

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМОВАНИХ ҐРУНТАХ МІСЦЕЗРОСТАНЬ ЖИВОПЛОТІВ

*К. В. Мирончук, аспірант **

Національний лісотехнічний університет України

e-mail: k.myronchuk@chnu.edu.ua

Описано вміст валових форм важких металів у ґрунтах різного генезису в місцях зростання живоплотів м. Чернівці та смт Берегомет. На основі отриманих даних розраховано балансовий вміст важких металів у ґрунтовому профілі дослідних територій. Встановлено закономірності розподілу важких металів у підстилці та шарах антропогенно-трансформованих ґрунтів: темно-сірого опідзоленого, чорнозему вилугованого та дерново-буроземного. Проаналізовано вплив важких металів та мікроелементів на інтенсивність розвитку живоплотів. Прослідковано залежність вмісту важких металів від ступеня антропогенного навантаження на ґрунти. Проведено кореляційно-регресивний аналіз загального приросту дослідних живоплотів і вмісту валових форм важких металів у ґрунті.

Ключові слова: живопліт, ґрунт, важкі метали, кореляційно-регресивний аналіз, фактор впливу.

Інтенсивність росту та розвитку рослин, які входять до складу живоплотів, залежить, передусім, від кліматичних умов конкретного року, рівня родючості ґрунту, вологозабезпеченості вегетаційного періоду, освітленості тощо. Не такими значущими, але важливими чинниками для розвитку рослин є вміст мікроелементів у ґрунті, нестача яких унеможлиблює повноцінний розвиток рослин. У випадку зростання їх концентрації внаслідок техногенезу вони стають токсичними, тобто відносяться до важких металів.

Загострення глобальної екологічної кризи внаслідок збільшення кількості промислових об'єктів, транспортних засобів, підвищення рівня урбанізації населених пунктів призводить до збільшення кількості викидів небезпечних речовин і важких металів, які посилюють навантаження на навколишнє середовище. Важкі метали переважно абсорбуються та акумулюються ґрунтом. За концентрацій, що у 3–10 разів перевищують фоновий рівень, вони негативно впливають на структуру і функції природних екосистем, змінюють біоценоз, функціонування якого підтримує родючість ґрунту [5, 7].

Важкі метали є найбільш токсичними забруднювачами навколишнього середовища антропогенного походження. Небезпека їх визначається тим, що, на відміну від органічних забруднювачів, вони не

* Науковий керівник – кандидат сільсько-господарських наук, доцент І. В. Шукель.

розкладаються, а переходять з однієї форми в іншу, зокрема входять до складу солей, оксидів, металоорганічних сполук [8]. Важкі метали потрапляють до організму людини і травоядних тварин із рослинною їжею, тобто із ґрунту [5]. Дослідження вмісту важких металів у ґрунтах населених пунктів актуальне з огляду на те, що основними забруднювачами довкілля можуть бути транспортні засоби, промислові підприємства, стічні води та побутові відходи [3, 6].

Мета досліджень – визначити залежність вмісту та профільного розподілу важких металів від властивостей і генетичних особливостей та рівня техногенного навантаження ґрунтів під живоплотами.

Методика досліджень. Вміст валових форм (Pb, Cu, Ni, Cr, Zn, Mn) у ґрунтах дослідних ділянок визначали атомно-абсорбційною спектрофотометрією (спектрофотометр КАС 120 М1) в азотнокислій витяжці з ґрунту з наступним випаруванням пероксид-водню. Статистична обробка отриманих результатів та кореляційно-регресійний аналіз – за допомогою Statistica 6 [4].

На території м. Чернівців досліджували темно-сірий опідзолений ґрунт по вул. Героїв Майдану (розріз 1 – живопліт із *Cornus alba*) та вул. Рівенській (розріз 2 – живопліт із *Fagus silvatica*), урбочорнозем вилугуваний по вул. Героїв Майдану (розріз 3 – живопліт із *Forsythia suspense*) та чорнозем вилугуваний по вул. Федьковича (розріз 4 – живопліт із *Carpinus betulus*). У смт Берегомет досліджували експериментальні живоплоти із *Cornus alba*, *Fagus silvatica*, *Forsythia suspense* та *Carpinus betulus*, що зростають в умовах незначної дії урбогенних чинників на дерново-буроземному ґрунті в саду (розріз та прикопки 1–4).

