

DOI 10.29254/2077-4214-2019-3-152-58-62

УДК 582.32: 574.21

Поліщук О. І., Антоняк Г. Л., \*Першин О. І.

### АКУМУЛЯЦІЯ МЕТАЛІВ У ГАМЕТОФІТАХ ДЕЯКИХ ВИДІВ МОХІВ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛЬВОВА (УКРАЇНА)

Львівський національний університет імені Івана Франка (м. Львів)

\*Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького (м. Львів)

halyna\_antonyak@yahoo.com

**Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.** Наукове дослідження є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка «Моніторинг та різноманітне біоіндикаційне оцінка екологічного стану урбанізованих і техногенно трансформованих територій та акваторій Західної України» (№ державної реєстрації 0114U004241) і кафедри медичної біології, паразитології та генетики Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького «Дослідження функціонально-метаболических резервів стрес-лімітуючих систем організму за екстремальних умов з метою виявлення ефективних способів їх корекції» (№ державної реєстрації 01110U000121).

**Вступ.** Функціонування урбоєкосистем пов'язане зі значним техногенним впливом на природне середовище і супроводжується надходженням різноманітних політантів в усі компартменти довкілля, насамперед в атмосферне повітря. Екологічні та медичні наслідки забруднення атмосфери найвідчутніші в густонаселених промислових містах, які характеризуються високим рівнем індустріалізації і транспортного навантаження. Серед забруднювальних речовин, наявних в атмосфері великих міст, важкі метали належать до найбільш розповсюджених [1-3]. Зазвичай, важкими вважають метали атомною масою понад 40 а.о.м. або питомою густиною понад 5 г/см<sup>3</sup> [4]. Важкі метали завжди наявні у довірлі у фонових концентраціях, проте в абіотичних компонентах міських систем їхній природний розподіл змінюється через надмірне вивільнення в атмосферу зі стаціонарних та рухомих джерел забруднення. Внаслідок переміщення з атмосферними потоками і сухого та вологого осадження важкі метали потрапляють у ґрунт і водне середовище, де можуть включатися в трофічні ланцюги та накопичуватись у різних групах біоти, спричиняти ризик біорізноманіттю та здоров'ю людини [2].

Для оцінки стану природного та абіотичного компонентів урбоєкосистем важливе значення має екологічний моніторинг атмосферного повітря та пошук рослин-біомоніторів, за допомогою яких можна виявити рівень забруднення атмосфери металами. У цьому аспекті значну увагу привертає використання бріофітів, які завдяки низці морфологічних, фізіологічних та еколого-біохімічних особливостей придатні для екологічного моніторингу стану атмосфери. Зокрема, до таких особливостей належать: 1) відсутність кутикули і провідних тканин; 2) відсутність справжньої кореневої системи та наявність ризоїдів, що слугують переважно органами прикріплення до

субстрату; 3) висока абсорбуюча здатність тканин щодо металів, які бріофіти поглинають безпосередньо з повітря [5-7]. Бріофлора України характеризується значним різноманіттям [8-12]. Проте значення окремих видів бріофітів для біомоніторингу стану атмосфери індустріальних міст України з'ясоване недостатньо мірою, незважаючи на низку публікацій у цій галузі [9,10,13-16]. У попередніх дослідженнях встановлено накопичення деяких важких металів у дернинах моху *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp. на території м. Львова [17]. Значне зацікавлення становить аналіз рівня акумуляції металів у гаметофітах цього виду порівняно з іншими видами бріофітів, розповсюджених в урбоєкосистемах. Зокрема, це стосується мохів *Rhynchostegium murale* (Hedw.) Schimp. та *Schistidium apocarpum*, який, на думку деяких авторів, може слугувати біоіндикатором пилового забруднення [18].

**Мета дослідження.** Метою роботи було проаналізувати концентрацію металів у гаметофітах мохів *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp., *Rhynchostegium murale* (Hedw.) Schimp. та *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch & Schimp., зібраних у різних ділянках міста Львова, та з'ясувати залежність між накопиченням металів у тканинах бріофітів та рівнем техногенного впливу на територію досліджень.

