

УДК 504.064

**ФІТОТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РИЗИКУ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ МЕТАЛІВ
ЗА ЇХ БІОКУМУЛЯЦІЄЮ В ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ****Н. О. Риженко***e-mail: alsko2011@ukr.net*Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, м. Київ, 3503035, Україна

Запропоновано підхід фітотоксикологічної оцінки ризику небезпечності металів за їх біокумуляцією в природних екосистемах (на прикладі зелених паркових зон). Отримано результати вмісту металів у ґрунті та рослинах (трав'янистих ранньоквітучих та деревних 1,2,3, ярусів біогеоценозу). Розраховано коефіцієнт біокумуляції в умовах Голосіївсько-Феофанівської та Конча-Заспівської зелених зон. За інтенсивністю біокумуляції на всій досліджуваній території отримано такий ряд металів: $Zn > Cd > Pb > Cu > Ni > Co$. За коефіцієнтом варіації виявлено закономірність існування широкого діапазону інтенсивності біокумуляції для нікелю, свинцю, кадмію, кобальту, та вузького – для міді та цинку. Використання інформації стосовно інтенсивності біокумуляції може мати практичне застосування під час прогнозування та оцінки ризику небезпечності металів в оліго- та мезогеморобних екосистемах.

Ключові слова: метали, фітотоксична оцінка, біокумуляція, зелені паркові зони.

Постановка проблеми

Інтенсивність біокумуляції металів (Cd, Pb, Cu, Co, Zn, Ni) є одним з найнеобхідніших фітотоксикологічних індикаторів стану природних екосистем [4–6, 9, 11–13]. У великих містах до важливих осередків природних екосистем (які відносяться до олігогеморобних та мезогеморобних екосистем) належать зелені паркові зони, репрезентативними представниками яких є Голосіївсько-Феофанівська (ГФЗЗ) та Конча-Заспівська (КЗЗ) зелені зони м. Києва [9]. Виявлення поведінки, рівня забруднення, інтенсивності біокумуляції металів у системі «ґрунт-рослина» є основними етапами оцінки ризику небезпечності металів для фітокомпоненту природних екосистем [5, 6]. Встановлення залежності «доза – ефект», що дає чітке уявлення про токсичність поллютанта щодо рослин, у природній екосистемі є ускладненим через біорізноманіття фітоценозів, різних термін вегетації видів, едафічні умови зростання [8]. Однак виявлення ступеня токсичності у природних екосистемах металів є очевидно необхідним, тому що дає можливість прогнозувати негативні наслідки у разі забруднення цими поллютантами, а також встановити закономірності їх впливу (поведінки) на фітокомпонент, який, без сумніву, серед живих організмів є головним акумулятором металів [1, 4–6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За думкою багатьох учених, види та родини рослин різняться хімізмом та інтенсивністю

поглинання елементів, і тільки через брак досліджень у цьому напрямі доводиться обмежуватися під час оцінки стану фітокомпоненту їх морфологічними ознаками. Внутрішньовидова амплітуда за хімічним складом, зазвичай, стосується кількісних відносин за порівняння постійності специфіки компонентів, їх формул, іншими словами, якісного складу. Водночас міжвидова амплітуда хімічного складу та інтенсивності поглинання елементів за кількісними значеннями може бути доволі значною [13]. Питанню особливостей поглинання металів, з фітофізіологічної точки зору, приділяється у науковій літературі багато уваги. Водночас бракує виявлення фітотоксикологічних особливостей біокумуляції металів. Фітотоксикологічна характеристика біокумуляції металів дозволить оцінити ризик небезпечності цих елементів в умовах природних екосистем. *Мета* роботи – фітотоксикологічна оцінка ризику небезпечності металів (Cd, Cu, Co, Pb, Ni, Zn) за показником біокумуляції в умовах ГФЗЗ та КЗЗ у м. Києві.

