

Оксана ЩЕРБАЧЕНКО, Орест ДЕМКІВ

АКУМУЛЯЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ПРИБЕРЕЖНИМИ МОХАМИ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ м. ЛЬВОВА

Подано результати дослідження бріофлори берегів водойм м. Львова. Види, що домінують як за частотою трапляння, так і за проективним покриттям, проаналізовано на здатність поглинати іони важких металів. Встановлений зворотний зв'язок між кількістю видів, зібраних на берегах водойм і рівнем нагромадження у них важких металів, тобто рівнем забруднення водойм.

Виникнення, розвиток та еволюція живих організмів здійснювалися у мінливих умовах середовища, які часом досягали екстремальних значень, створюючи стресові ситуації для існування живих істот. Серед багатьох небезпек, які загрожували й загрожують нормальному розвитку біосистем, в останні 50 років сформувалася нова — техногенне забруднення довкілля. Техногенні поллютанти діють на рослинні організми як біохемічні агенти, які порушують ультраструктуру клітин, фізіологічні процеси й метаболізм рослин, а через них видовий склад угруповань, внутрішньовидове розмаїття, процеси розмноження та відновлення, продуктивність і стійкість до патогенів [1].

Мохоподібним, завдяки специфічності їх анатомо-морфологічної структури та способу мінерального живлення, притаманна висока сорбційна здатність. Саме ця важлива властивість визначає переваги бріофітів у поглинанні поллютантів безпосередньо з повітря чи води, а не тільки з ґрунту [5, 6].

Як відомо, важкі метали є найнебезпечнішими компонентами хемічного забруднення поверхневих вод України. Їхня поведінка своєрідна, оскільки вони не піддаються деструкції як органічні речовини, а постійно перебувають у водних екосистемах у певній формі. Їхній фізико-хемічний стан змінюється унаслідок гідролізу, комплексоутворення, адсорбції, осадження, акумулюючої здатності гідробіонтів та депонуючої здатності донних відкладів [2].

Здатність мохів акумулювати іони важких металів є одним із процесів, що визначають міграційну рухливість цих поллютантів, їхній перерозподіл між основними компонентами трофічного ланцюга гідроєкосистеми. Саме тому дослідження бріофлори берегів водойм, доповнене кількісною оцінкою вмісту важких металів у гаметофіті мохів та у воді, має вагоме значення для вироблення експериментально-аналітичних підходів до оцінювання рівнів забруднення водного середовища поллютантами.

Дослідження бріофлори берегів водойм провадили весняно-літнього сезону 2002 року в різних за рівнем забруднення ектопах (водойми в парках „Погулянка“ та „Знесіння“, поблизу Ізоляторного заводу, неподалік вулиці Княгині Ольги, на перехресті вулиць Стрийська-Наукова). Вивчення мохоподібних провадили загальноприйнятими методами [4].

Вміст важких металів визначали методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії на спектрофотометрі „С-115“ у пропан-бутановому полум'ї з використанням електротермічного атомізатора „Графіт-2“ [3]. Для аналізу відбирали 1—2 г листкостеблових пагонів завдовжки 2—3 см, не пошкоджених і без відмерлих частин. Відібраний матеріал спалювали сухим методом. Аліквоту золи (0,2—0,3 г) обробляли розведеною (1:1) HNO_3 , нагрівали до кипіння, відфільтровували та використовували для аналізу вмісту металів у мохах. Концентрацію металів виражали в мг на 1 кг сухої маси досліджуваних зразків.

Для аналізу води проби відбирали з поверхневого горизонту ставів, фільтрували, підкислювали концентрованою азотною кислотою і попередньо концентрували (випарованням) до зменшення об'єму в 20 разів. Отриманий нітратний розчин використовували для аналізу вмісту металів у воді. Концентрацію металів виражали в мг на 1 л розчину.

Унаслідок бріологічних досліджень виявлено 35 видів мохоподібних. Серед них 2 печіночники (*Hepaticopsida*), 33 види листкостеблових мохів (*Bryopsida*) (табл.). Порівнюючи дані таблиці бачимо, що найчисельнішою за видовим складом є водойма в регіонально-ландшафтному парку „Знесіння“ — 17 видів. Найменшу кількість видів було зібрано з берегів водойми неподалік вулиці Княгині Ольги — 7 видів. В усіх інших досліджуваних водоймах кількість видів коливалася у межах 10—13 видів.

