

ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОГЛИНАННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ДЕРЕВНИМИ РОСЛИНАМИ ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ МІСТА КРЕМЕНЧУКА

І. І. САРАНЕНКО

*Херсонський державний університет, кафедра екології та географії,
вул. 40 років Жовтня, м. Херсон, 73000
e-mail: i.i.saranenko@ukr.net*

*Визначена концентрація важких металів (ВМ) у опаді та підстилці; розраховані кількісні показники міграції Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd у системі «грунт – рослина» домінуючих видів деревних порід Північної частини міста Кременчука. З'ясовано, що у досліджуваних культурбіогеоценозах біологічний кругообіг речовин інтенсивний. Кругообіг заліза, марганцю, міді загальмований. Аероперенесення викидів підприємств (у тому числі важких металів) на штучні насадження зумовлює максимальне накопичення елементів у листках гіркокаштану звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.) та клену гостролистого (*Acer platanoides* L.). Коефіцієнт кореляції $r = 0,7$. Інтенсивність плодоношення деревних рослин у порівнянні з фоновими значеннями знижена. У клена гостролистого довжина і ширина насіння у середньому на $30,0 \pm 0,6\%$, гіркокаштану звичайного – $19,8 \pm 0,2\%$, робінії псевдоакації – $3,8 \pm 0,1\%$. Рослини Північної частини міста сильно і середньо забруднені. Сумарний показник концентрації (СПК) деревних рослин наступний: 9,8 – сильне забруднення; 5,5 та 4,9 – середнє забруднення. Клен гостролистий найбільш потерпає від впливу чинників середовища. Стійкішим виявилось насіння робінії псевдоакації. Відхилення від контролю параметрів генеративних органів гіркокаштану звичайного мають медійні значення.*

Ключові слова: важкі метали, опад, підстилка, кількісні показники міграції, сумарний показник концентрації.

Вступ. Важкі метали, що входять до складу промислових викидів накопичуються у репродуктивних органах, насінні рослин, знижуючи стійкість до забруднення штучних насаджень (Бессонова, 2001; Бессонова, 1997; Кучерявий, 2001) та активізуючи мутагенні процеси у видових популяціях (Горова и др., 2003). Закон біологічного кругообігу елементів вважається одним з основних законів геохімії ландшафтів: міграція більшості хімічних елементів у ландшафті - кругообіг, у ході якого елемент багаторазово входить до складу живих організмів «організується» та виходить з них «мінералізується». Ландшафт не повертається у попередній стан, а набуває нові властивості; його поступовий розвиток відбувається через систему подібних кругообігів. Установлення закону пов'язано з іменами В. Р. Вільямса і Б. Б. Полинова (Сараненко, 2011). Сьогодні доцільно вивчати показники міграції ВМ у окремих типах ґрунтів та видах рослин різних кліматичних умов (Qing et al., 2015; Shutcha et al., 2015; Shallari et al., 1998).

Матеріали та методи. З 2001 року проводяться дослідження вмісту Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd у системі «грунт-рослина» лісових культур біогеоценозів м. Кременчука (Сараненко, 2011). Об'єкти дослідження – домінуючі види

деревних порід: робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia* L.); гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.); клен гостролистий (*Acer platanoides* L.). Польові та лабораторні роботи виконувались за загально прийнятими методиками. Уміст важких металів (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) визначався атомно-абсорбційним спектральним аналізом. Коефіцієнт біологічного поглинання (КБП(Мe)), що відображає ступінь використання даного елемента окремими видами рослин у різних умовах та історичну пристосованість видів до місця існування (Гнатів, 2007; Коршиков та Гнатів, 2003; Коршиков та Гнатів, 2004), обчислювався:

$$\text{КБП}i(\text{Me}) = C_p / C_r, \quad (1)$$

де C_p – вміст елемента в золі рослин;

C_r – вміст елемента в ґрунті.

Багатьма дослідниками (Бессонова, 2001; Бессонова, 1997; Родин и Базилевич, 1965; Смирнова и Ревич, 1989; Смольянинов и Рябуха, 1971; Травлеєв, 1968; Цветкова, 2000) доведено, що кожний вид деревних рослин споживає визначений спектр мікроелементів у різних концентраціях. Відносне значення КБП(в) показує який мікроелемент, у тому числі важкий метал, поглинає рослина інтенсивніше:

$$КБП_{(е)}, \% = \frac{КБП_i(М_е) \times 100}{\sum_{i=n}^n КБП(М_е)}, \quad (2)$$

де $\sum_{i=0}^n КБП(М_е)$ – сумарний КБП мікроелементів (м/е); 100 – КБП, %; n – кількість м/е; i – окремий м/е.