**Об'єкт і методи дослідження.** Дослідження проводили на території міста Львова (49°49'48"N, 24°00'51"E), найбільшого індустріального центру Західної України. Місто розташоване на відстані близько 70 км від кордону з Польщею, і займає площу 182 км<sup>2</sup>. Середня висота Львова над рівнем моря – 289 метрів, через місто проходить Головний європейський вододіл. Львів – важливий транспортний вузол Західної України і характеризується високою щільністю забудови і транспортної інфраструктури [19]. За даними Львівської міської ради у місті функціонує понад 160 промислових підприємств, багато з яких є джерелами забруднення атмосферного повітря. Поряд із стаціонарними джерелами викидів на території міста важливим джерелом забруднення атмосфери є автомобільний та інші види транспорту.

Ділянки відбору зразків *Pylaisia polyantha*, *Rhynchostegium murale* та *Schistidium apocarpum* обирали з урахуванням рівня антропогенного навантаження на них та розповсюдження досліджуваних видів бріофітів. Ділянку № 1 обрали на території Стрийського парку, який є об'єктом Природно-заповідного фонду України, пам'яткою садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення. Територія парку займає площу близько 52,14 га і, фактично, не зазнає впливу техногенних чинників. Через те ділян-

ку № 1 трактували як умовно незабруднену важкими металами. Ділянки № 2 і № 3 обрали у південній частині м. Львова, яка традиційно належить до промислових районів, вздовж вул. Стрийської. Вулиця Стрийська (довжиною близько 7,5 км) – одна з головних автомагістралей м. Львова і характеризується значним транспортним навантаженням.

Досліджувані види бріофлори належать до відділу Bryophyta, класу Bryopsida. Згідно з класифікацією, мохи *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp. і *Rhynchostegium murale* (Hedw.) Schimp. належать до порядку Hypnales (до родин, відповідно, Hypnaceae і Brachytheciaceae) [8]. Перший з них – це, переважно, епіфітний вид, який росте на корі листяних дерев і кущів, однак трапляється й на гнилій деревині, каміні та інших субстратах [10,20], а другий належить до епілітних мохів і вегетує на природних кам'яних субстратах та субстратах штучного походження (бетон та ін.). Мох *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch & Schimp. – представник порядку Grimmiiales (родина Grimmiaceae) [8]. Як і *R. murale*, *S. apocarpum* належить до епілітних мохів [20,21]. Всі три види бріофітів поширені на території України та інших європейських країн [8,10,20-22].

Матеріал для досліджень збирали впродовж періоду весна-осінь на субстратах із щільним обростанням. Відбір і підготовку зразків проводили, використовуючи стандартні методи [23]. У лабораторних умовах рослинний матеріал промивали дистильованою водою та просушували при кімнатній температурі. З метою ідентифікації мохів зразки аналізували за допомогою стереоскопічного мікроскопа XS 6220. У відібраних зразках аналізували концентрацію Хрому (Cr), Мангану (Mn), Нікелю (Ni), Плюмбуму (Pb) і Цинку (Zn). Для визначення концентрації металів використовували метод атомно-абсорбційної спектроскопії. Рослинний матеріал попередньо мінералізували методом мокрого озолення із застосуванням концентрованої  $HNO_3$  і  $H_2O_2$  [24]. Вимірювання проводили за допомогою атомно-абсорбційного спектрометра C-115PK Selmi (Україна). Концентрацію металів виражали в міліграмах у перерахунку на 1 кг сухої маси зразків. Одержані результати опрацьовували із застосуванням методів варіаційної статистики [25].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Результати досліджень свідчать, що за рівнем накопичення в гаметофітах мохів *Pylaisia polyantha*, *Rhynchostegium murale* і *Schistidium apocarpum*, зібраних на території м. Львова, аналізовані метали можна розташувати у порядку зменшення в наступний ряд:  $Mn > Zn > Cr > Ni > Pb$  (рис. 1). Хоча така закономірність виявляється для всіх трьох видів бріофітів, рівень акумуляції в них окремих металів неоднаковий. Мох *S. apocarpum* характеризується найбільшими середніми значеннями концентрації всіх аналізованих металів, крім Pb, проте статистично вірогідні різниці порівняно з двома іншими видами мохів виявлені лише для концентрації Mn. Зокрема, вміст Mn в гаметофіті *S. apocarpum* більший, ніж у гаметофітах *P. polyantha* і *R. murale*, відповідно, в 1,77 ( $p < 0,05$ ) і 1,87 рази ( $p < 0,01$ ). Щодо концентрації інших металів у гаметофіті *S. apocarpum*, то вміст Zn у ньому більший, порівняно з *R. murale*, в 1,42 рази ( $p < 0,05$ ), а вміст Cr і Ni більший, порівняно з *P. polyantha*., від-

