

## СЕЗОННА ДИНАМІКА РОЗПОДІЛУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ ТА КОРЕНЯХ ТРАВ'ЯНИСТИХ РОСЛИН У ПРИБЕРЕЖЖІ МАЛОЇ РІЧКИ

Т.В. Андрусишин

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, кафедра загальної біології  
вул. Максима Кривоноса 2, Тернопіль, 46027, Україна, [tan.soroka2010@yandex.ua](mailto:tan.soroka2010@yandex.ua)

У статті проаналізовано результати досліджень рухомого вмісту важких металів у прибережному ґрунті та коренях рослин узбережжя р. Збруч. Встановлено, що вміст важких металів у системі ґрунт-корінь не має загальних закономірностей накопичення щодо досліджених видів. Однак накопичення металів у коренях рослин порівняно з його вмістом у ґрунті має місце для купруму (лопух, подорожник) влітку, плюмбуму у деревію, глухій кропиві, подорожника та лопуха влітку, кобальту та кадмію у всіх досліджених рослин восени; цинку у всіх досліджених рослин тільки в серпні. Манган, ферум і нікель рослини накопичують максималь-но до 80% порівняно з вмістом у ґрунті також переважно восени. З досліджених рослин найкращими накопи-чувачами металів є коренева система лопуха справжнього, подорожника великого та деревію звичайного. Спостерігається тенденція до зростання накопичення металів з ґрунту кореневою системою рослин восени.

Ключові слова: важкі метали, прибережний ґрунт, коренева система, *Lamium album*, *Urtica dioica*, *Actium lappa*, *Plantago major*, *Achillea submillefolium*

**Вступ.** Під впливом глобальних факторів та локальних впливів на екосистеми їх екологічний стан погіршується, порушується природний кругообіг та баланс елементів [10]. Порушення біо-геохімічних циклів зумовлює накопичення важких металів (ВМ) у верхніх шарах літосфери, засвоєння рослинами та подальшу міграцію трофічним ланцюгом. Разом з тим, деякі рослини досить стійкі до забруднень ґрунтів важкими металами і можуть накопичувати їх у своїй біомасі, в зв'язку з чим використовуються як фітореєдатори [6].

У сучасних умовах господарського навантаження на водойми визначальним фактором успішності гідроекосистем є їх самоочисна здатність. У цьому процесі активну роль відіграють не тільки водні організми, а й навколоводні компоненти гідроекосистем, що входять до складу межових територій. Їх компоненти, насамперед, є чинниками затримування токсикантів, що надходять до водойм з континентальним зливом. Серед техно-генних забруднювачів водойм особливе місце займають важкі метали, які мають значну поширеність і велику токсичність. Тому важливими є дослідження закономірностей вилучення важких металів прибережними рослинами, оскільки для вмісту важких металів у ґрунті характерні сезонні коливання, зумовлені зміною фізико-хімічних та біологічних параметрів середовища. Проблема досліджена не в повній мірі, а фрагментарні дані про вміст окремих важких металів у ґрунті не до-

зволяють одержати цілісну картину про особливості міграції та акумуляції важких металів у системі «ґрунт-рослина» в умовах посиленого антропогенного навантаження на водойми [1,3]. Інтерес до транспорту ВМ зумовлений також використанням рослин для фітореєдації прибережних ґрунтів [2].

У зв'язку з вищезазначеним метою дослідження є визначення перерозподілу важких металів між ґрунтом і коренями рослинами протягом вегетаційного періоду в ділянці межового ефекту узбережжя малої річки (на прикладі р. Збруч).

**Об'єкт і методи.** Досліджували накопичення рухомих форм важких металів у прибережних ґрунтах та коренях рослин у межах ділянки верхньої течії р. Збруч. Територія цього регіону характеризується поширенням чорноземів глибоких та лучно-чорноземних ґрунтів. Дослідження проводилися протягом травня-вересня (2009-2011 рр.), оскільки цей період характеризується бурхливим розвитком рослинності.

Досліджували вміст ВМ у ґрунті та коренях рудеральних рослин [4], які є домінуючими на території крайового ефекту узбережжя малої річки: кропива дводомна, глуха кропива біла, подорожник великий, лопух справжній, деревій майже звичайний.