Результати досліджень. З досліджуваних хімічних елементів Mn, Zn і Cu є важливими мікроелементами для деревних та кущових рослин експериментальних живоплотів.

За багаторічний період проведення агроекологічного моніторингу співробітниками Чернівецького центру «Облдержродючість» та чернівецькими екологами забруднення важкими металами ґрунтів польових агроєкосистем, а також локальних зон навколо діючих промислових підприємств не виявлено. Можливе лише підвищення вмісту Pb в ґрунтах поблизу автомагістралей та Cu в ґрунтах садів внаслідок застосування мідевмісних препаратів [1]. Ґрунтам Чернівецької області, міст Чернівці, Новоселиця, Кіцмань, Хотин, Сторожинець притаманний фоновий вміст важких металів [2].

Отримані дані щодо Pb дають підстави стверджувати про високу неоднорідність його вмісту в різних точках дослідної ділянки. Наприклад, у верхньому гумусово-акумулятивному горизонті вміст його варіює в межах 17,0 – 36,2 мг/кг ґрунту, тобто більше ніж у 2 рази (табл. 1). Саме в цьому горизонті відмічається його накопичення порівняно з іншими генетичними горизонтами. Дослідники вважають, що однією з причин цього є вплив автотранспорту, який здійснює його викид у атмосферу [4].

1. Вміст валових форм важких металів у ґрунтах

Ґрунт, місце розташування, видовий живопліт	Генетичний горизонт	Глибина, см	Pb	Cu	Ni	Cr	Zn	Mn
			мг/кг ґрунту					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
м. Чернівці								
Темно-сірий опідзолений звичайний, вул. Рівенська, живопліт із <i>Fagus silvatica</i>	H(e)	0–44	29,0	20,4	25,6	24,2	55,6	515
	Hi	44–72	21,8	16,8	21,8	20,7	51,7	410
	Ih gl	72–97	19,6	19,2	27,1	18,6	44,8	348
	P(h) gl	97–122	19,8	19,0	24,4	20,1	44,6	394
Темно-сірий опідзолений звичайний, вул. Героїв Майдану, живопліт із <i>Cornus alba</i>	P _k (gl)	122–180	17,2	16,6	28,2	21,8	41,9	278
	H(e)	0–32	27,5	21,3	40,5	19,2	50,1	442
	Hi	32–72	19,9	20,4	25,8	15,9	40,6	313
	Ih (gl)	72–86	23,0	20,4	31,3	38,5	46,7	357
Урбочорнозем вилугуваний, вул. Героїв Майдану, живопліт із <i>Forsythia suspense</i>	P Gl _k	86–200	21,4	23,1	31,3	28,0	44,6	357
	H(u)	0–70	30,6	21,7	39,9	16,5	53,1	525
	H	70–80	25,4	19,5	38,7	19,2	48,5	434
	H(e)	80–110	26,7	22,6	42,9	22,0	46,4	410
Чорнозем вилугуваний, вул. Федьковича, живопліт із <i>Carpinus betulus</i>	HP(i)	110–142	20,5	19,5	24,5	16,1	44,0	475
	P _k (gl)	142–200	-	-	-	-	-	-
	H	0–53	36,2	24,4	31,9	22,8	52,1	366
	H(e)	53–82	23,0	20,4	36,8	17,6	46,4	250
Дерново-буроземний – розріз	HP(i)	82–94	18,8	21,3	28,8	16,1	38,5	217
	P(h)	94–136	16,4	19,5	28,8	14,8	39,8	322
	P	136–180	21,0	19,9	27,5	20,4	41,3	210
	смт Берегомет							
Прикопка 1, живопліт із <i>Cornus alba</i>	H	0–24	7,70	10,4	12,0	9,90	33,4	453,0
	HP _m (gl)	24–57	4,50	11,6	13,6	10,80	27,1	270,0
	P(h) _m gl	57–94	2,60	11,3	14,2	9,55	25,4	168,0
	Pq gl	94–110	2,50	9,95	18,8	8,00	21,5	149,0
Прикопка 2, живопліт із <i>Forsythia suspense</i>	PQ gl	110–140	3,90	11,8	20,5	10,20	25,9	190,0
	H	0–20	6,5	11,0	12,3	10,40	36,0	582,0
	HP _m (gl)	20–40	6	11,8	11,3	11,30	28,6	563,0
	HP _m (gl)	40–60	1,6	9,05	12,0	11,90	29,0	473,0
Прикопка 2, живопліт із <i>Forsythia suspense</i>	H	0–20	7,6	15,7	12,3	14,40	28,3	469,0
	HP _m (gl)	20–40	4,5	13,5	17,4	14,30	32,6	475,0
	HP _m (gl)	40–60	4,4	9,8	20,8	13,40	33,4	448,0