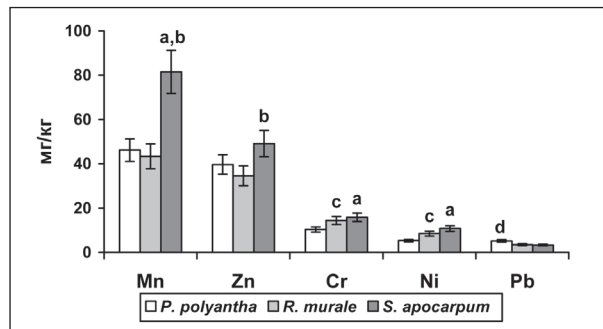


Рисунок 1 – Концентрація металів у гаметофітах мохів *Pylaisia polyantha*, *Rhynchostegium murale* і *Schistidium apocarpum*, зібраних на території м. Львова.

**Примітка.** a, b, c, d – вірогідність різниць ( $p < 0,05-0,01$ ) у показниках: a – між *S. apocarpum* і *P. polyantha*, b – між *S. apocarpum* і *R. murale*, c – між *R. murale* і *P. polyantha*; d – різниця у концентрації Pb між *P. polyantha* і двома іншими видами бріофітів.

повідно, в 1,51 ( $p < 0,05$ ) і 2,04 рази ( $p < 0,01$ ). Мох *R. murale*, як і *S. apocarpum*, характеризується більшим вмістом Cr і Ni, порівняно з *P. polyantha*, відповідно, в 1,40 ( $p < 0,05$ ) і 1,61 рази ( $p < 0,05$ ). Натомість, концентрація Pb в гаметофітах *S. apocarpum* і *R. murale* менша, порівняно з *P. polyantha*, в 1,57 ( $p < 0,05$ ) і 1,49 рази ( $p < 0,05$ ).

Для з'ясування зв'язку між техногенним навантаженням території та рівнем акумуляції металів у гаметофітах мохів зразки рослинного матеріалу, зібрані на ділянках № 2 і № 3 у районі вул. Стрийської, об'єднували, порівнюючи отримані дані з результатами досліджень бріофітів, зібраних на ділянці № 1 (Стрийський парк). Згідно з результатами порівняльного аналізу, концентрація окремих металів досягає вірогідно більших значень у зразках бріофітів з вул. Стрийської, ніж у зразках із території Стрийського парку. Залежність між вмістом металів у гаметофітах від району збору матеріалу найвиразніше виявляється у моху *Pylaisia polyantha* (рис. 2). Зокрема, концентрація Mn, Zn і Pb в зразках, зібраних на території вул. Стрийської, більша, ніж у зразках зі Стрийського парку, відповідно, в 2,3 ( $p < 0,01$ ), 3,0 ( $p < 0,001$ ) і 1,91 рази ( $p < 0,05$ ).

Подібна динаміка виявлена і для двох інших досліджуваних видів бріофітів, проте різниці між вмістом металів у гаметофітах *R. murale* і *S. apocarpum*, зібраних у районах з різним рівнем техногенного на-

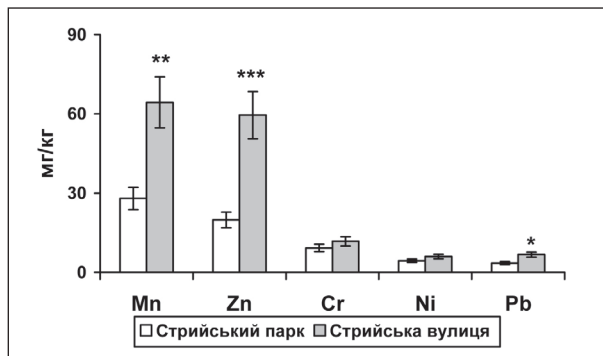


Рисунок 2 – Концентрація металів у гаметофіті моху *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp.