Опадо-підстилковий коефіцієнт (ОПК) використовують для оцінки швидкості вивільнення речовин та окремих хімічних елементів з відмерлих рослинних залишків і розраховують як співвідношення кількості підстилки до кількості опаду зеленої маси (Родин и Базилевич, 1965; Смирнова и Ревич, 1989; Смольянинов и Рябуха, 1971; Цветкова, 2000). Розрахунки кореляційної залежності ВМ від обсягу техногенних емісій проводились за допомогою пакету прикладних програм: Statgraphics for Windows ver 8.1., де y – вміст металу Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, мг/кг; x_1 – обсяги викидів, т/рік. Для оцінки забруднення деревних порід використовували шкалу забруднення рослин Смирнкової, Ревич: I клас забруднення рослин – СПК < 2 – мінімальне забруднення; II клас – СПК 2-4 – слабе забруднення; III клас – СПК 4-8 – середнє забруднення; IV клас – СПК 8-16 – сильне забруднення; V клас – СПК 16-32 – дуже сильне забруднення; VI клас – СПК > 32 – максимальне забруднення. Як абсолютний фоновий еталон використовували зразки дерев парку ім. І. Ф. Котлова.

Результати та їх обговорення. Обчислення відносного коефіцієнту біологічного поглинання показали, що гірकोкаштан звичайний, клен гостролистий, робінія псевдоакація інтенсивно засвоюють залізо (46-55%), свинець і марганець (рис. 1). *Aesculus hippocastanum* L. найбільше поглинає свинець (13%); *Robinia pseudoacacia* L. та *Acer platanoides* L. – марганець (17%).

На основі співвідношення запасів підстилки і опаду (ОПК) встановлено, що у культур біогеоценозах Північної частини біологічний кругообіг речовин інтенсивний (індекс 0,5-1,3, бал VII-VIII) (табл. 1), запаси опаду та підстилки незначні – 14,7ц/га та 15,7 ц/га. На фоні загального інтенсивного кругообігу речовин спостерігається загальмований кругообіг заліза (індекс 2,87-3,86; бал – VI), міді (індекс 2,0; бал – VI); марганцю (індекс 2,2; бал – VI), цинку (індекс 2,4; бал – VI), нікелю (індекс 2,0; бал – VI), свинцю (індекс 2,5; бал – VI) і кадмію (індекс 1,67; бал – VI) (табл. 2). За ємністю кругообігу досліджувані важкі метали утворюють низхідний ряд: Fe > Mn > Ni > Zn > Pb > Cu > Cd. Найбільший об'єм циклу у заліза (0,89-1,02 кг/га), найменший – у кадмію (0,0016 кг/га). При проведенні аналізу залежності нагромадження ВМ у ґрунті від обсягу викидів техногенних емісій, встановлений кореляційний зв'язок: Ni - $r = 0,7$; $R = 50,0\%$; $y = 0,5 + 0,03 \cdot x_1$; Mn - $r = 0,7$; $R = 48,4\%$; $y = 68,3 + 0,2 \cdot x_1$; Fe - $r = 0,7$; $R = 50,9\%$; $y = 206,2 + 0,8 \cdot x_1$; Cd - $r = 0,7$; $R = 47,6\%$; $y = 1,4 + 0,3 \cdot 10^{-5} \cdot x_1$.