Продовження таблиці 1

	2	3	4	5	6	7	8	9
Прикопка 3, живопліт із <i>Carpinus</i> <i>betulus</i>	H	0–20	13,3	12,4	14,4	10,60	42,2	498,0
	H _{pm} (gl)	20–40	7,1	16,0	18,9	11,60	38,0	469,0
	H _{pm} (gl)	40–60	9,0	19,0	22,1	12,70	43,6	511,0
Прикопка 4, живопліт із <i>Fagus silvatica</i>	H	0–20	8,1	11,8	11,6	9,10	27,1	300,0
	H _{pm} (gl)	20–40	8,6	9,55	13,6	9,70	28,2	363,0
	H _{pm} (gl)	40–60	8,4	9,8	13,2	10,80	28,2	356,0

Вміст Cu є більш-менш рівномірним за профілем досліджуваних ґрунтів. В одних точках відмічається його зростання з глибиною, а в інших – зниження. У верхньому генетичному горизонті вміст валових форм цього елемента складає 10,4 – 15,7 мг/кг ґрунту.

У ґрунтах м. Чернівці вміст Ni перевищує вміст Cu та, у більшості випадків, зростає з глибиною. Відмічено накопичення цього елемента у верхньому генетичному горизонті, за винятком чорнозему вилугуваного. В дерново-буроземному ґрунті вміст його виявився близьким до вмісту Cu і, зазвичай, підвищується з глибиною. Це може бути пов'язане з інтенсивним розвитком процесів вилугування, а отже й міграцією його рухомих форм. Вміст та характер профільного розподілу Cr та Cu виявилися досить близькими.

На відміну від цих елементів, у верхньому генетичному горизонті відбувається накопичення валових форм Zn (до 42,2 мг/кг ґрунту). Виняток становить дерново-буроземний ґрунт прикопок 2 і 4 (де зростають живоплоти із *Forsythia suspense* та *Fagus silvatica* відповідно). В інших генетичних горизонтах профілю ґрунту вміст його близький.

У дерново-буроземному ґрунті вміст валових форм марганцю є на порядок вищим за вміст інших елементів і досягає 498–592 мг/кг ґрунту у верхньому генетичному горизонті. В окремих точках дослідної ділянки встановлено зниження його з глибиною (розріз 1, прикопка 1), зростання з глибиною (прикопки 3, 4) або рівномірний профільний розподіл (прикопка 2).

На відміну від дерново-буроземного ґрунту, в досліджуваних ґрунтах м. Чернівців валових форм Zn міститься в 1,5, Pb – в 3–4, Cu – в 1,5–2, Ni – в 2–3, Cr – в 1,5–2 рази більше (див. табл. 1). Вміст валових форм Mn в досліджуваних ґрунтах м. Чернівців – на такому самому рівні, що і в дерново-буроземному ґрунті.

Варто зазначити, що закономірності профільного розподілу валових форм важких металів (за винятком Ni) у ґрунтах м. Чернівців аналогічні таким для дерново-буроземного ґрунту, тобто не проявляється чіткої залежності цього показника від специфіки генетичної природи ґрунту. Досліджувані ґрунти міста Чернівці з погляду вимог рослин краще забезпечені такими мікроелементами, як Cu та Zn (вміст їх валових форм у верхньому генетичному горизонті становить 20,4 – 24,4 та 50,1 – 55,6 мг/100 г ґрунту відповідно).