**Примітка.** На цьому і наступних рисунках \*, \*\*, \*\*\* – вірогідність різниць між вмістом металів у гаметофітах мохів, зібраних в районі вул. Стрийської і на території Стрийського парку (\* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ ).

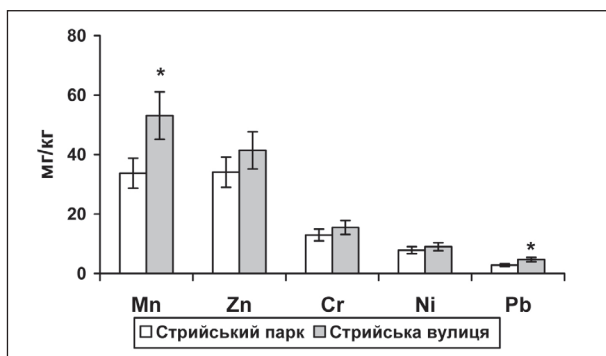


Рисунок 3 – Концентрація металів у гаметофіті моху *Rhynchosostegium murale* (Hedw.) Schimp.

вантаження, менш виразні, ніж у моху *P. polyantha*. Зокрема, в гаметофітах *R. murale* вірогідні різниці виявляються лише у концентрації Mn і Pb, відповідно, в 1,57 ( $p < 0,05$ ) і 1,67 рази ( $p < 0,05$ ) (рис. 3). Натомість, вміст інших металів вірогідно не відрізняється між зразками, зібраними у досліджуваних районах м. Львова.

Під час аналізу моху *S. apocarpum* достовірні різниці між зразками, зібраними на вул. Стрийській і території Стрийського парку, встановлена лише для концентрації Pb – в 1,64 рази ( $p < 0,05$ ) (рис. 4).

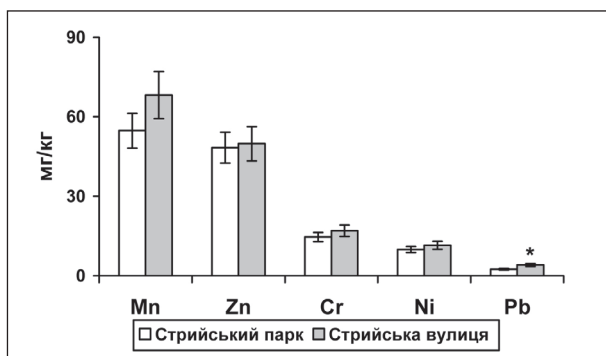


Рисунок 4 – Концентрація металів у гаметофіті моху *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch & Schimp.

Аналіз отриманих результатів дає підстави вважати, що інтенсивність накопичення металів у гаметофітах мохів віддзеркалює рівень забруднення атмосферного повітря у південній частині м. Львова. Насамперед це стосується Плюмбуму, концентрація якого досягає достовірно більшого значення зразках всіх трьох видів бріофітів, зібраних у районі вул. Стрийської, порівняно з концентрацією у зразках, зібраних у Стрийському парку. Крім того, досліджувані види бріофітів, зібрані в районі вул. Стрийської, характеризуються більшою концентрацією Mn і Zn, порівняно з тими, що ростуть на умовно незабруд-

неній території парку. Очевидно, що джерелом надходження зазначених металів в атмосферне повітря є інтенсивний транспортний рух та діяльність промислових об'єктів, розташованих у районі вул. Стрийської. Таким чином, отримані результати підтверджують сучасні положення щодо важливості дослідження бріофітів під час біологічного моніторингу компонентів навколишнього середовища [1,5-7,9]. Особливо перспективним є використання мохів під час екологічної оцінки стану атмосфери промислових міст, яким притаманне високе техногенне навантаження. Разом з тим, результати наших досліджень дають підстави вважати, що динаміка важких металів в гаметофіті епіфітного моху *P. polyantha* повніше віддзеркалює техногенні зміни вмісту металів в атмосфері, порівняно з гаметофітами епілітних мохів *R. murale* і *S. apocarpum*. Мох *P. polyantha* широко розповсюджений в урбоєкосистемах і може слугувати біологічним монітором, придатним для використання під час досліджень екологічного стану атмосфери у промислових містах.