На основі отриманих даних встановлено, що дернинки мохоподібних заболочених берегів водойм, що поблизу автотрас, розвинені слабо. Краще вони розвинені в парках та лісопарках. За участю мохоподібних у цих обростаннях виділяються домінуючі види: *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) В., S. & G., *B. salebrosum* (Web. et Mohr) В., S. & G. і *Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst., *Calliergon cordifolium* (Hedw.) Kindb., *Amblystegium serpens* (Hedw.) В., S. & G. Вони формують стійкі заростання. Решта видів трапляється у вигляді незначних плям і домішок.

У процесі бріоіндикації природного середовища різними авторами було показано, що першою візуальною ознакою техногенного забруднення є гальмування, а то й повне блокування генеративного розмноження мохів. Нами встановлено, що переважна більшість видів, які заселяють береги водойм м. Львова залишаються стерильними і не утворюють спорогонів. Це свідчить про значний антропогенний вплив на досліджувані екосистеми.

Види, що домінують як за частотою трапляння, так і за проєктивним покриттям аналізували на здатність поглинати іони важких металів — Cd^{2+} , Pb^{2+} та Cu^{2+} . Встановлено, що для даних мохів властивий високий рівень акумуляції важких металів. Найбільше нагромаджував *Drepanocladus aduncus* (Hedw.): $29,4 \pm 3,1$ мг/кг сухої маси Pb^{2+} ; $1,2 \pm 0,1$ мг/кг Cd^{2+} і $25,6 \pm 2,4$ мг/кг сухої маси Cu^{2+} , дещо менше — *Brachythecium salebrosum* (Web. et Mohr): $21,4 \pm 2,0$ мг/кг сухої маси Pb^{2+} ; $1,1 \pm 0,1$ мг/кг Cd^{2+} і $15,3 \pm 2,7$ мг/кг сухої маси Cu^{2+} , найменше серед домінуючих мохів нагромаджував *Brachythecium rutabulum* (Hedw.): $15,0 \pm 1,7$ мг/кг сухої маси Pb^{2+} ; $1,0 \pm 0,1$ мг/кг Cd^{2+} і $11,7 \pm 1,0$ мг/кг сухої маси Cu^{2+} .

Таблиця

Видовий склад прибережних мохів водойм м. Львова *

Назва виду	Об'єкти дослідження **				
	1	2	3	4	5
<i>Marchantia polymorpha</i> L.	-	-	-	-	+
<i>Aneura pinguis</i> (L.) Dum.	-	-	+	-	-
<i>Atrichum angustatum</i> (Brid.) B. & S.	-	-	-	-	+
<i>Atrichum undulatum</i> (Hedw.) P. Beauv.	-	-	-	-	+
<i>Dicranum montanum</i> Hedw.	-	-	-	-	+
<i>Tortula muralis</i> Hedw.	+	-	+	-	-
<i>Phascum cuspidatum</i> Hedw.	+	-	-	-	-
<i>Didymodon vinealis</i> (Brid.) Zander	-	-	-	+	-
<i>Didymodon spadiceus</i> (Mitt.) Limpr.	-	-	-	+	-
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	-	-	+	+	-
<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb.	-	-	-	+	-
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	-	-	+	-	-
<i>Bryum pseudotriquetrum</i> (Hedw.) Gaertn., Meyer & Scherb.	+	-	-	+	-
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> (Hedw.) T. Kop.	-	-	+	-	-
<i>Plagiomnium medium</i> (B. & S.) T. Kop.	-	-	-	-	+
<i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) T. Kop.	-	-	+	-	+
<i>Plagiomnium rostratum</i> (Schrad.) T. Kop.	-	-	+	-	+
<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwaegr.	-	-	-	+	-
<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) Web. & Mohr	-	-	+	-	-
<i>Cratoneuron commutatum</i> (Hedw.) G. Roth	-	+	-	-	-
<i>Campylium polygamum</i> (B., S. & G.) J. Lange & C. Jens.	-	+	-	-	-
<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) B., S. & G.	+	+	+	-	-
<i>Amblystegium varium</i> (Hedw.) Lindb.	-	-	+	-	-
<i>Amblystegium riparium</i> (Hedw.) B., S. & G.	-	+	-	-	-
<i>Drepanocladus aduncus</i> (Hedw.) Warnst.	+	+	+	+	+
<i>Calliergon stramineum</i> (Brid.) Kindb.	+	-	-	-	+
<i>Calliergon cordifolium</i> (Hedw.) Kindb.	-	+	+	-	+
<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske	-	+	-	+	-
<i>Brachythecium salebrosum</i> (Web. & Mohr.) B., S. & G.	+	+	+	+	+
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) B., S. & G.	+	+	+	+	+
<i>Brachythecium velutinum</i> (Hedw.) B., S. & G.	-	-	-	+	-
<i>Cirriphyllum piliferum</i> (Hedw.) Grout	-	-	+	-	-
<i>Eurhynchium hians</i> (Hedw.) Sande Lac.	-	+	+	-	-
<i>Homomallium incurvatum</i> (Brid.) Loeske	-	-	-	+	-
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i> (Hedw.) Warnst.	-	-	+	-	+

