

УДК 502.7:551:510

І.М. Смоленський, В.В. Клід

## **БІОГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА АЕРОТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА "ГОРГАНИ" ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ**

*Смоленский И.Н., Клид В.В. Биогеохимическая оценка аэротехногенного загрязнения территории природного заповедника "Горганы" тяжелыми металлами // Науч. зап. Гос. природоведч. музея. – Львов, 2003. – 18. – С. 191-194.*

Выполнена первичная биогеохимическая оценка аэропромышленного загрязнения тяжелыми металлами территории природного заповедника «Горганы» (Ивано-Франковская обл.). В качестве биоиндикаторов использованы споровые растения (мхи и лишайники), которые наиболее чувствительно реагируют на атмосферное загрязнение. В результате исследований определены сравнительные показатели биоаккумуляции антропогенных поллютантов видами *Pleurozium schreberi* и *Hypogymnia physodes*.

*Smolensky, I., Klid, V. The biogeochemical estimate of heavy metal air pollution in Natural Reservat "Horhany" // Proc. of the State Nat. Hist. Museum. – L'viv, 2003. – 18. – P. 191-194.*

A preliminary biogeochemical estimate of heavy metal air pollution in the Natural Reservat "Horhany" (Ivano-Frankivsk region) has been conducted. The mosses and lichen vegetation which are the most sensitive to air pollution were used as bioindicators. The comparative data of bioaccumulation in *Pleurozium schreberi* and *Hypogymnia physodes* have been determined.

Використання методів біогеохімічної індикації (БГХІ) антропогенного і, зокрема, аеротехногенного забруднення (АТЗ) довкілля стало особливо актуальним в останній час у зв'язку з необхідністю екологічного нормування, стандартизації та моніторингу, за наявності транскордонного [5] та регіонального забруднення повітря. З метою визначення ступеня аеротехногенного навантаження на довкілля на регіонально-локальному рівні використовують спорові рослини (мохи та лишайники). Особливе значення при цьому надається фоновим територіям, що використовуються для отримання необхідних стандартних та порівняльних величин. Роль фонових територій відіграють біосферні та природні заповідники, хоча очевидно, що вони не завжди збігаються з територіями найменшого аеротехногенного впливу. Інформація щодо вмісту антропогенних поллютантів у рослинному матеріалі, зібраному у межах заповідних та промислових територій, дає можливість здійснити порівняльну біогеохімічну оцінку ступеня аеротехногенного забруднення природних та техногенно порушених екосистем із визначенням стандартних величин біо- (бріо-, ліхено-) акумуляції та встановленням індексів техногенного навантаження як показників техногенної безпеки територій. Порівняння проводять з абсолютними або виведеними на їх основі нормованими чи відносними індикаційними параметрами. У більшості випадків величини (біоіндикаційні параметри) порівнюються безпосередньо [1].

Поряд із цим, у сучасній практиці застосування БГХІ АТЗ існує низка проблем, викликана необхідністю калібрування методу [2], яке полягає в оцінці стеріоспецифічності біоаккумуляції різних видів рослин до забруднення, та чутливості методу загалом.

Згідно літературних джерел [3], поряд з такими чинниками, як характер забруднення, вид біоіндикатора та тип кори, на чутливість мохів і лишайників до аеротехногенного забруднення впливають також кліматичні чинники, тому шкали чутливості, які використовуються у системі моніторингу, повинні бути регіональними [4].

Загалом відомо, що мохи акумулюють атмосферні забруднення, зокрема, важкі метали краще, ніж лишайники. Так, встановлено, що *Hypnum cupressiforme* добре акумулює Fe, Pb та Zn, а *Pohlia nutans* – Cd. Закономірності щодо співвідношення вмісту окремих забрудників у різних видах узагальнені у так званому "методі розрахунку калібрувального фактору Фолкесона" [7], що є досить корисним, оскільки поширення видів у природних умовах нерівномірне.

З метою уніфікації отриманих даних щодо аеротехногенного забруднення різних територій використовують певні універсальні види біоіндикаторів. Загальноприйнятими індикаторами АТЗ є види мохів родин *Dicranum*, *Hylocomium*, *Hypnum*, *Pleurozium*, *Pohlia* та види лишайників родин *Cladonia*, *Hypogymnia*, *Pseudeyenia*, *Usnea*. На основі попередніх досліджень встановлено, що для моніторингу АТЗ екосистем Передкарпаття та Карпатського регіону доцільно використовувати види *Pleurozium schreberi* та *Hypogymnia physodes* [6], які досить широко представлені в межах регіону.

### Матеріал і методика досліджень

Місцем досліджень обрано природний заповідник ПЗ "Горгани", гірсько-лісові екосистеми якого, завдяки своєму розташуванню та характерній для даної території розі вітрів, практично не зазнають аеротехногенного впливу промислових емісій підприємств Передкарпаття, а, отже, можуть розглядатися в якості фонові області в межах регіону. Потенційним джерелом аеротехногенного забруднення екосистем заповідника є транскордонне перенесення забруднюючих речовин з країн Центральної та Східної Європи. Пріоритетними екогенетичними поліутантами на території Передкарпаття є важкі метали аерозольних викидів ТЕС (Калусько-Бурштинський енергоострів), при оцінці впливу яких необхідно враховувати їх стеріоспецифічну адсорбційну здатність до певних видів спорових рослин. Враховуючи сказане, відібрані зразки рослин аналізувались на вміст 6-ти елементів (Zn, Fe, Mn, Cu, Pb, Cd) методом атомно-адсорбційної спектроскопометрії. Відбір фітозразків на території ПЗ "Горгани" проводили у координатах міжнародної європейської мережі ICP-Forest з урахуванням топографічних та інших особливостей території. З метою встановлення біоаккумулятивних параметрів бріо- та ліхенофлори, що зростає на території заповідника, використано види *Pleurozium schreberi* та *Hypogymnia physodes*.