Одним із завдань досліджень був пошук кореляційних зв'язків між вмістом валових форм важких металів і показниками властивостей ґрунтів, а також між ним і приростом пагонів рослин. Із літературних джерел відомо, що вміст важких металів залежить від вмісту гумусу, кислотного-основного стану, окисно-відновних умов, складу обмінно-поглинутих катіонів та ємності катіонного обміну, гранулометричного, мінералогічного та хімічного складу ґрунтоутворюючих порід [2]. У ґрунтах, неоднакових за генезисом, параметри цих показників різні, що безумовно вплине на наявність і тісноту кореляційних зв'язків між ними та вмістом важких металів (табл. 2).

2. Результати кореляційного аналізу між вмістом валових форм важких металів і показниками властивостей ґрунтів

Показник		Живопліт, вид			
вміст важких металів	властивості ґрунтів	<i>Fagus silvatica</i>	<i>Cornus alba</i>	<i>Forsythia sypense</i>	<i>Carpinus betulus</i>
1	2	3	4	5	6
м. Чернівці					
Pb	гумус	0,74	0,58	0,86	0,22
Cu		0,62	-0,44	0,21	0,36
Ni		-0,41	0,48	0,6	0,66
Cr		0,75	-0,72	-0,14	-0,08
Zn		0,78	0,31	0,98	0,25
Mn		0,77	0,51	0,48	-0,14
Pb	рН _{H2O}	-0,7	-0,23	-0,75	0,26
Cu		-0,67	0,74	-0,11	0,15
Ni		0,56	-0,06	-0,72	0,51
Cr		0,009	0,66	-0,16	0,69
Zn		-0,73	0,05	-0,82	0,68
Mn		-0,81	-0,1	-0,1	-0,27
Pb	гідролітична кислотність	0,67	0,17	-0,36	0,62
Cu		0,64	-0,7	0,39	-0,37
Ni		-0,6	0,15	-0,32	-0,46
Cr		-0,04	-0,7	0,11	-0,8
Zn		0,72	-0,11	-0,59	-0,65
Mn		0,8	0,57	-0,13	0,34
Pb	СВО	-0,6	-0,35	0,33	0,63
Cu		-0,59	0,89	-0,42	0,38
Ni		-0,65	-0,15	0,28	0,42
Cr		0,12	0,36	-0,14	0,82
Zn		-0,65	-0,14	0,57	0,65
Mn		-0,76	-0,18	0,15	-0,13

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	
смт Берегомет						
Pb		-0,76	0,87	0,89	0,67	
Cu		0,92	0,63	0,98	-1,0	
Ni	гумус	-0,88	0,37	-1,0	-1,0	
Cr		-0,93	-1,0	0,89	-1,0	
Zn		-0,95	0,88	-0,94	-0,24	
Mn		-0,92	0,9	0,72	-0,3	
Pb			0,4	0,09	0,8	0,53
Cu			-0,63	0,38	1,0	-0,97
Ni	рН _{Н2О}	0,56	-0,99	-0,97	-0,96	
Cr		0,99	0,51	0,96	-0,99	
Zn		0,71	-0,84	-0,87	0,42	
Mn		0,63	-0,06	0,83	-0,48	
Pb			0,33	-0,37	-0,86	-0,35
Cu			-0,6	0,001	-1,0	0,9
Ni	рН _{КСІ}	0,5	-0,87	0,99	0,88	
Cr		0,99	0,8	-0,93	0,93	
Zn		0,7	-0,98	0,91	0,59	
Mn		0,6	-0,43	-0,77	0,64	
Pb			0,99	-0,77	-1,0	-0,96
Cu			-0,98	-0,48	-0,83	0,88
Ni	Обмінна кислотність	0,99	-0,52	-0,95	0,89	
Cr		0,55	0,99	-0,64	0,84	
Zn		0,96	-0,95	0,99	-0,3	
Mn		0,98	-0,82	-0,38	-0,24	

За отриманими даними щодо вмісту валових форм важких металів і показниками властивостей ґрунтів місцезростань живоплотів проведено кореляційно-регресійний аналіз. У ґрунтах м. Чернівців, залежно від точки досліджень, між вмістом важкого металу і показником властивості ґрунту кореляційний зв'язок змінюється від прямої високої тісноти до зворотної середньої тісноти (табл. 2). Мінливість коефіцієнтів кореляції притаманна і кореляційним зв'язкам між вмістом важких металів і сумою ввібраних основ. Аналогічні висновки випливають із результатів кореляційного аналізу між валовим вмістом важких металів і рН_{Н2О}, а також між ним і гідролітичною кислотністю. Отже, проявляється певна неоднорідність ґрунтових умов у місцях зростання живоплотів у м. Чернівці, що може бути пов'язано з відмінністю їхньої генетичної природи та ступенем антропогенного перетворення.