Мета, завдання та методика досліджень

Обидві досліджувані паркові зони розміщуються на стику Правобережного Полісся та Лісостепу України у межах теплої середньозволоженої агрокліматичної зони. Зокрема, ГФЗЗ є характерною лісопарковою зоною детального проектування, створеною методом ландшафтного лісництва. Рельєф ГФЗЗ і КЗЗ характеризується наявністю ярів з крутими схилами з напрямком у бік міста до долини

Дніпра. Більшу частину території ГФЗЗ (62 %) становлять дубові насадження з середнім віком 86 років. За ними – насадження граба (22 %). Голосіївський ліс – це своєрідна грабова діброва. Її перший ярус складається, переважно, з дуба червоного, що на родючих ґрунтах доповнюється ясенем звичайним. Другий ярус утворюють тіньові породи: липа, граб, клен, в'яз, лісова груша, яблуня тощо. Підлісок складають ліщина, місцями – шипшина, терен, верболіз, дрік красильний та інші чагарники й напівчагарники. На більшій частині території КЗЗ ростуть соснові та сосново-дубові ліси з середнім віком 70 років. У ГФЗЗ і КЗЗ переважає ландшафт закритих просторів, у Голосіїві і Феофанії – це насадження дуба і граба, частка лісистості становить 40 % території. Насадження соснових та дубово-соснових лісів у Конча-Заспі становлять 25 % території. Як ГФЗЗ, так і КЗЗ призначено для масового відпочинку [2, 5, 6]. Вибір пробних площ обґрунтовано орографічно. Пробна площа становить 0,25 га (50 м × 50 м).

Територія ГФЗЗ та КЗЗ – це частина ландшафту підвищених горбисто-увалистих рівнин на палеоген-неогеновій основі, складених лесоподібними суглинками, що підстелені пісками та валунними суглинками із ясно-сірими та сірими лісовими ґрунтами, у межах досліджуваної його частини – під грабово-дубовими лісами. Завдяки характерним для них опуклим формам рельєфу та суглинковим ґрунтам такі поверхні, потенційно, відносяться до зон інтенсивного виносу речовини (й техногенних забруднювачів). Вибір зразків ґрунту та рослин здійснювали на основі використання методу профілювання, що дає змогу виявити й охарактеризувати особливості ґрунту, обумовлені різницями у рельєфі, характер рослинного покриву, умови зволоження, ґрунтоутворювальні породи та закономірності розподілу ґрунтів щодо їх формування за культурно-технічним станом (оцінка природних умов, зміна компонентів екосистеми внаслідок господарчої діяльності людини). Напрямок профілю обирався, насамперед, з урахуванням особливості рельєфу, всіх його типових форм і елементів, що дало можливість характеризувати геохімічно споріднений ряд ґрунтів. За лініями профілю закладали ґрунтові розрізи у всіх основних геоморфологічних виділах (міжріччя, тераси тощо). Контрольні розрізи розміщували так, щоб

кожен з них характеризував ґрунт певної форми рельєфу (приводороздільні і придолинні схили, схили, дно балок). Під час відбору зразків ґрунту зважали на характер рослинності, рослинні асоціації. У розрізі відбирали зразки у чотириразовій повторності, з яких готували змішаний усереднений зразок ґрунту для кожного горизонту обсягом близько 1 кг [7]. З кожної пробної площі відбирали рослинні зразки, з яких готували змішаний усереднений зразок певної фракції фітомаси обсягом близько 100 г. Аналізували надземну фракцію фітомаси ранньоквітучих рослин; фотосинтетичну та генеративну фракцію фітомаси дерев і чагарників. Для визначення вмісту важких металів та розподілення їх форм у об'єктах навколишнього природного середовища (ґрунт, рослини) використовували метод хроматографування у тонкому шарі сорбенту (№ 50–97 від 19.06.97 р.) [10]. Для аналізу одержаних результатів користувалися кореляційним та дисперсійним статистичними методами обробки. Рівень достовірності обчислювали при $P_{0,95}$.