**Висновки.** Аналіз концентрації важких металів у гаметофітах *Pylaisia polyantha*, *Rhynchosostegium murale* і *Schistidium apocarpum*, зібраних на території м. Львова, свідчить, що за рівнем накопичення у тканинах мохів аналізовані метали можна розташувати у порядку зменшення в наступний ряд: Mn > Zn > Cr > Ni > Pb. Разом з тим, для моху *S. apocarpum* характерний вірогідно більший рівень акумуляції Mn порівняно з двома іншими видами бріофітів; мохи *S. apocarpum* і *R. murale* характеризуються вірогідно більшим вмістом Cr і Ni, але меншим рівнем Pb в гаметофіті порівняно з мохом *P. polyantha*. За умов росту в районах з техногенним навантаженням вміст Pb, Mn і Zn в гаметофітах мохів зростає над значеннями, притаманними бріофітам, що ростуть у парковій частині міста. Експериментальні дані щодо видових відмінностей у процесах акумуляції металів у гаметофітах мохів дають підстави вважати мох *Pylaisia polyantha* ефективним біологічним монітором стану атмосферного повітря в урбоєкосистемах, придатним для оцінки рівня забруднення атмосфери промислових міст важкими металами.

**Перспективи подальших досліджень.** Отримані результати доводять важливість біологічного скринінгу бріофітів, які населяють урбоєкосистеми, з метою виявлення ефективних біомоніторів та біоіндикаторів стану атмосферного повітря й інших компонентів довкілля, які зазнають впливу антропогенної діяльності. Перспективи подальших досліджень полягають у з'ясуванні еколого-біохімічних особливостей метаболізму, які лежать в основі толерантності бріофітів до дії важких металів та опосередковують біоіндикаційні властивості цих рослин.

### Література

1. Chakraborty S, Paratkar GT. Biomonitoring of trace element air pollution using mosses. *Aerosol and Air Quality Research*. 2006;6(3):247-58.
2. Dorne JL, Kass GE, Bordajandi LR, Amzal B, Bertelsen U, Castoldi AG, et al. Human risk assessment of heavy metals: principles and applications. *Met Ions Life Sci*. 2011;8:27-60.
3. Antonyak HL, Mamchur ZI, Pershyn OI, Bubys OE, Kordosh TV. Biologichna dostupnist' metaliv ta yikh akumulyatsiya v tkanyakh roslyn. *Visnyk problem biologiyi i medytsyny*. 2015;3(2):11-6. [in Ukrainian].
4. Järup L. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull*. 2003;68(1):167-82.
5. Tessier L, Boisvert J. Performance of terrestrial bryophytes as biomonitors of atmospheric pollution. A review. *Toxicol Environ Chem*. 1999;68(1-2):179-220.
6. Abdullah MZ, Ismail RA, Muhammad NI. Statistical analysis of heavy metal concentration in moss and soil as indicator of industrial pollution. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 2014;3(3):762-75.