Проби прибережного ґрунту відбирали на відстані близько 50 см. від води. Спалювання та підготовку для аналізу зразків прибережного ґру-

нту здійснювали за методикою [7] в модифікації, розробленій у відділі екотоксикології і гідрохімії Інституту гідробіології НАН України. Зразки прибережних ґрунтів висушували в термостаті при температурі 105°C та розтирали в фарфоровій ступці до порошкоподібного стану. Вміст ВМ у ґрунті та коренях рослин визначали спалюванням у  $\text{HNO}_3$  (1,35 г/см<sup>3</sup>) з наступним окисненням  $\text{H}_2\text{O}_2$  при нагріванні протягом 1 год. В отриманих нітратних розчинах визначали вміст ВМ методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на спектрофотометрі С-115 при відповідних довжинах хвиль, які відповідали максимуму поглинання кожного з досліджуваних металів. Вміст металів виражали в мг на 1 кг сухої маси досліджуваних зразків. Статистичне опрацювання одержаних даних здійснювали за методом [5].

**Результати та їх обговорення.** У результаті проведених досліджень було визначено вміст важких металів у прибережних ґрунтах та їхню кількість у коренях досліджених видів рослин (табл.).

**Купрум.** У кропиві дводомної, деревію характерне збільшення вмісту  $\text{Cu}$  у червні відносно травня. Щодо подорожника, лопуха, то для них характерне поступове зниження вмісту металу протягом дослідного періоду. В цілому ж спільною рисою для всіх рослин є зниження концентрації купруму від червня, за винятком глухої кропиви.

**Плюмбум.** У травні в рослинах, за винятком деревію, плюмбуму не було виявлено, а його поява збігається зі зниженням вмісту металу в ґрунтах у червні, що, можливо, пов'язано з його акумуляцією. За вмістом плюмбуму у червні-серпні-вересні в коренях досліджуваних рослин, їх можна розділити на три типи за характером динаміки: 1 – глуха кропива, в якій вміст  $\text{Pb}$  в серпні знижується, а у вересні збільшується; 2 – подорожник, в якого вміст металу знижується; 3 – кропива дводомна, лопух, деревій, у коренях яких вміст свинцю у серпні збільшується, а у вересні порівняно з вмістом у ґрунті зменшується.

**Манган.** Рухомий вміст  $\text{Mn}$  у ґрунті зменшується протягом досліджуваного періоду. Для всіх рослин спостерігається зниження вмісту мангану в їх коренях у червні відносно травня. Загалом за динамікою вмісту  $\text{Mn}$  у коренях, рослини можна розділити на дві групи: глуха кропива, кропива дводомна, лопух, деревій, для яких характерне мінливість динаміка вмісту  $\text{Mn}$  та подорожник, в якого спостерігається тенденція до накопичення металу у серпні-вересні.

**Ферум.** Вміст феруму у коренях рослин характеризується кількома типами динаміки: 1 – подорожник, для якого встановлено щомісячне зниження вмісту феруму; 2 – кропива дводомна, глуха кропива, лопух, динаміка вмісту феруму в яких аналогічна динаміці рухомого вмісту мета-

лу у ґрунті і є флуктуаційною з максимумами в червні та вересні; 3 – деревій, для якого характерне зростання у червні та зниження вмісту феруму у наступні місяці.

**Кобальт.** Кобальт накопичується у коренях рослин до кінця вегетативного періоду, оскільки найвищі показники для всіх рослин виявлено у вересні. Проте динаміка його вмісту у окремих рослин є різною: 1 – у кропиві дводомної червень-серпень характеризуються зниженням вмісту  $\text{Co}$  відносно травня; 2 – мінливий вміст металу у глухої кропиви; 3 – у подорожника, деревію кобальт накопичується у серпні-вересні після зниження у червні; 4 – у коренях лопуха спостерігається стійке акумулювання вмісту  $\text{Co}$ . Порівняно з ранньолітнім періодом, у серпні та вересні в коренях рослин спостерігається акумулювання кобальту у 3-6 разів, відповідно.