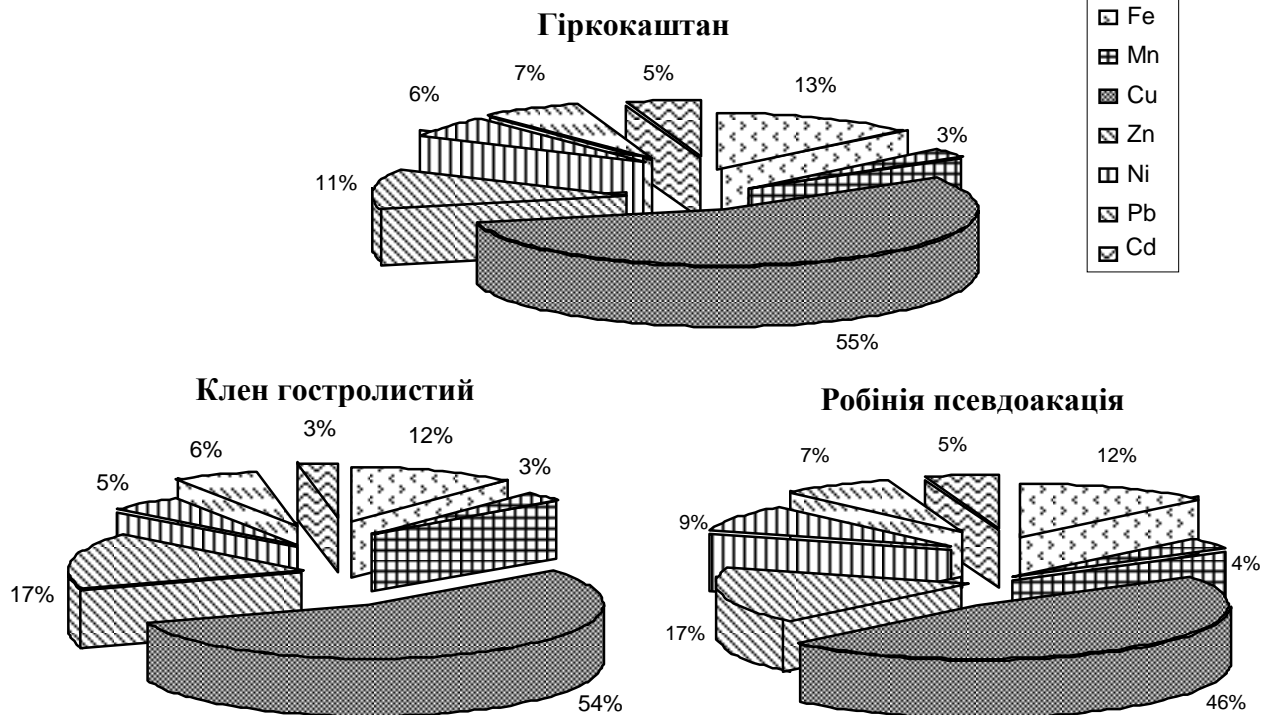


Рис. 1 Відносний коефіцієнт біологічного поглинання важких металів листям деревних порід

Fig. 1 The relative coefficient of biological absorption of heavy metals by the leaves of tree species

Таблиця 1
Тип біологічного кругообігу

Table 1
The type of biological circulation

Назва культурбіогеоценозу (Кучерявий В.П.)	Об'єкт антропогенного впливу	Опад, ц/га		Підстилка, ц/га		Індекс	Бал	Тип біологічного кругообігу
		X _{ср}	δ	X _{ср}	δ			
Штучний стрипоценоз вуличної посадки	Укратнафта	14,70	4,32	15,70	0,50	1,1	VII	Інтенсивний
Парковий природний сільвоценоз	Парк Воїнів-Інтернаціоналістів	20,20	4,87	22,63	0,45	1,1	VII	Інтенсивний
Парковий природний сільвоценоз	Парк ім. І. Ф. Котлова	26,55	5,52	27,85	0,94	1,1	VII	Інтенсивний

Таблиця 2
Показники біологічного кругообігу ВМ

Table 2
Indicators of biological cycling of HM

Метал	Парк Воїнів-Інтернаціоналістів, парковий природний стрипоценоз на культуроземі						Укратнафта, штучний стрипоценоз вуличної посадки на індустроземі					
	Запаси елементу в ґрунті кг/га	Запаси елементу в опаді, кг/га	Запаси елементу в підстилці, кг/га	Ємність коло обігу (E), кг/га	Об'єм циклу коло обігу (V), кг/га	Індекс інтенсивності коло обігу (I)	Запаси елементу в ґрунті кг/га	Запаси елементу в опаді, кг/га	Запаси елементу в підстилці, кг/га	Ємність коло обігу (E), кг/га	Об'єм циклу коло обігу (V), кг/га	Індекс інтенсивності коло обігу (I)
Fe	10116,3	0,210	0,810	10117,3	1,020	3,9	8931,4	0,230	0,660	8932,3	0,890	2,9
Mn	1004,8	0,110	0,170	1005,1	0,280	1,5	1046,9	0,050	0,110	1047,1	0,160	2,2
Cu	25,9	0,010	0,020	25,9	0,030	2,0	31,5	0,010	0,020	31,6	0,030	2,0
Zn	163,5	0,050	0,120	163,7	0,170	2,4	195,1	0,110	0,070	195,3	0,180	0,6
Ni	206,1	0,010	0,020	206,2	0,030	2,0	295,8	0,150	0,010	296,0	0,160	0,1
Pb	42,6	0,004	0,010	42,6	0,014	2,5	71,8	0,004	0,006	71,8	0,010	1,5
Cd	10,4	0,001	0,001	10,4	0,002	1,7	15,3	0,001	0,001	15,3	0,002	1,0