7. Macedo-Miranda G, Avila-Perez P, Gil-Vargas P, Zarazua G, Sanchez-Meza JC, Zepeda-Gomez C, et al. Accumulation of heavy metals in mosses: a biomonitoring study. SpringerPlus. 2016;5(1):715.
8. Boyko MF. Checklist mokhopodibnykh Ukrainy (taksonomichnyy ohlyad, nadvydovi taksony). Chornomors'kyy botanichnyy zhurnal. 2008;4(2):151-60. [in Ukrainian].
9. Boyko MF. Kharakterystyka mokhopodibnykh yak indykatoriv stanu navkolyshn'oho seredovyscha. Chornomors'kyy botanichnyy zhurnal. 2010;6(1):35-40. [in Ukrainian].
10. Mamchur ZI. Urbanofil'ni epifitni mokhy mista L'vova. Visnyk L'vivs'koho universytetu. Seriya biolohichna. 2010;54:115-22. [in Ukrainian].
11. Virchenko VM. Mokhopodibni pryrodno-zapovidnykh terytoriy Ukrainy's'koho Polissya. Kyiv: TOV NVP "Interservis"; 2014. 224 s. [in Ukrainian].
12. Hapon SV. Mokhopodibni ta mokhova roslynnist' zakaznykiv Lisostepu Ukrainy. Visnyk problem biolohiyi i medytsyny. 2016;2(3):66-9. [in Ukrainian].
13. Hlukhov OZ, Mashtaler OV. Brioindykatsiya tekhnohennoho zabrudnennya navkolyshn'oho seredovyscha pivdennoho skhodu Ukrainy. D.: Veber; 2007. s. 132-53. [in Ukrainian].
14. Komisar OS, Boyko MF. Vazhki metaly v hametofitakh mokhu Vryum argenteum Hedw. ta gruntakh na terytoriyakh zavodiv mista Mykolayeva (Ukrayina). Chornomors'kyy botanichnyy zhurnal. 2013;9(4):533-41. [in Ukrainian].
15. Karpinets' L, Lobachevs'ka O, Baranov V. Vplyv briofitnoho pokryvu na umovy edafotopu porodnykh vidvaliv Chervonohrads'koho hirnychopromyslovoho kompleksu. Visnyk L'vivs'koho universytetu. Seriya biolohichna. 2014;65:255-65. [in Ukrainian].
16. Boyko MF, redaktor. Zahorodnyuk NV, Shvets' VV. Brioflora landshaftiv pidpryemstv mista Khersonu. Metoda (Nauka i metodyka). Zbirka naukovykh i metodychnykh prats'. Kherson: FOP Vyshemyrs'kyy VS; 2018. s. 17-20. [in Ukrainian].
17. Polishchuk O, Antonyak H. Akumulyatsiya metaliv u roslynakh mokhu Pylaisia polyantha (Hedw.) Schimp. na terytoriyi mista L'vova. IV Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya «Suchasnyy stan ta perspektyvy rozvytku bio- i ahrotsenoziv v umovakh postyynnoho tekhnohennoho zabrudnennya» 24–26 zhovtnya 2018, Drohobych. 2018. s. 85-9. [in Ukrainian].
18. Degtjarenko P, Marmor L, Randlane T. Changes in bryophyte and lichen communities on Scots pines along an alkaline dust pollution gradient. Environ Sci Pollut Res Int. 2016;23(17):17413-25.
19. Nazaruk MM. L'viv u XX stolitti: sotsial'no-ekolohichnyy analiz. L'viv: Ukrainy's'ka akademiya drukarstva, Vydavnychy tsestr LNU im. Ivana Franka; 2008. 348 s. [in Ukrainian].
20. Stebel A. Contribution to the bryoflora of the Wiśnickie Foothills (Western Carpathians, Poland). Acta Mus Siles Sci Natur. 2015;64:131-9.
21. Plášek V. Mszaki w lasach. Przewodnik terenowy dla leśników i taksatorów. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 2013. 130 s.
22. Vellak K, Ingerpuu N, Leis M, Ehrlich L. Annotated checklist of Estonian bryophytes. Folia Cryptog. Estonica, Fasc. 2015;52:109-27.
23. Eymann J, Degreef J, Häuser Ch, Monje JC, Samyn Y, Spiegel DV, editors. Vanderpoorten A, Papp B, Gradstein R. Sampling of bryophytes. Chapter 13. In: Manual on Field Recording Techniques and Protocols for All Taxa Biodiversity Inventories. 2010. p. 331-45.
24. Ogunkunle CO, Ziyath AM, Rufai SS, Fatoba PO. Surrogate approach to determine heavy metal loads in a moss species – *Barbula lambaranensis*. Journal of King Saud University – Science. 2016;28(2):193-7.
25. Welham SJ, Gezan SA, Clark SJ, Mead A. Statistical Methods in Biology. Design and Analysis of Experiments and Regression. Taylor & Francis Group, LLC; 2015. 568 p.