На всій досліджуваній території було проведено вимірювання вмісту металів у ґрунті та рослинах і розраховано коефіцієнт біокумуляції (K_b) за рівнянням [1–6]:

$$K_b = \text{Conc}_{\text{росл}} / \text{Conc}_{\text{ґрунт}},$$

де K_b – коефіцієнт біокумуляції, $\text{Conc}_{\text{росл}}$ – концентрація у рослині сух. реч. (частина фітомаси), мг/кг, $\text{Conc}_{\text{ґрунт}}$ – концентрація у ґрунті, мг/кг 1Н HCl.

Результати досліджень

Уміст Cd, Pb, Ni, Co, Zn, Cu у надземній фітомасі рослин та ґрунті досліджуваної території наведено у табл. 1. Коефіцієнти біокумуляції металів та їх середньоарифметичні значення для кожної рослини та окремого елемента, коефіцієнти варіації (V) та осциляції (Kr), стандартне відхилення (S) та дисперсію (S^2), розмах варіації (R) у системі «ґрунт – рослина» ГФЗЗ та КЗЗ наведено у табл. 2.

Оскільки коефіцієнт варіації є мірою відносного розкиду значення сукупності, за цим статистичним показником можна зробити висновок про амплітуду (ширину діапазонів) K_b кожного досліджуваного металу [11, 12]. Виявлено, що найменше значення V належить міді, а найбільше – нікелю. Відповідно до коефіцієнта варіації за критерієм біокумуляції,

низхідний ряд є таким: $Ni > Pb > Co > Cd > Cu > Zn$. Значення V та Kr , які демонструють відповідно – міру відносного розкиду значень сукупності та відносні зміни між крайніми значеннями (приблизно середні), свідчать про неоднорідність вибірок, тобто про істотну різницю в інтенсивності біокумуляції одного металу різними видами рослин. Зауважимо, що коефіцієнти варіації міді та цинку, що є життєво необхідними мікроелементами для рослин, мали найнижчі значення V за критерієм біокумуляції. Натомість нікель, свинець, кобальт та кадмій, фізіологічну роль яких для рослин всебічно не висвітлено, характеризувались високими значеннями V [4–6, 12, 13]. Це надає змогу зробити висновок про закономірність існування широкого діапазону інтенсивності біокумуляції ультрамікроелементів та вузького – інтенсивності біокумуляції мікроелементів відносно всієї сукупності рослин. Така

закономірність підтверджує принцип екологічної конгруентності (відповідності), згідно з якою живі складові екосистеми виробили відповідні пристосування, скоординовані абіотичним середовищем [11]. Значний розкид сукупностей Kb ультрамікроелементів, очевидно, зумовлено кількома чинниками: захисні бар'єри рослинного організму не дають можливості поглинати ультрамікроелементи у великих кількостях на незабруднених безпечних ґрунтах в оліго- та мезагеморобних екосистемах; крім того, амплітуда фізіологічно необхідного вмісту для кожного виду рослин є доволі істотною, що може пояснюватись специфічною роллю ультрамікроелементів для рослин. До того ж, необхідність міді та цинку є очевидною, оскільки розкид сукупностей Kb – незначний, тобто фізіологічна необхідність цих елементів є сталою.

Таблиця 1. Вміст металів у ґрунті та рослинах Голосіївсько-Феофанівської та Конча-Заспівської зелених зон м. Києва