Таблиця 3
Деякі показники плодоношення

Table 3
Some indicators of fruiting

Вид	Контроль (парк ім. І.Ф.Котлова)		Укратнафта		% від контролю		СПК
	Довжина насіннини, мм	Ширина насіннини, мм	Довжина насіннини, мм	Ширина насіннини, мм	Довжина	Ширина	
Клен гостролистий	6,5±0,012	4,98±0,016	4,54±0,017	3,42±0,015	69,85	68,71	9,8
Гіркокаштан звичайний	32,74±0,046	24,6±0,046	26,17±0,057	19,79±0,075	79,95	80,48	5,5
Робінія псевдоакація	5,04±0,027	3,82±0,014	4,90±0,022	3,62±0,013	97,31	95,02	4,9

Інтенсивність плодоношення деревних рослин у порівнянні з фоновими значеннями знижена. У клена гостролистого довжина і ширина насіння менше на 30,0±0,6%, гіркокаштану звичайного – 19,8 ± 0,2 %, робінії псевдоакації – 3,8 ± 0,1 % (табл. 3). Сумарний показник концентрації

(СПК) у досліджуваних деревних порід відповідно наступний: 9,8 – сильне забруднення; 5,5 та 4,9 середнє забруднення.

Висновки. Виявлені екологічні особливості поглинання ВМ основними деревними породами Північної частини м. Кременчука:

- гірकोкаштан звичайний поглинає широкий спектр важких металів: Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, характеризується високим КБП і меншою вимогливістю до середовища зростання; робінія псевдоакація має низький коефіцієнт поглинання та належить до групи порід, які повільно засвоюють елементи ґрунту;

- в умовно чистому фоновому культурбіогеоценозі видові відмінності виявились у більш інтенсивному накопиченні (КБП = 1,03 – 1,13) Fe, Pb - гірकोкаштаном, Cu, Zn – робінією, Mn, Ni – кленом;

- у рекреаційних насадженнях Mn, Ni в найбільшій мірі акумулюються гірकोкаштаном та робінією; Cu, Fe – гірकोкаштаном;

- в умовах аерогенного впливу промислових підприємств рослини накопичують Mn, Ni, Fe.

Встановлено, що у культурбіогеоценозах Північної частини біологічний кругообіг речовин інтенсивний. Біологічний кругообіг заліза, марганцю, міді загальмований.

Аероперенесення викидів підприємств (у тому числі важких металів) на штучні насадження зумовлює максимальне накопичення елементів у листі гірकोкаштану звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.) та клену гостролистого (*Acer platanoides* L.). Коефіцієнт кореляції $r = 0,7$.

Рослини Північної частини міста сильно і середньо забруднені. Клен гостролистий найбільш потерпає від впливу чинників середовища. Довжина та ширина насіння робінії псевдоакації мають незначне відхилення від контрольних замірів, проведених у парку імені І. Ф. Котлова (фон).

Список літератури:

1. Бессонова В.П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля [Текст]: навч. посіб. з великого практикуму / В. П. Бессонова. - Запоріжжя : Запорізький держ. ун-т, 2001. Ч. 1. - 2001. - 196 с. 2.
2. Бессонова В.П. Вопросы биоиндикации и охраны природы [Текст]: межвуз. сб. науч. тр. / отв.ред. В. П. Бессонова [и др.]. - Запорожье: Запорожский гос. ун-т, 1997. - 231 с.
3. Горová А.И. Цитогенетическое тестирование качества среды / А.И. Горová, Т.В. Скворцова, И.И. Климина, А.В. Павличенко // Антропогенно-змінене середовище України: ризики для здоров'я населення та екологічних систем. - Київ: Чорнобильінтер, 2003. - С. 502–517.
4. Гнатів П.С. Гірकोкаштан звичайний у львові й питання його екологічної стійкості в міських насадженнях / П.С. Гнатів // Наукові записки державного природознавчого музею. - Львів, 2007. - Вип. 23. - С. 75-84.
5. Коршиков І. І. Урботехногенне середовище як інтегральний чинник пристосування рослин / І. І. Коршиков, П. С. Гнатів // Пром. ботаника. - 2003. - Вип. 3. - С. 78-82.