## АКУМУЛЯЦІЯ МЕТАЛІВ У ГАМЕТОФІТАХ ДЕЯКИХ ВИДІВ МОХІВ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛЬВОВА (УКРАЇНА)

**Поліщук О. І., Антоняк Г. Л., Першин О. І.**

**Резюме.** Здатність бріофітів до акумуляції металів зумовлює їхнє використання під час біомоніторингу стану атмосферного повітря. З метою виявлення видів-біомоніторів проведено дослідження вмісту Cr, Mn, Ni, Pb і Zn в гаметофітах мохів *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp., *Rhynchostegium murale* (Hedw.) Schimp. та *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch & Schimp. на території міста Львова. Концентрацію металів визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопометрії.

**Результати.** З'ясовано, що за рівнем акумуляції в гаметофітах досліджуваних видів мохів аналізовані метали розташовуються в наступний ряд: Mn > Zn > Cr > Ni > Pb. Водночас виявлені видові відмінності в акумуляції окремих металів. Мох *S. apocarpum* характеризується більшим вмістом Mn порівняно з двома іншими видами бріофітів; мохи *S. apocarpum* і *R. murale* містять більшу концентрацію Cr і Ni, але меншу концентрацію Pb ніж *P. polyantha*. Інтенсивність накопичення металів в гаметофітах мохів пов'язана з рівнем техногенного впливу на територію досліджень. В гаметофітах мохів, зібраних на ділянках із високим рівнем антропогенного навантаження, концентрація Pb, Zn і Mn більша, порівняно з бріофітами, зібраними у парковій частині міста, причому найвиразніші різниці виявлені у гаметофітах моху *P. polyantha*.

**Висновок.** Отримані результати свідчать про видові особливості у процесах акумуляції Cr, Mn, Ni, Pb і Zn у гаметофітах мохів. Висока здатність моху *Pylaisia polyantha* накопичувати Pb, Zn і Mn за умов техногенного навантаження вказує на перспективність використання цього виду бріофітів як біологічного монітора під час оцінки стану атмосфери в урбоєкосистемах.

**Ключові слова:** мохи, бріофіти, *Pylaisia polyantha*, *Rhynchostegium murale*, *Schistidium apocarpum*, метали, біомоніторинг, види-біомонітори, атмосфера, урбоєкосистеми.

## АКУМУЛЯЦІЯ МЕТАЛЛІВ В ГАМЕТОФІТАХ НЕКОТОРИХ ВИДІВ МХІВ НА ТЕРИТОРІЇ ГОРОДА ЛЬВОВА (УКРАЇНА)

**Полищук А. И., Антоняк Г. Л., Першин О. И.**

**Резюме.** Способность мхов к аккумуляции металлов обуславливает их использование в биомониторинге состояния атмосферного воздуха. С целью выявления видов-биомониторов проведено исследование содержания Cr, Mn, Ni, Pb и Zn в гаметофитах мхов *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp., *Rhynchostegium murale* (Hedw.) Schimp. и *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch & Schimp. на территории города Львова. Концентрацию металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопометрии.

**Результаты.** Установлено, что по уровню аккумуляции в гаметофитах исследуемых видов мхов рассматриваемые металлы располагаются в следующий ряд: Mn > Zn > Cr > Ni > Pb. В то же время, выявлены видовые различия в аккумуляции отдельных металлов. Мох *S. apocarpum* характеризуется большим содержанием Mn по сравнению с двумя другими видами бриофитов; мхи *S. apocarpum* и *R. murale* содержат большую кон-

центрацію Cr і Ni, но меншу концентрацію Pb чем *P. polyantha*. Інтенсивність накоплення металів в гаметофітах мхов зв'язана з рівнем техногенного впливу на територію досліджень. В гаметофітах мхов, зібраних на ділянках з високим рівнем антропогенної навантаження, концентрація Pb, Zn і Mn більше, порівняно з бріофітами, зібраними в паркової частині міста, причому найбільш виразні відмінності виявлені в гаметофітах мха *P. polyantha*.

**Висновки.** Отримані результати свідчать про видові особливості в процесах накоплення Cr, Mn, Ni, Pb і Zn в гаметофітах мхов. Висока здатність мха *Pylaisia polyantha* накоплювати Pb, Zn і Mn в умовах техногенного впливу вказує на перспективність використання цього виду як біологічного монітора при оцінці стану атмосфери в урбоекосистемах.

