

**В.І. КОЗЛОВСЬКИЙ¹, О.Г. МАРИСКЕВИЧ¹,
М.М.ЗАГУЛЬСЬКИЙ²**

¹Інститут екології Карпат НАН України

79026, Львів, вул. Козельницька, 4

²Львівський національний університет імені Івана Франка,

79005 Львів, вул. М. Грушевського 4

ІСТОРИЧНА БІОГЕОХІМІЧНА ІНДИКАЦІЯ АТМОСФЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ МАСИВУ ЧОРНОГОРА (СХІДНІ КАРПАТИ)

ключові слова: історичний моніторинг, біоіндикація, мохи, важкі метали, Східні Карпати

key words: historical monitoring, bioindication, mosses, heavy metals, Western Carpathians

V.I.KOZLOVSKY¹, O.G.MARYSKEVYCH¹, M.M.ZAGULSKY²
**HISTORICAL AND BIOGEOCHEMICAL INDICATION OF
ENVIRONMENTAL POLLUTION OF HEAVY METALS IN THE
CHORNOGORA (WESTERN CARPATHIANS)**

¹Institute of Ecology of the Carpathians

4 Kozelnyska str., 79026 Lviv, Ukraine

²Ivan Franko National University of Lviv

Hrushevs'ky Str., 4, Lviv 79005, Ukraine

Attempt of historical and biogeochemical indication of environmental pollution of the Chornogora massive by mosses was made. High fluctuation of heavy metals concentrations in the investigated samples of mosses and the limited quantities of herbarium materials collected in the beginning of XX century do not answer the question about the change of level of pollution of the Chornohora massive from beginning to the end of XX century. Opportunity of using mosses from high bog of the Western Carpathian Mts. for historical monitoring was considered.

Одним з актуальних завдань екологічного моніторингу є визначення часових трендів атмосферного забруднення середовища важкими металами шляхом порівняльного вивчення хімічного складу різних біологічних об'єктів, відібраних у різні роки у одних і тих же місцях. Наявний досвід історичної біогеохімічної індикації атмосферного забруднення середовища важкими металами за допомогою мохів і лишайників свідчить про перспективність використання цих спорових рослин для моніторингу стану довкілля [3, 4, 11, 12, 13]. Відомі також роботи, у яких з метою історичного моніторингу використовували комах і вищі водні рослини [5, 7].

Точка зору про техногенне забруднення атмосфери Центральної та Східної Європи протягом другої половини ХІХ — першої половини ХХ сторіччя підкріплюється даними З.Яворовського [8] щодо нагромадження свинцю у льодовику Менгушовецького льодовикового кару у Високих Татрах: за період від 1861 до 1965 року його концентрація зросла в 16 разів (від 5,0 до 78,5 мкг/мл). Враховуючи те, що в українській частині Східних Карпат переважають вітри західних румбів, а також обставину, що рівень атмосферного техногенного навантаження у Східній Європі зменшується із заходу на схід, можна припустити, що величина забруднення довкілля в Українських Карпатах за цей же період часу буде якщо не меншою, то, принаймні, не більшою. Крім цього, процес нагромадження важких металів мохами як живими організмами, на відміну від пасивної консервації елементами абіотичного середовища — льодовиками, є набагато складнішим. Явища сорбції-десорбції елементів рослиною не завжди сприяють лінійному відображенню процесу забруднення в системі “рослина-довкілля”, як це має місце у системі “льодовик-довкілля”. Отже, беручи до уваги високу варіабельність вмісту важких металів у мохах та, як правило, обмежену кількість гербарного матеріалу історичних зразків, стає зрозуміло, що встановити різницю між рівнями нагромадження важких металів у зразках різних років відбору дуже важко. Про це ж свідчать результати роботи О.Б.Блюма та Ю.Г.Тютюнник [3, 4], у яких шляхом порівняльного вивчення хімічного складу лишайників різних років відбору була зроблена оцінка зміни рівня забруднення атмосфери фонових районів Центральної, Східної та Південної України від кінця ХІХ до початку ХХ століття. За наявності пар рослинних зразків, між якими різниця встановлена не була, та пар, де концентрація важких металів у гербарних “історичних” зразках була навіть нижчою ніж у сучасних, зафіксовано збільшення рівня нагромадження міді, цинку, свинцю, молібдену, марганцю у 1.1-1.3 рази та заліза — у 1.5-2.0 рази. Достовірне збільшення рівня концентрації заліза в таломгах лишайників і менш виражена різниця для інших елементів може бути наслідком не лише зміни вмісту важких металів у атмосфері, а й атмосферних процесів, за яких відбуваються зміни співвідношень сорбції-десорбції у системі “рослина-довкілля”. Варто відзначити, що зафіксовані часові тренди нагромадження стосуються регіонів України, де промисловий потенціал за останнє сторіччя виріс багатократно. Отже і рівень забруднення фонових екосистем також змінився тут значно більше, ніж у Західному регіоні держави. Тому цілком імовірним є те, що зафіксувати різницю вмісту важких металів у рослинах-біоіндикаторах, відібраних у різні роки, можна лише за