**Нікель.** Максимальний вміст нікелю у коренях рослин зафіксовано у травні-червні. У кропиві дводомної, глухої кропиви та лопуха вміст  $\text{Ni}$  у коренях збільшується у червні, але надалі знижується, а у подорожника, знижується до вересня, що співвідноситься з динамікою рухомого вмісту металу в ґрунті. У деревію вміст  $\text{Ni}$  знижується у червні-серпні.

**Цинк.** Динаміка вмісту цинку в корінні більшої рослин (глуха кропива, кропива дводомна, лопух) характеризується його зростанням у червні та подальшим зниженням; у подорожника та деревію вона є висхідною в червні-серпні, але у вересні показники також знижуються. Рухомий вміст цинку у ґрунті протягом періоду дослідження знижується, у вересні – дещо зростає.

**Кадмій.** Вміст кадмію у ґрунті стійко знижувався, відповідно, з  $1,21 \pm 0,20$  мг/кг сухої маси у травні до  $1,05 \pm 0,23$  – у червні,  $0,21 \pm 0,15$  – у серпні,  $0,17 \pm 0,005$  мг/кг сухої маси – у вересні. При цьому у травні-серпні в коренях рослин виявляються тільки слідові кількості металу. У серпні аналогічно до кобальту рослини активно накопичують цей метал у 2-4 рази порівняно з ґрунтом:  $0,17 \pm 0,005$  мг/кг сухої маси – ґрунт;  $0,79 \pm 0,003$  – глуха кропива;  $0,60 \pm 0,007$  – дводомна кропива;  $0,57 \pm 0,007$  – лопух;  $0,39 \pm 0,001$  – подорожник великий;  $0,62 \pm 0,007$  мг/кг сухої маси – деревій.

Проаналізувавши результати дослідження, виокремимо різноспрямованість накопичення металів з ґрунту як в окремих видів, так і протягом весняно-літньої вегетації.

Переважання вмісту металів у коренях рослин порівняно з його вмістом у ґрунті відмітимо лише для: купруму (лопух, подорожник) влітку; плюмбуму у деревію, глухої кропиви, подорожника та лопуха влітку; кобальту та кадмію у всіх досліджених рослин восени; цинку у всіх досліджених рослин тільки в серпні.

Табл.

Вміст важких металів у прибережному ґрунті та коренях рослин у межах ділянки верхньої течії р. Збруч (Мст; n=5, мг/кг сухої маси)