6. Коршиков І. І. Концептуальні питання адаптації деревних рослин до умов природного й антропогенно зміненого середовища / І. І. Коршиков, П. С. Гнатів // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межведомственный сборник научных трудов. - Донецк: ДонНУ, 2004. - Вип. 4. - С. 22-40.
7. Кучерявий В.П. Урбоекологія: [підручник] / В.П. Кучерявий. - Львів: Світ, 2001. - 440 с.
8. Родин Л. Е. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности / Л. Е. Родин, Н. И. Базилевич. - М.: Наука, 1965. - 247 с.
9. Сараненко І.І. Екологічні дослідження лісових культурбіогеоценозів м. Кременчука: [монографія] / І.І. Сараненко. - Кременчук: ПП Щербатих О.В. - 2011 - 154 с.
10. Смирнова С.С. Система геохимических показателей для оценки состояния окружающей среды при разработке территориальных комплексных схем охраны природы городов // С.С. Смирнова, Б.А. Ревич // Биогеохимические методы при изучении окружающей среды. - М.: ИМГРЭ, 1989. - С. 117-123.
11. Смольянинов И. И. К оценке интенсивности биологического круговорота N, P, K, Ca и Mg в равнинных лесах УССР / И. И. Смольянинов, Е. В. Рябуха / Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. - Л.: Наука, 1971. - С. 249-255.
12. Травлев А. П. Некоторые черты разложения органического опада древесных пород и взаимодействие продуктов их разложения с почвой / А. П. Травлев // Вопросы степного лесоведения. - Днепропетровск : ДГУ, 1968. - С. 15-29.
13. Цветкова Н.Н. Показатели миграции микроэлементов в лесных биогеоценозах степной зоны / Н.Н. Цветкова // Питання степового лісознавства та лісової рекультиватії земель. - Д.: РВВ ДДУ, 2000. - Вип.4. - С. 18-24.
14. Qing X. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China / X. Qing, Z. Yutong, L. Shenggao // Ecotoxicology and Environmental Safety. - 2015. - Vol. 120, Pag. 377-385.
15. Shutcha M.N. Three years of phytostabilisation experiment of bare acidic soil extremely contaminated by copper smelting using plant biodiversity of metal-rich soils in tropical Africa (Katanga, DR Congo) / M.N. Shutcha, M.-P. Faucon, C.K. Kissi, G. Colinet, G. Mahy, M.N. Luhembwe, M. Visser, P. Meerts // Ecological Engineering. - 2015. - Vol. 82, Pag. 81-90.
16. Shallari S. Heavy metals in soils and plants of serpentine and industrial sites of Albania / S. Shallari, C. Schwartz, A. Hasko, J.L. More // MoreScience of The Total Environment. - 19 January 1998. - Vol. 209, Issues 2–3. - Pag. 133-142.

References:

1. Bessonova V. P. Phytointication methods to assess the ecological state of the environment [Text]: text book of laboratory specialization / V. P. Bessonova. - Zaporizhyya. Zaporizhyya state university, 2001. P. 1. - 2001. - 196 p. 2.