наявності потрібної кількості гербарних зразків, яка, як правило, обмежена.

Об'єктами дослідження були 4 види мохів — *Dicranum scoparium* Hedw., *Paraleucobryum enerve* (Thed.) Loeske, *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst. та *Drepanocladus uncinatus* Warnst., які були відібрані в субальпійських та альпійських рослинних угрупованнях у межах висот від 1600 до 1850 м над рівнем моря в урочищі Гаджина на території Карпатського національного природного парку (масив Чорногора, Східні Карпати). Відбір видів мохів для історичного моніторингу був детермінований тими видами мохів, які були зібрані на цій самій території у 1927 році польським ботаніком R.Wilczekom і зараз знаходяться в Гербарії кафедри ботаніки Львівського Національного університету ім.І.Франка (LW). Загалом було відібрано 30 зразків мохів, з яких 14 — із гербарного збору 1927 року.

Підготовку зразків мохів до аналізів здійснювали шляхом сухого спалювання з наступною обробкою залишку HNO_3 [6]. Важкі метали визначали атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі “С-115М1” в пропан-бутановому полум'ї.

Результати історичної біогеохімічної індикації атмосферного забруднення урочища Гаджина в Чорногорі за допомогою мохів наведено в таблиці.

Встановлено, що рівень нагромадження досліджуваних металів у зразках 4 проаналізованих видів мохів характеризувався такими особливостями: вміст Cu, Pb, Zn, Cd, Mn і Fe був дуже близьким у мохах відборів 1927 і 1999 р. і, відповідно, коливався в межах 3,4-17,1; 13,6-78,3; 28,7-154,9; 0,19-1,23; 101-744 та 410-6542 мкг/г сухої речовини. В окремих випадках максимальні рівні нагромадження металів у зразках, відібраних у 1927 році, були вищими, порівняно з 1999 роком (Zn, Mn, Fe). Лишень для *Dicranum scoparium*, відібраного у 1999 році, було виявлено достовірно вищий рівень нагромадження Pb, присутність якого в атмосфері фонових районів вважається наслідком техногенного впливу.

Через високі межі коливань важких металів у проаналізованих зразках, дати остаточну відповідь на питання про зміну рівня атмосферного забруднення Чорногори за період від початку до кінця ХХ століття не вдалося. Така висока варіабельність вмісту важких металів у мохах, окрім природних факторів, зумовлена ще й тим, що через малу кількість матеріалу під час підготовки зразків була відсутня можливість розділення гербарних зразків на зелену та буру частини, тому аналізували сумарні зразки 1927 та 1999 років відборів.

* – зразки зборів R. Wilezeka (1927) із Гербарію кафедри ботаніки Львівського національного університету ім.І.Франка

Для біологічного моніторингу використовується зелена частина мохів, оскільки для живої частини рослини, на відміну від мертвої (бурої), характерні інші механізми сорбції-десорбції, що значною мірою полегшує інтерпретацію отриманих результатів.