* Список видів поданий за системою, прийнятою у „Mosses of Europe and the Azores; an annotated list of species, with synonyms from the recent literature“ (Corley et al., 1981) і „Hepatics of Europe including the Azores; an annotated list of species, with synonyms from the recent literature“ (Grolle, 1983).

** — водойма неподалік вулиці Княгині Ольги, 2 — водойма на куті вулиць Стрийська і Наукова, 3 — водойма в парку „Знесіння“, 4 — водойма поблизу Ізоляторного заводу, 5 — водойма в лісопарку „Погулянка“.

Для кожного з проаналізованих видів встановлена пряма залежність їх акумулятивної здатності від рівня забруднення території. Види, зібрані у парках та лісопарках, нагромаджували у декілька разів менше важких металів, ніж види з екоотопів, розміщених поблизу автотрас. Крім того, встановлений зворотний зв'язок між кількістю видів, зібраних на берегах водойм і рівнем нагромадження у них важких металів, тобто рівнем забруднення водойм. Якщо врахувати той факт, що вміст полютантів у воді проаналізованих водойм дуже низький — $Pb^{2+}=0,1$; $Cd^{2+}=0,01$, а $Cu^{2+}=0,3\pm 0,1$ мг/л, тоді біоіндикаційні методи є єдиною можливістю оцінювання реальної ситуації у водоймах. Зниження видового розмаїття з підвищенням рівня забруднення повітря переконливо показано для епіфітних видів мохоподібних, а тепер підтверджено на іншій екологічній групі — видах заболочених берегів водойм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Демків Л. О. Ответные реакции мхов на загрязнение внешней среды // Бриология в СССР, ее достижения и перспективы. Конф. посвящ. 90-летию со дня рождения А. С. Лазаренко. Львов, 1991. С. 66—70.
2. Линник П. Н. Тяжелые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции // Гидробиологический журнал. 1999. Т. 35. № 1. С. 22—41.
3. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М.: Гидрометеиздат, 1981. 168 с.
4. Ульчина К. О., Гапон С. В., Кулык Т. Г. К методике изучения эпифитных моховых обрастаний // Проблемы бриологии в СССР. Л., 1989. С. 201—206.
5. Richardson D. H. S. The biology of mosses. Oxford: Blackwell scientific publication, 1981. 220 p.
6. Rao D. N. Responses of bryophytes to air pollution // Bryophyte ecology. London, 1982. P. 445—471.

SUMMARY

Oksana SCHERBACHENKO, Orest DEMKIV

ACCUMULATION OF HEAVY METALS BY MOSSES IN WATER ECOSYSTEMS OF L'VIV CITY

The investigation results of water-side mosses of L'viv city are given. The species dominated by both the frequency of occurrence and project covering have been analysed as to the capacity to absorb ions of heavy metals. The feedback between the quantity of species collected on the water-sides of basins and the level of accumulation of heavy metals in them i.e. level of the basins pollution has been established.