Рослини	Cd		Cu		Zn		Pb		Co		Ni	
	ґрунт	рос-лина	ґрунт	рос-лина	ґрунт	рос-лина	ґрунт	рос-лина	ґрунт	рос-лина	ґрунт	рос-лина
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Гусяча цибуля жовта 1*	1,0±0,1	0,15±0,02	3,0±0,2	9,0±1,5	3,0±0,4	2,25±0,2	3,85±0,4	7,50±0,8	4,5±0,5	0,15±0,05	3,5±0,4	0,15±0,01
Мати-й-мачуха звичайна 1	0,5±0,1	3,20±0,4	5,52±0,4	22,4±2,6	0,8±0,1	4,80±0,4	1,94±0,2	19,20±3,2	0,8±0,1	0,32±0,08	1,1±0,1	9,60±1,0
Анемона жовтецева 1	1,0±0,1	2,30±0,2	3,0±0,1	13,8±1,0	3,0±0,3	3,45±0,3	3,85±0,2	11,50±2,3	4,5±0,5	2,30±0,3	3,5±0,4	6,90±0,9
Пшінка весняна 1	0,6±0,15	0,05±0,01	1,6±0,08	7,7±0,8	0,8±0,15	1,65±0,2	2,94±0,3	6,05±0,58	0,6±0,07	1,10±0,07	1,0±0,1	3,30±0,3
Медунка неясна 1	0,6±0,1	0,05±0,01	2,7±0,2	8,4±0,85	0,6±0,1	2,80±0,1	0,44±0,1	6,30±0,67	1,2±0,1	1,40±0,1	1,1±0,1	4,20±0,4
Зірочник ланцетолистий 1	0,5±0,15	0,05±0,01	5,52±0,5	24,0±5,0	0,8±0,15	7,50±0,8	0,64±0,1	0,05±0,01	0,8±0,1	0,05±0,01	0,9±0,1	2,40±0,3
Конвалія травнева 1	0,5±0,15	2,5±0,3	5,52±0,5	20,0±6,0	0,8±0,1	7,50±0,9	0,64±0,1	5,0±0,5	0,8±0,1	0,05±0,01	0,9±0,1	2,40±0,3
Звіробій звичайний 1	0,5±0,15	0,05±0,01	5,52±0,6	20,0±5,0	0,8±0,1	2,50±0,2	0,64±0,1	7,5±0,8	0,8±0,1	0,05±0,01	0,9±0,1	1,00±0,1
Граб звичайний 2**	1,0±0,2	0,1±0,015	3,0±0,1	3,8±0,6	3,0±0,3	3,5±0,3	3,85±0,3	3,5±0,4	4,5±0,4	0,4±0,05	3,5±0,3	0,01±0,005
Граб звичайний 2	0,1±0,16	0,8±0,02	0,9±0,1	3,8±0,9	1,4±0,1	3,2±0,2	1,94±0,2	2,0±0,3	0,6±0,1	0,1±0,03	0,7±0,1	0,01±0,005
Вербна козяча 2**	1,0±0,14	0,8±0,02	3,0±0,4	3,8±0,5	3,0±0,3	4,5±0,5	3,85±0,3	0,5±0,1	4,5±0,6	1,4±0,1	3,5±0,4	0,01±0,005