У дерново-буроземному ґрунті встановлено значно більшу кількість кореляційних зв'язків високої тісноти між досліджуваними ознаками. Особливо висока тіснота кореляційних зв'язків проявляється між вмістом валових форм важких металів і вмістом гумусу, що може бути пов'язано з його високою поглинальною здатністю. У більшості випадків проявляється

також висока тіснота кореляційних зв'язків між вмістом досліджуваних важких металів і показниками, що характеризують кислотно-основні властивості ґрунту (рН_{H2O}, рН_{KCl} і обмінна кислотність). Однак у межах досліджуваної території теж проявляється висока неоднорідність ґрунтових властивостей і вмісту валових форм важких металів, про що свідчить висока варіабельність коефіцієнтів кореляції. Очевидно, що вміст валових форм важких металів успадковується від материнської породи і мало змінюється в процесі генезису ґрунту, незалежно від його генетичної природи.

У багатьох випадках, як встановлено нашими дослідженнями, проявляється прямий кореляційний зв'язок високої тісноти між вмістом валових форм важких металів та загальним приростом пагонів рослин у живоплотах (табл. 3).

3. Результати кореляційно-регресійного аналізу між загальним приростом пагонів живоплотів на дерново-буроземному ґрунті та вмістом валових форм важких металів

Ознаки		Коефіцієнт кореляції (r)	Рівняння регресії
у	Х		
Шар ґрунту 0–20 см			
Загальний приріст пагонів живоплотів	Pb	0,99	y=30,4-0,224Pb
	Cu	0,05	y=13,57-0,008Cu
	Ni	0,89	y=20,115-0,078Ni
	Cr	0,1	y=9,4-0,02Cr
	Zn	0,61	y=64,43-0,32Zn
	Mn	0,08	y=393,7+6,23Mn
Шар ґрунту 20–40 см			
Загальний приріст пагонів живоплотів	Pb	0,3	y= 10,2-0,038Pb
	Cu	0,7	y=26,76-0,146 Cu
	Ni	0,8	y=35,46-0,077 Ni
	Cr	0,03	y=11,234+0,005 Cr
	Zn	0,9	y=60,97-0,304 Zn
	Mn	0,3	y=307,797+1,666 Mn
Шар ґрунту 40–60 см			
Загальний приріст пагонів живоплотів	Pb	0,79	y=25,714-0,207 Pb
	Cu	0,97	y=44,81-0,343 Cu
	Ni	0,735	y=44,168-0,28 Ni
	Cr	0,92	y=80,236-0,486 Cr
	Zn	0,89	y=60,97-0,304 Zn
	Mn	0,42	y=649,7-3,146 Mn

Зауважимо, що окремі з важких металів (Cu, Zn і Mn) належать до важких мікроелементів. Спільною закономірністю для трьох шарів ґрунту є невисокі коефіцієнти кореляції між загальним приростом і вмістом Mn (r становить 0,08–0,42), а також тісні кореляційні зв'язки високої тісноти між

загальним приростом і вмістом Ni і Zn ($r = 0,735 - 0,89$ та $0,61 - 0,9$ відповідно і є статистично значущими).

Кореляційного зв'язку між загальним приростом і вмістом Cr у шарі 0 – 20 см і 20 – 40 см майже немає (r становить 0,1 і 0,03 відповідно). Висока тіснота кореляційних зв'язків між загальним приростом і вмістом Cu характерна для шарів ґрунту 20 – 40 і 40 – 60 см (значення коефіцієнта кореляції 0,7 і 0,97 і є статистично значущими). Зважаючи на отримані результати, досліджувані мікроелементи за їхнім впливом на загальний приріст видових живоплотів на дерново-буроземному ґрунті доцільно розмістити в ряд: Zn > Cu > Mn.

