-кліматичних зонах України, за участю інженерів, фізиків, агрономів, агрохіміків, селекціонерів, хіміків, медиків, спеціалістів з автоматизації та телекомунікації.

6. Спрямувати НДР у землеробстві на визначення валового вмісту хімічних елементів у ґрунті перед початком вирощування сільськогосподарських культур, перед застосуванням біологічних препаратів, після збирання урожаю, а також визначення коефіцієнту поглинання валового вмісту хімічних елементів кінцевими продуктами і порівняння його з ГДК. Для цього необхідно розробити лазерний аналізатор для визначення валового вмісту хімічних елементів у ґрунті в процесі руху агрегату.

#### Література

1. Лошаков В.Г. Развитие учения о севооборотах в РГАУ – МСХА К. А.Тимирязева // Земледелие. № 2. 2017. С. 3–9.
2. Статистичний щорічник України за 2015 рік. Київ : Державна служба статистики України, 2016. С. 302, 311, 313, 323, 326.