	Cu	%	Pb	%	Mn	%	Fe	%	Co	%	Ni	%	Zn	%
<b>травень</b>														
1	14,4±2,25	100	11,2±0,66	100	42,2±1,45	100	32,5±1118	100	7,39±0,19	100	27,5±1,24	100	11,4±10,2	100
2	8,06±1,69	56	Сп.	0	2,62±0,15	6,20	406±3,93	12,5	3,39±0,39	45,9	8,05±0,21	29,3	12,7±2,17	11,2
3	8,30±0,74	57,6	Сп.	0	3,05±0,11	7,22	473±57,6	14,5	5,44±0,13	73,6	9,18±0,29	33,4	16,5±1,12	14,5
4	60,5±8,91	420	Сп.	0	5,96±0,33	14,1	393±19,0	12,1	3,60±0,13	48,7	8,11±0,51	29,5	18,7±1,46	16,4
5	16,0±1,36	111	Сп.	0	2,93±0,0	6,94	1479±146	45,4	4,75±0,15	64,3	12,3±0,32	44,8	22,9±0,41	20,2
6	9,19±0,65	63,8	20,7±2,62	184	3,17±0,18	7,51	61,5±43,6	18,9	4,69±0,12	63,5	10,2±0,18	37,2	16,3±0,15	14,3
<b>червень</b>														
1	15,8±1,65	100	10,4±0,73	100	38,45±5,90	100	4206±691	100	7,25±0,48	100	27,2±1,80	100	108±6,3	100
2	7,63±0,58	48,2	16,6±1,32	159	2,18±0,004	5,66	1190±92,9	28,5	4,55±0,22	62,8	10,9±0,17	40,0	53,7±1,11	49,7
3	10,8±1,10	68,1	5,0±0,29	47,9	2,97±0,41	7,72	847±83,2	20,1	4,84±0,50	66,8	13,3±1,91	48,8	61,3±2,30	56,7
4	10,0±0,95	63,5	5,43±0,91	52	1,67±0,003	4,34	646±29,0	15,4	4,40±0,29	60,6	8,85±0,55	32,6	54,5±1,81	50,4
5	10,9±0,003	69,0	13,3±1,70	127	1,58±0,004	4,11	141,5±39,0	33,6	2,30±0,008	34,5	10,5±0,71	38,5	27,7±5,90	25,6
6	14,9±0,18	94,0	3,94±0,34	37,8	1,69±0,18	4,39	1441±117	34,2	3,31±0,15	45,7	9,26±0,61	34,1	18,6±0,69	17,2
<b>серпень</b>														
1	6,20±0,53	100	6,27±1,23	100	18,5±0,78	100	2644±297	100	1,35±0,003	100	11,3±0,48	100	19,8±1,54	100
2	5,37±0,73	86,6	3,54±0,19	56,5	9,59±0,41	51,8	732±14,7	27,7	4,17±0,16	308,9	8,94±1,35	79	33,3±2,03	168
3	5,69±0,79	91,8	7,76±0,41	124	12,1±0,36	65,1	59,2±2,34	2,23	3,55±0,30	263,0	8,67±1,0	76,6	24,6±1,49	124
4	7,21±1,28	116	6,82±0,23	109	4,54±0,35	24,5	89,3±16,4	3,38	4,59±0,45	340	7,05±1,37	62,3	32,3±6,28	163
5	6,66±0,88	107	4,80±0,87	76,6	8,51±0,47	46,0	1293±21,5	48,9	4,16±0,51	308	9,17±0,005	81,0	32,5±5,85	164
6	8,27±1,72	133	9,61±0,27	153	12,0±0,23	64,6	881±70,7	33,3	4,12±0,18	305	7,95±0,41	70,2	28,4±3,73	143
<b>вересень</b>														
1	6,53±0,48	100	9,69±1,03	100	15,5±1,31	100	5031±320	100	1,13±0,06	100	10,1±0,12	100	20,9±0,62	100
2	5,88±0,35	90	5,34±0,65	55,1	8,20±0,56	53,0	401±40,9	7,96	6,64±1,11	588	8,44±0,35	83,8	13,7±0,33	65,5
3	5,43±0,0	83,2	4,74±0,24	48,9	7,66±1,10	49,6	21,5±3,2	4,3	6,35±0,70	562	8,40±0,28	83,4	13,7±0,15	65,6
4	4,41±0,13	67	3,46±0,14	35,7	4,15±0,24	26,8	319±81,7	6,35	5,21±0,20	461	6,51±0,24	64,6	11,3±0,17	54,2
5	4,39±0,24	67	1,79±0,34	18,5	13,0±1,31	83,8	800±43,5	15,9	8,58±0,43	759	7,05±0,48	70,0	11,2±0,66	53,6

Примітка. 1. Ґрунт. 2. Ґрунт кропива біла (*Lactuca albida*); 3. Кропива дводольна (*Urtica dioica*); 4. Лопух страсельний (*Achillea*); 5. Подорожник великий (*Pimpinella major*); 6. Деревій майже звичайний (*Achillea subptilifolium*).  
Сп. – співвідношення частки накопичення відносно вмісту у ґрунті.

Манган, ферум і нікель рослини накопичують максимально до 80% порівняно з вмістом у ґрунті також переважно восени. Отже, чіткого зв'язку між накопиченням коренями рослин важких металів та їх вмістом у ґрунті загалом не виявлено. Проте з досліджених рослин істотніше накопичують ВМ коренева система лопуха справжнього, подорожника великого та деревію звичайного. Спостерігається тенденція до зростання акумуляції металів кореневою системою рослин восени. Отримані закономірності пов'язуємо з відмінністю хімічних властивостей окремих важких металів, властивостями ґрунту, насамперед зміною його рН та кількості органічних речовин протягом вегетації рослин та різноманітністю фізіологічних адаптацій досліджуваних рослин до умов середовища зростання, включно до окремих важких металів, що підтверджується й даними інших дослідників [1].