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Липа серцелиста 2	1,0± 0,15	0,8± 0,25	3,0± 0,2	5,8± 0,5	3,0± 0,25	3,8± 0,15	3,85± 0,3	0,5± 0,1	4,5± 0,6	0,1± 0,05	3,5± 0,4	0,01± 0,005
Клен гостролистий 2	1,0± 0,14	8,8± 0,4	3,0± 0,1	0,1± 0,01	3,0± 0,25	4,0± 0,2	3,85± 0,3	0,1± 0,03	4,5± 0,5	0,9± 0,05	3,5± 0,3	1,00± 0,1
Бузина чорна 1	0,6± 0,07	1,3± 0,15	1,6± 0,08	0,3± 0,05	0,8± 0,1	2,0± 0,1	2,94± 0,3	5,5± 0,7	0,6± 0,1	0,4± 0,03	1,0± 0,1	0,01± 0,005
Граб звичайний 1	0,5± 0,06	0,3± 0,08	1,6± 0,07	2,3±0,1	0,8± 0,1	3,0± 0,1	0,84± 0,05	1,0± 0,2	0,5± 0,1	0,7± 0,03	1,1± 0,1	0,01± 0,005
Клен гостролистий 1	0,7± 0,1	0,3± 0,01	1,3± 0,1	1,3± 0,1	0,8± 0,1	2,5±0 3	0,18± 0,01	1,0± 0,1	0,8± 0,1	0,7± 0,03	0,2± 0,03	0,01± 0,005
Липа серцелиста 3***	0,2± 0,04	1,8± 0,1	5,1± 0,6	1,3± 0,2	0,8± 0,15	5,0± 0,6	1,94± 0,4	2,5± 0,3	3,00± 0,4	0,9± 0,03	3,0± 0,4	0,01± 0,005
Граб звичайний 3	0,2± 0,05	1,8± 0,2	5,1± 0,5	0,3± 0,2	0,8± 0,15	1,5± 0,2	1,94± 0,5	1,5± 0,1	3,00± 0,4	0,10± 0,05	3,0± 0,2	0,01± 0,005
Дуб звичайний 3	0,2± 0,04	0,7± 0,1	0,9± 0,2	2,5± 0,3	0,8± 0,1	2,0± 0,3	1,34± 0,4	0,01± 0,005	0,6± 0,1	0,01± 0,005	1,0± 0,02	2,5± 0,2
Черемха звичайна 4****	0,2± 0,04	0,5± 0,1	1,8± 0,1	3,0± 0,3	2,8± 0,3	2,5± 0,4	1,0± 0,1	0,01± 0,005	0,01± 0,005	0,005± 0,005	1,0± 0,03	1,5± 0,1
Дуб звичайний 4	0,1± 0,05	0,7± 0,25	1,5± 0,1	2,0± 0,1	2,5± 0,3	2,4± 0,3	0,5± 0,1	0,01± 0,005	0,01± 0,005	0,005± 0,005	0,7± 0,1	3,0± 0,3

Примітка (до табл. 1, 2): 1* – Дидорівська та 2** – Горіхувальська балки Голосіївської зеленої паркової зони; 3*** – Феофанівська та 4**** – Конча-Заспівська зелені паркові зони.

Таблиця 2. Коефіцієнти біокумуляції металів у системі «грунт – рослина»

Рослини	Cd	Cu	Zn	Pb	Co	Ni	Кбсер
Гусяча цибуля жовта 1*	0,15	3,0	0,75	1,95	0,03	0,04	0,99
Мати-й-мачуха звичайна 1	6,4	4,1	6	10	0,4	8,7	5,93
Анемона жовтецева 1	2,3	4,6	1,2	3	0,51	1,97	2,26
Пшінка весняна 1	0,08	4,8	2	2,1	1,83	3,3	2,35
Медунка неясна 1	0,08	3,1	7	14,3	1,2	3,82	4,92
Зірочник ланцетолистий 1	0,1	4,4	9,4	0,1	0,06	2,7	2,79
Конвалія травнева 1	5	3,6	9,4	7,8	0,06	2,7	4,76
Звіробій звичайний 1	0,1	3,6	3,1	11,7	0,06	1,1	3,28
Граб звичайний 2**	0,1	1,3	1,2	0,9	0,1	0,003	0,60
Граб звичайний 2	8	4,2	2,3	1	0,2	0,01	2,62
Вербна козяка 2	0,8	1,3	1,5	0,13	0,31	0,003	0,67
Липа серцелиста 2	0,8	1,93	1,3	0,13	0,02	0,003	0,70
Клен гостролистий 2	8,8	0,03	1,3	0,03	0,2	0,3	1,78
Бузина чорна 1	2,2	0,2	2,5	1,9	0,7	0,01	1,25
Граб звичайний 1	0,6	1,4	3,8	1,2	1,4	0,01	1,40
Клен гостролистий 1	0,43	1	3,1	5,6	0,9	0,05	1,85
Липа серцелиста 3***	9	0,3	6,3	1,3	0,3	0,003	2,87
Граб звичайний 3	9	0,1	1,9	0,8	0,03	0,003	1,97
Дуб звичайний 3	3,5	2,8	2,5	0,01	0,02	2,5	1,89
Черемха звичайна 4****	2,5	1,7	0,9	0,01	0,5	1,5	1,19
Дуб звичайний 4	7	1,3	0,96	0,02	0,5	4,3	2,35
Кб сер.	3,19	2,32	3,26	3,05	0,44	1,57	–
S – станд.відх.	3,43	1,61	2,72	4,27	0,51	2,19	–
S ² – дисперс.	11,78	2,60	7,42	18,26	0,26	4,80	–
Розмах варіації: $x_{\max} - x_{\min}$ (R)	8,92	4,77	8,65	14,29	1,81	8,7	–
Коефіцієнт варіації V, %	105	67,74	81,61	136,9	111,1	140,9	–
Коефіцієнт осциляції (K _г , %)	279	205,43	265,5	469	407	579,6	–