**Ключеві слова:** мхи, бріофіти, *Pylaisia polyantha*, *Rhynchostegium murale*, *Schistidium apocarpum*, метали, біомоніторинг, види-біомонітори, атмосфера, урбоекосистема.

### ACCUMULATION OF METALS IN GAMETOPHYTES OF SOME SPECIES OF MOSSES IN THE CITY OF LVIV (UKRAINE) Polishchuk O. I., Antonyak H. L., Pershyn O. I.

**Abstract.** Heavy metals are among the most dangerous air pollutants that can have a serious impact on biota and human health in industrial cities. Therefore, environmental monitoring of atmospheric air in urban ecosystems is of great importance. An important tool for environmental assessment is the use of mosses, which can serve as biological monitors of atmospheric pollution with metals. In order to identify effective biomonitor species, we have analyzed the concentrations of Cr, Mn, Ni, Pb and Zn in gametophytes of mosses *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp., *Rhynchostegium murale* (Hedw.) Schimp., and *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch & Schimp. collected in the territory of the city of Lviv (Ukraine). The concentrations of metals in moss samples were investigated using atomic absorption spectrophotometry.

**Results.** The results of the study show that analyzed metals by the level of their accumulation in gametophytes of all three species of bryophytes can be arranged in decreasing order in the following range: Mn > Zn > Cr > Ni > Pb. However, the accumulation level of individual metals varied among different moss species. The moss *S. apocarpum* was characterized by the highest average concentration values of all analyzed metals except Pb, although statistically significant differences compared with the other two mosses were found only for manganese concentration. In particular, Mn content in the gametophyte of *S. apocarpum* was higher than in the gametophytes of *P. polyantha* and *R. murale* by 1.77 ( $p < 0.05$ ) and 1.87 times ( $p < 0.01$ ), respectively. Zn content in this moss was 1.42 times higher ( $p < 0.05$ ) than in *R. murale*, and the concentrations of Cr and Ni were 1.51 ( $p < 0.05$ ) and 2.04 times ( $p < 0.01$ ), respectively, higher than in *P. polyantha*. The moss *R. murale*, like *S. apocarpum*, was characterized by significantly higher concentrations of Cr and Ni compared to *P. polyantha*; however, the concentrations of Pb in *S. apocarpum* and *R. murale* were lower compared to *P. polyantha* (1.57 and 1.49 times, respectively).

In order to clarify the relationship between the technogenic pollution of the territory and the level of metal accumulation in moss gametophytes, samples of plant material collected in the area of Stryiska Street with large industrial and transport loads were compared with the results of studies of mosses collected in Stryisky Park (territory not subject to anthropogenic impact). According to the results obtained, the concentrations of individual metals reached significantly higher values in samples of bryophytes from Stryiska Street than in samples from the territory of Stryisky Park. The relationship between the concentration of metals in gametophytes and the area of moss collecting was clearly manifested in *P. polyantha* moss. Namely, the concentrations of Mn, Zn, and Pb in *P. polyantha* sampled near Stryiska Street exceeded those found in samples from Stryisky Park by 2.3 ( $p < 0.01$ ), 3.0 ( $p < 0.001$ ) and 1.91 times ( $p < 0.05$ ), respectively. A similar dynamics of metal concentrations was found in two other species of bryophytes. However, differences in the metal content in gametophytes of *R. murale* and *S. apocarpum* collected in areas with different levels of anthropogenic load were less pronounced than in *P. polyantha*.

**Conclusions.** Analysis of Cr, Mn, Ni, Pb, and Zn concentrations in the gametophytes of *Pylaisia polyantha*, *Rhynchostegium murale*, and *Schistidium apocarpum* indicates differences in the intensity of metal accumulation between moss species. Due to the higher responsiveness of *Pylaisia polyantha* to air pollution and a more pronounced association between the accumulation of metals in its gametophyte and anthropogenic stress in the territory compared to other mosses, this bryophyte could potentially be used as a biological monitor for assessing and monitoring air quality in large industrial cities.

**Key words:** mosses, bryophytes, *Pylaisia polyantha*, *Rhynchostegium murale*, *Schistidium apocarpum*, metals, biomonitoring, biomonitor species, atmosphere, urban ecosystems.

Рецензент – проф. Катрушов О. В.  
Стаття надійшла 29.08.2019 року