**Висновки.** Встановлено, що вміст важких металів у системі «ґрунт-рослина» не має загальних закономірностей накопичення щодо досліджених видів. Однак накопичення металів у коренях рослин, порівняно з його вмістом у ґрунті, має місце для купруму (лопух, подорожник) влітку, плумбуму у деревію, глухої кропиви, подорожника та лопуха влітку, кобальту та кадмію у всіх досліджених рослин восени; цинку у всіх досліджених рослин тільки в серпні. Манган, ферум і нікель рослини накопичують максимально (до 80% порівняно з вмістом у ґрунті) також переважно восени. З досліджених рослин найкраще акуюлюють ВМ коренева система лопуха справжнього, подорожника великого та деревію звичайного. Спостерігається тенденція до зростання накопичення металів кореневою системою рослин восени.

### Список літератури

1. Грабовський О.В. Міграція та акумуляція важких металів в агроценозах, прилеглих до автомагістралей, в умовах Закарпаття (ґрунт – рослини – тварини): автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук. Спеціальність 03.00.16 – екологія. – Чернівці, 2002. – 22 с.
2. Гуральчук Ж.З. Дослідження акумуляції важких металів рослинами з метою їх використання для фітореMediaції ґрунтів // Відновлення порушених природних екосистем : Матеріали IV міжнародної наукової конференції (м. Донецьк, 18–21 жовтня 2011р.). – Донецьк, 2011. – С. 116 – 119.
3. Ковальов В.Б., Чорний Д.Л., Трембіцька О.І. Вплив систем удобрення на динаміку важких металів у ланцюгу ґрунт-рослина // Вісник ЖНАЕУ. – №1. – 2009. – С.159 – 170.
4. Корнелюк Н.М., Мислюк О.О. Природні фактори аеротехногенного забруднення м.Черкаси важкими металами // Вісник Львівської політехніки. – 2007. – № 590. – С. 260 – 269.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
6. Линдиман А.В., Шведова Л.В., Тукумова Н.В. и др. Применение янтарной кислоты в процессе фитоэкстракции свинца и кадмия из загрязненных почв // Вестник МИТХТ. – 2010. – Т. 5, № 5. – С. 102 – 105.
7. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжёлые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. – М.: Мир, 1987. – 287 с.
8. Природа Хмельницької області / ред. К.І. Геренчук. – Львів: Вища школа, 1979. – 152 с.
9. Храбра С.З. Дикорослі лікарські рослини тернопільської області (еколого-ценотичні особливості, ресурси та раціональне використання) : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук. Спеціальність 03.00.05 – ботаніка. – Київ, 2008. – 21 с.
10. Юмагулова Э. Р. Эколого-физиологические механизмы адаптации и типы стратегии растений верховых болот (в пределах Ханты-Мансийского автономного округа) : автореф. дисс. на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Специальность 03.00.16 – экология. – УФА, 2007. – 24 с.

## SEASONAL DYNAMICS OF HEAVY METALS DISTRIBUTION IN SOILS AND ROOTS OF HERBACEOUS PLANTS IN SMALL RIVER COAST

T. V. Andrusyshyn

*The article analyzes the investigations results of heavy metals movable content in coastal soil and plants roots of the Zbruch coast. It was found that heavy metals contents in the soil-root system don't have general regularity of accumulation concerning studied species. However, metals accumulation in the roots of plants compared with its content in the soil intervene for copper (burdock, plantain) in summer, Pb in Yarrow, dead nettle, plantain and burdock in summer, cobalt and cadmium in all studied plants in the autumn; zinc in all studied plants only in August. Plants accumulate a maximum of 80% manganese, nickel and ferum also mostly in Spring compared with the content in the soil. The most accumulation of metals by plants is in burdock root system, plantain and yarrow. There is a tendency to increase the accumulation of metals from the soil by root system of plants in spring.*

*Key words: heavy metals, coastal soil, root system, Lamium album, Urtica dioica, Actium lappa, Plantago major, Achillea submillefolium*

Одержано редколегією 16.11.2011