У майбутньому перспективними об'єктами для проведення історичного моніторингу на території Східних Карпат є верхові болота, які, як і льодовики, мають лишень атмосферне живлення. Відомо, що води, які дренують верхові болота є менш мінералізованими, ніж атмосферні опади [1]. Тобто, практично увесь запас мікроелементів, потрапивши на поверхню верхового болота, поглинається рослинністю й сорбується торфом. Виняткова сорбційна здатність торфу зумовлена його високою питомою поверхнею, яка сягає 200 м²/г [2]. Ємність торфу відносно Рb сягає 11% за масою. На основі цього можна припустити, що більша частина мікроелементів, випадаючи на верхове болото, залишається законсервованою в товщі торфу. Крім цього, торф — зручний матеріал для визначення його абсолютного віку радіовуглецевим методом, а також — найкращий об'єкт палеоботанічного вивчення. Тому дослідження верхових торфовищ залишається перспективним як для встановлення геохімічного фону середовища в минулому, зокрема, природної інтенсивності випадання важких металів з атмосфери, так й історії інтенсифікації цього процесу під впливом антропогенних факторів і, отже, визначення ступеня забруднення атмосфери порівняно з минулим природним геохімічним фоном.

Перспективність використання з цієї точки зору верхових боліт Черногори очевидна. Однак, під час вибору об'єктів, необхідно шукати торфовища з достатнім запасом торфу та враховувати можливість бокового приносу речовини зі стінок льодовикових котлів. Хорошою передумовою для вибору об'єктів дослідження є палеоботанічні роботи Г.Козія [9, 10] та С.Толпи [14], де описано більшість високогірних торфовищ Черногори.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баденкова С.В., Добродеев О.П., Сухова Т.Г. Распределение свинца в разрезе верховых торфяников как показатель нарастающего загрязнения атмосферы. // Вестник МГУ. Сер. географ. – 1982. – № 3. – С. 53-58.
2. Белькевич П.И., Чистова Л.Р. Торф и проблема защиты окружающей среды. Минск: Наука и техника, 1979. – 184 с.
3. Блюм О.Б., Тютюнник Ю.Г. Историчний біомоніторинг вмісту свинцю в атмосфері з допомогою лишайників. // Доповіді АН УРСР. Сер. Біол. – 1985. – № 10. – С. 52-54.
4. Блюм О.Б., Тютюнник Ю.Г. Исторический аспект регионального мониторинга тяжелых металлов в атмосфере, осуществляемый методом биогеохимической лихено-

индикации (на примере Украинской ССР). // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Т. XII. – Л., Гидрометеиздат, 1989. – С. 73-86.

5. Жулидов А.В., Емец В.М. Накопление свинца в теле жуков в условиях загрязнения среды их обитания выхлопными газами автомобилей. // Докл. АН СССР. – 1979. – 244, № 6. – С. 1515-1516.

6. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. - М: Гидрометеиздат, 1981. – 70 с.

7. Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг исторического прошлого загрязнения рек свинцом на основе изучения аккумуляции металла в растениях. // Докл. АН СССР. – 1981. – 258, № 4. – С. 1019-1021.

8. Jaworowski Z. Stable lead in fossil ice and bones // Nature. – 1967. – № 217. – P. 152-153.

9. Kozij G. Wysokogórskie torfowiska północno-zachodniego pasma Czarnohory. // Pamiętnik Inst. Gosp. Wiejskiego w Puławach, 1932. – 13. – S. 163-179.

10. Kozij G. Stratygrafia i typu florystyczne torfowisk Karpat Pokuckich. // Pamiętnik Państwowego Inst. Gospodarstwa Wiejskiego w Puławach. – 1934. – 15. – S. 160-226.

11. Lawrey J.D., Hale M.E. Retrospective study of lichen lead accumulation in the Northeastern United States // Bryologist. – 1981. – 84, № 4. – P 449-456.

12. Lawrey J.D., Hale M.E. Lichen evidence for changes in atmospheric pollution in Shenandoah National Park, Virginia // Bryologist. – 1988. – 91, № 1. – P. 21-23.

13. Rasmussen L. Epiphytic bryophytes as indicators of the change in the background levels of airborne metals from 1951- 1975 // Environ. Pollut. – 1977. – 4, № 1. – P. 37-45.

14. Tolpa S. Z badan nad wysokogórskimi torfowiskami Czarnohóry. – Pollenanalytische Untersuchungen über einige hochgelegene Torfmoore in Czarnohora // Acta Soc. bot. pol. – 1928. – 5. – S. 221-245.