2. Bessonova V.P. Questions and Environment bioindication [Text]: Interuniversity collection of scientific papers / V. P. Bessonova [at al.]. - Zaporizhyya. Zaporizhyya state university, 1997. – 231 p.
3. Gorovaya A. I. Cytogenetic testing environmental quality / A. I. Gorovaya, T. V. Skvortsova, I. I. Klimenko A. V. Pavlichenco // Anthropogenically-altered environment Ukraine: risks for human health and ecological systems. – Kyev: Chernobyl inter, 2003. – P. 502-517.
4. Hnativ P. S. Horse Chestnut usual in Lviv and its environmental sustainability issues in urban plantings / P. S. Hnativ // Scientific notes the State Natural History Museum. – Lviv, 2007. – N. 23. – P. 75-84.
5. Korshikov I. I. Urboindustrial environment as an integral factor in adaptation of plants / I. I. Korshikov, P. S. Hnativ // Indast. Bot. – 2003. – N. 3. – C.78-82.
6. Korshikov I. I. Conceptual issues woody plants adapt to the conditions of natural and anthropogenic changed environment / I. I. Korshikov, P. S. Hnativ // Problems of Ecology and Nature Protection technogenic region: Interdepartmental collection of scientific papers. – Donetsk. 2004. – N. 4. – P. 22-40.
7. Kucheravii V. P. Urboekologiya: [Text book] / V. P. Kucheravii. – Lviv: World, 2001. – 440 p.
8. Rodin L. E. Dynamics of organic matter and biological cycle in the main types of vegetation / L. E. Rodin, N. I. Bazilevich. – M.: Science, 1965. – 247 p.
9. Saranenko I. I. Environmental studies of forest crops biogeocenosis c. Kremenchug: [monograph] / I. I. Saranenko. – Kremenchug: PE Shcherbatih O. V. – 2011 – 154 p.
10. Smirnova S. S. Geochemical system of indicators to assess the state of the environment in the development of territorial complex schemes of nature protection cities // S. S. Smirnova, B. A. Revich // Geochemical methods in learning environments. – M.: IMGRYE, 1989. – P. 117-123.
11. Smoljaninov I. I. The estimation of intensity biologicheskogo cycle of N, P, K, Ca and Mg in the lowland forests of the Ukrainian SSR / I. I. Smoljaninov, E. V. Ryabukha / Biological productivity and the cycling of chemical elements in plant communities. – L.: Science, 1971. – P. 249-255.
12. Travleev A. P. Some features of the decomposition of the organic litter of tree species and their interaction with soil degradation product / A. P. Travleev // Questions of Forest Steppe. – Dnepropetrovsk.: DGU, 1968. – P. 15-29.
13. Tsvetkova N. N. Indicators migration of trace elements in the forest steppe zone biogeocenoses / N. N. Tsvetkova // Meals Stepovoy lisoznavstva that lisovoi rekultivatsii land. – D.: RVV DDU, 2000. – N.4. – P. 18-24.
14. Qing X. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China /X. Qing, Z. Yutong, L. Shenggao // Ecotoxicology and Environmental Safety.–2015. –Vol. 120, Pag. 377-385.
15. Shutcha M.N. Three years of phytostabilisation experiment of bare acidic soil extremely contaminated by copper smelting using plant biodiversity of metal-rich soils in tropical Africa (Katanga, DR Congo) / M.N. Shutcha, M.-P. Faucon, C.K. Kissi, G. Colinet, G. Mahy, M.N. Luhembwe, M. Visser, P. Meerts // Ecological Engineering. – 2015. – Vol. 82, Pag. 81-90.
16. Shallari S. Heavy metals in soils and plants of serpentine and industrial sites of Albania / S. Shallari, C. Schwartz, A. Hasko, J.L. More // MoreScience of The Total Environment. – 19 January 1998. – Vol. 209, Issues 2–3. – Pag. 133-142.

ECOLOGICAL FEATURES OF HEAVY METAL ABSORPTION BY WOODY PLANTS OF THE NORTHERN PART OF THE CITY OF KREMENCHUG

I. I. Saranenko

The content of heavy metals (HM) was determined in the fallen leaves and litter of trees; quantitative indicators of migration for Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd were calculated in the system "soil – plant" for the dominant species of tree species in the Northern part of the city of Kremenchug. It is determined that the biological cycle of substances were intensive in the cultural ecosystems. The biological cycle of iron, manganese, copper were inhibited. The transfer of emissions from enterprises (including heavy metals waste) towards green zone determines the maximum accumulation of the elements in the leaves of Aesculus hippocastanum (Aesculus hippocastanum L.) and Norway maple (Acer platanoides L.). The correlation coefficient $R = 0,7$. The intensity of fruiting of woody plants in comparison to the background values were decreased. In maple the length and width of seeds on average $30,0 \pm 0,6\%$, graystone normal – $19,8 \pm 0,2 \%$, Robinia pseudoacacia – $3,8 \pm 0,1 \%$. The plants of the Northern part of the city were more contaminated. The total concentration (SPC) for the tree species was the following: 9,8 – strong pollution; and 5,5 4,9 - average pollution. Norway maple is the most suffering species from the effects of environmental factors. The seeds of Robinia pseudoacacia were the most resistant. The deviations from benchmark generative organs of Aesculus hippocastanum were medium.

Keywords: heavy metals, fallen leaves, litter, quantitative indicators of migration, the total concentration.

Одержано редколегією 21.04.2015