Висновки

Отже, в ґрунтах міста Чернівці відмічено вищий вміст валових форм досліджуваних важких металів, за винятком Mn, порівняно з дерново-буроземним ґрунтом, за аналогічного характеру їх профільного розподілу. Проявляється висока неоднорідність вмісту валових форм важких металів та параметрів показників ґрунтових властивостей, незалежно від генетичної породи ґрунту. На дерново-буроземному ґрунті встановлено наявність прямих кореляційних зв'язків високої тісноти між загальним приростом живоплотів та вмістом валових форм важких металів, за винятком Mn, у шарі ґрунту 40-60 см. У шарі 0–20 см такі зв'язки притаманні Pb, Ni, Zn, а в шарі 20–40 см – Cu, Ni та Zn. За допомогою кореляційного аналізу підтверджується необхідність внесення мікроелементів з добривами, особливо Zn, на дерново-буроземному ґрунті при вирощуванні живоплотів.

Список літератури

1. Агрохімічна служба Буковини. Шляхи розвитку і стан родючості ґрунтів. – Чернівці : Центр «Облдержродючість», 2004. – 75 с.
2. Дмитрук Ю. М. Еколого-геохімічний аналіз ґрунтового покриву агроєкосистем : монографія / Ю. М. Дмитрук ; Чернів. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича. – Чернівці : Рута, 2006. – 327 с.
3. Довгалюк А. Забруднення довкілля токсичними металами та його індикація за допомогою рослинних тестових систем / А. Довгалюк // Біологічні студії. – 2013. – Т. 7, № 1. – С. 197–204.
4. Обухов А. И. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях / А. И. Обухов. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 184 с.
5. Семенов А. Д. Забруднення важкими металами ґрунту і рослин у смугах відчуження залізничних колій / А. Д. Семенов, В. П. Сахно, В. М. Мартиненко // Агроєкологічний журнал. – 2008. – № 3. – С. 50–53.
6. Сівак В. Основні джерела забруднення на територіях Чернівецької області / В. Сівак // Ландшафти та геоекологічні проблеми Прут-Дністровського межиріччя : матеріали міжнародної наукової конференції 15–18 грудня 2005р. – Чернівці : Рута, 2005. – С. 75–77.

7. Степанок В. В. Влияние высоких доз свинца на элементный состав растений / В. В. Степанов // Агрехимия. – 1998. – № 7. – 106 с.

8. Стеценко Д. О. Важкі метали у ґрунтах радіоактивного забруднених лісових екосистем / Д. О. Стеценко, В. В. Долін ; Ін-т геохімії навколишнього середовища НАН України і МНС України // Пошукова та екологічна геохімія. – 2009. – № 1 (9). – С. 42–47.

Описано содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах различного генезиса в местах произрастания живых изгородей м. Черновцы и пгт Бергамот. На основе полученных данных рассчитан баланс состав содержания тяжелых металлов в почвенном профиле исследуемых территорий. Установлены закономерности распределения тяжелых металлов в подстилке и слоях антропогенно-трансформированных почв: темно-серого оподзоленного, чернозема выщелоченного и дерново-буроземного. Проанализировано влияние тяжелых металлов и микроэлементов на интенсивность развития живых изгородей. Прослежены зависимости содержания тяжелых металлов от степени антропогенной нагрузки на почвы. Проведен корреляционно-регрессионный анализ общего прироста исследуемых живых изгородей и содержания валовых форм тяжелых металлов в почве.

Ключевые слова: живая изгородь, почва, тяжелые металлы, корреляционно-регрессионный анализ, фактор влияния.

Described the content of gross forms of heavy metals in soils of different genesis in places of growth of hedges in Chernivtsi and Berehomet. On the basis of the received data is calculated a balance content of heavy metals in soil profiles of researched areas. Established regularities of distribution of heavy metals in the litter and layers of anthropogenically-transformed soils: dark-gray ashed, black soil alkali and sod-brown soil. Analyzed the impact of heavy metals and minerals on the intensity of development of hedges. Followed dependence of the heavy metals content of anthropogenic load on the soils. Performed correlation-regression analysis between the overall increase of researched hedges and content of gross forms of heavy metals in the soil.

Key words: hedge, soil, heavy metals, correlation-regression analysis, factor of influence.