Примітка (до табл. 1, 2): 1* – Дидорівська та 2** – Горіхувальська балки Голосіївської зеленої паркової зони; 3*** – Феофанівська та 4**** – Конча-Заспівська зелені паркові зони.

Найвищим *Kr* відзначався нікель, що свідчить про достовірно широкий діапазон значень *Kb* вказаного металу для різних рослин. Адже фізіологічна роль нікелю для рослинного організму відома мало, тому різна амплітуда інтенсивності поглинання цього металу певними рослинами є значною. Численними дослідженнями продемонстровано, що діапазон нормальних концентрацій буде менш широким для елементів, що легко проникають в метаболічно важливі центри рослин [1–4, 13].

У межах одного і того самого виду рослин *Kb* різняться в рази залежно від умов зростання. Так, *Kb* кадмію для дуба звичайного у кілька разів є вищим у КЗЗ, ніж у ГФЗЗ, що може бути зумовлено різним рівнем надходження цього металу у ґрунт, а також відмінністю едафічних та інших умов зростання, віком рослин тощо (табл. 1, 2). Адже відомо, що деревина багаторічних деревних видів є місцем депонування елементів живлення та політантів, які надходять до організму рослини. Властивість гіперакумуляції металів є відносно рідкісним феноменом у царині рослин, механізми толерантності та гіперакумуляції рослин відносно металів наразі активно дискутуються у науковій літературі [3, 4, 13].

Висновки та перспективи подальших досліджень

Запропоновано підхід фітотоксикологічної оцінки ризику небезпечності металів у природних екосистемах за інтенсивністю біокумуляції. За середньоарифметичними значення *Kb* металів у рослинах на всій досліджуваній території отримано такий ряд інтенсивності біокумуляції: $Zn > Cd > Pb > Cu > Ni > Co$.

За допомогою коефіцієнта варіації виявлено закономірність існування широкого діапазону коефіцієнтів біокумуляції для *Ni*, *Co*, *Pb*, *Cd* та вузького – для *Cu*, *Zn*. Використання інформації стосовно інтенсивності біокумуляції може мати практичне застосування під час прогнозування та оцінки ризику небезпечності металів в оліго- та мезогеморобних екосистемах.

Подальші дослідження слід зосередити на класифікації металів з метою встановлення ступеню їх небезпечності, а також на ранжуванні рослин за фітотоксикологічними класами за критерієм біокумуляції в екосистемах.

Література

1. Heavy metals in soils. Trace elements and Metalloids in Soils and their Bioavailability / ed. Alloway Brian J. – Springer, 2010. – 235 p.
2. Cempel M. Nickel: A Review of Its Sources and Environmental Toxicology / M. Cempel // Polish J. of Environ. Stud. – 2006. – Vol. 15, No. 3. – P. 375–382.
3. Quantitative and risk analysis of heavy metals in selected leafy vegetables [Електронний ресурс] / P. Mamatha, S. Salamma, A.V.N. Swamy and B. Ravi Prasad Rao // Der Pharma Chemica. – 2014. – No. 6 (3). – P. 179–185 – Режим доступу: [http://derpharmachemica.com/archive.html]
4. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в агроландшафте / Ю. В. Алексеев. – СПб., 2008. – 216 с.
5. Бондар О. І. Екологічний стан м. Києва / О. І. Бондар, В. А. Трокоз, Н. О. Риженко. – К., 2008. – 95 с.
6. Бондар О. І. Екологічний моніторинг м. Києва / О. І. Бондар, Н. О. Риженко // Агрокол. журнал. – 2010. – № 2. – С. 41–46.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. Куценко С. А. Основы токсикологии : науч.-метод. издание / С. А. Куценко. – СПб., 2004. – 720 с.
9. Кучерявий В. П. Екологія / В. П. Кучерявий – Луцьк, 2001. – 500 с.
10. Методичні вказівки по визначенню Hg, Zn, Co, Cd, Cu, Ni в ґрунті, рослинах, у воді методом тонкошарової хроматографії / В. М. Кавецький, Н. А. Макаренко, А. М. Лішук [та ін.] // Методические указания по определению микроколичеств пестицидов в пищевых продуктах в кормах и внешней бреде. – К.: Минэкологии Украины, 2001. – Вып. 29. – С. 18–24.
11. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н. Ф. Реймерс. – М., 1994. – 367 с.
12. Риженко Н. О. Екологічний моніторинг рекреаційних ландшафтів Голосіївсько-Феофанівської та Конча-Заспівської зелених зон м. Києва / Н. О. Риженко // Екологічні науки. – 2015. – № 10 (3). – С. 202–225.
13. Щербаченко О. І. Важкі метали як токсичний фактор забруднення природного середовища: стійкість і адаптація рослин до їх впливу / О. І. Щербаченко // Наукові записки держ. природознавчого музею. – 2014. – Вип. 30. – С. 157–182.

PHYTOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF METALS HAZARD BY PLANT UP-TAKING**N. Ryzhenko***e-mail: alsko2011@ukr.net*State Ecological Academy of Post-Graduate
Education and ManagementMetropolitan Vasyl Lipkovsky Str., 35, Kyiv,
3503035, Ukraine

Phytotoxicological assessment of the metals hazard by means of plant up-taking in natural ecosystems is proposed. The results of the metals concentration in soil and plants in Green Park zones of Kyiv are highlighted. The bioaccumulation index is calculated in ecosystem throughout the studied area. According to the bioaccumulation index, the rank of metals has been obtained: Zn > Cd > Pb > Cu > Ni > Co. Due to the Variation Coefficient, the wide range of plant up-taking intensity was obtained for nickel, lead, cobalt, cadmium, and a narrow range - for zinc and copper. The results of investigation could be applied for hazard prediction of metals pollution and for assessment of the metals risk influence on natural ecosystems in Green Park zones.

Keywords: metals, phytotoxicological assessment, biocumulation, green park areas.

ФИТОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА ОПАСНОСТИ МЕТАЛЛОВ ПО ИХ БИОКУМУЛЯЦИИ В ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ**Н. А. Рыженко***e-mail: alsko2011@ukr.net*Государственная экологическая академия
последипломного образования и управления
ул. Митрополита Василия Липковского, 35,
г. Киев, 3503035, Украина

Предложен подход фитотоксикологической оценки риска опасности металлов по их биоккумуляции в природных экосистемах (на примере зеленых парковых зон). Получены результаты содержания металлов в почве и растениях (травянистых раннецветущих, а также древесных 1,2,3 ярусов биогеоценоза). Рассчитан коэффициент биоккумуляции в условиях Голосеевско-Феофановской и Конча-Засповской зеленых зон. По интенсивности биоккумуляции получен такой ряд металлов: Zn > Cd > Pb > Cu > Ni > Co. Благодаря коэффициенту вариации выявлена закономерность существования широкого диапазона интенсивности биоккумуляции для никеля, свинца, кобальта и кадмия, и узкого – для цинка и меди. Использование информации относительно биоккумуляции может иметь практическое применение во время прогнозирования и оценки риска опасности металлов в олиго-и мезогеморонных экосистемах.

Ключевые слова: металлы, фитотоксикологическая оценка, биоккумуляция, зеленые парковые зоны.