### Результати досліджень

На підставі матеріалів аналізу зразків, відібраних на території ПЗ "Горгани", проведено первинний скринінг їх селективно-видової біоаккумуляції. Одержані дані ще раз підтвердили вибірковість поглинання іонів металів різними видами. Помічено, що лишайник *Hypogymnia physodes* в середньому більше, ніж мох *Pleurozium*

schreberi накопичує Zn, Fe, та Pb (відповідно у 1,7, 1,9 та 2,2 рази), але менше за вмістом Cu (табл. 1). Це тільки частково відповідає гіпотезі Фолкесона щодо біоакумуляції забруднень цих інгредієнтів вказаними видами. Особливо це проявляється у відношенні техногенно небезпечних фітотоксичних полутантів (Pb, Fe).

Найбільшими в обох видах виявились концентрації Fe та Mn, дещо меншими Zn та Pb. Найменшим у досліджених видах був вміст Cd, який не перевищував 0,15 мкг/г. Таким чином, шкала чутливості розглядуваних видів до накопичення важких металів в межах досліджуваної території має наступний вигляд: Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Cd. При цьому відмінності у величині поглинання одного й того ж інгредієнту досить незначні. Виняток становить верхня межа поглинання заліза вилом *Hypogymnia physodes*.

Таблиця 1.

Співвідношення вмісту важких металів у фітомасі *Hypogymnia physodes* (а) та *Pleurozium schreberi* в екосистемах ПЗ "Горгани" schreberi (в)

Дослідн. ділянки (№)	Відношення а / в					
	Zn	Fe	Mn	Cu	Pb	Cd
1	1,07	1,36	1,42	0,62	0,68	0,21
2	2,23	1,76	0,71	0,73	1,86	1,00
3	0,86	2,18	1,32	0,50	4,40	2,93
4	1,07	2,01	1,53	0,62	0,83	1,63
5	2,72	1,53	0,58	1,75	1,20	0,63
6	2,21	1,49	0,62	0,59	2,93	1,00
7	1,34	1,88	1,47	1,25	5,33	1,00
8	2,19	3,07	0,49	0,73	0,66	0,21

Первинна оцінка аеротехногенного забруднення екосистем природного заповідника ПЗ "Горгани" за допомогою *Hypogymnia physodes* та *Pleurozium schreberi* дала можливість встановити значення вмісту важких металів у досліджених видах та вивести на їх основі наближені порівняльні величини (табл. 2), які можуть бути критерієм для відповідних регіонально-локальних порівнянь ступеня аеротехногенного забруднення окремих територій, зокрема, техногенно-порушених екосистем Передкарпаття.

Таблиця 2.

Наближені порівняльні величини вмісту важких металів у фітомасі *Hypogymnia physodes* та *Pleurozium schreberi* (мкг/г)

Вид	Вміст елементів, мкг / г					
	Zn	Fe	Mn	Cu	Pb	Cd
<i>Hypogymnia physodes</i>	78,16	633,73	178,66	5,18	27,47	0,42
<i>Pleurozium schreberi</i>	49,33	274,38	172,29	7,6	18,56	0,27

## Висновки

1. Вміст важких металів у *Pleurozium schreberi* та *Hypogymnia physodes*, що зростають на території природного заповідника "Горгани", коливається у межах від 0,15 мкг/г (Cd) до 1014,6 мкг/г (Fe), причому найбільші концентрації притаманні біогенно-активним Fe, Zn та Mn, тоді як вміст техногенно-токсичних Pb і Cd незначний. Це вказує, з одного боку, на "природне" походження інгредієнтів, з другого – на практичну відсутність АТЗ у вигляді "металевого тиску" на екосистемі заповідника.

2. *Hypogymnia physodes* виявляє кращу, у порівнянні з *Pleurozium schreberi* стеріоспецифічну здатність до накопичення важких металів. Особливо це стосується поглинання заліза, що наводить на думку про можливість специфічної індикації інгредієнта за допомогою цього виду.

1. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / Под ред. Р.Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350с.
2. Ганжа Д.Д. Калібрація накопичення дрібнозему і металів епіфітними лишайниками // Геохімічні проблеми Івано-Франківщини та Карпатського регіону. – Івано-Франківськ: Екор, 1998. – С. 113-121.
3. Инсаров Т.Д., Инсарова И.Д. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеоздат, 1989, Т. 12. – С. 54-63.
4. Инсаров Г.Д., Инсарова И.Д. Система районирования Земли для целей мониторинга эпифитных лишайников // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеоздат, 1991, Т. 13.- С. 112-113.
5. Изразль Ю.А., Семёнов С.М., Кунина И.М. Экологическое нормирование: методология и практика // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеоздат, 1991, Т. 13. – С. 10-24.
6. Смоленський І.М., Шпільчак М.Б., Клід В.В. Біогеохімічна індикація аеротехногенного забруднення в умовах природних екосистем (на прикладі ПЗ "Горгани") // "Національні природні парки: проблеми становлення та розвитку": Матеріали наук.-практ. конф. Яремча 14-17 вер. 2000 р. – С. 280-281.
7. Folkesson L. Interspecies calibration of heavy-metal concentration in nime mosses and lichens applicably to deposition measurements // Water, Air and Soil Pollution. – 1979. – 11. – P. 253-260.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу