



УДК 582.32: 662. 271.4: 577.118

## ВМІСТ ЗАГАЛЬНОГО НІТРОГЕНУ І ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГАМЕТОФІТІ МОХІВ ТА ПОВЕРХНЕВОМУ ШАРІ ТЕХНОГЕННОГО СУБСТРАТУ ШАХТНИХ ВІДВАЛІВ

*Л. Карпінець<sup>1</sup>, О. Лобачевська<sup>2</sup>, В. Баранов<sup>1</sup>, С. Дяків<sup>1</sup>, С. Гнатуш<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна  
e-mail: bio.lwiw@mail.ru*

*<sup>2</sup>Інститут екології Карпат НАН України, вул. Стефаника, 11, Львів 79000, Україна*

Досліджено вплив бріоугруповань на хімічний склад техногенних субстратів породних відвалів. Установлено, що на шахтних відвалах вміст загального Нітрогену під мохоподібними перевищував його вміст у субстраті без рослин. Виявлено, що мікрокліматичні умови на території відвалів впливали на нагромадження Нітрогену: в умовах значної інтенсивності сонячної радіації та дефіциту вологи вміст біогенного елемента знижувався. Поселяючись на антропогенно трансформованих територіях, моховий покрив впливає на перебіг сукцесійних процесів і сприяє їхній ренатуралізації: позитивним чином впливає на збагачення поверхневого шару біогенними елементами, зокрема Нітрогеном, та, акумулюючи важкі метали, вилучає їх із біогеохімічного циклу, внаслідок чого зменшується токсичність субстрату. Нагромадження мохами політантів у значних кількостях підтверджує їхню роль як інформативних індикаторів забруднення середовища.

**Ключові слова:** відвали вугільних шахт, мохи, загальний Нітроген, важкі метали.

### ВСТУП

Унаслідок видобутку вугілля у Червоноградському гірничопромисловому районі винесена на поверхню літосфери материнська порода. За відносної бідності на біологічно важливі мінеральні макроелементи (N, P і K) [1] вона містить значну кількість мікроелементів [3; 2], окремі з яких є вагомими компонентами біохімічних процесів у клітині. Зокрема, вони є складниками ферментних систем як кофактори (Мідь, Манган, Залізо, Цинк, Нікель), невід'ємними компонентами у комплексі цитохромів *b<sub>6</sub>/f* Z-схеми переносу електронів у фотохімічних реакціях (Залізо), активують окремі реакції циклу Кребса, беруть участь у фотолізі води та належать до кисеньвидільного комплексу фотосистеми II (Манган) [14; 18]. Досить суттєвою є концентрація мікроелементів, оскільки навіть необхідні для метаболізму елементи у разі кількісного збільшення їх у клітинах діють як важкі метали та стають токсичними для рослин.

Мохоподібні, проявляючи значну пластичність до впливу екологічного пресингу трансформованого середовища шахтних відвалів (екстремальний воднотермічний режим, значна сонячна радіація, високий вміст важких металів тощо), утворюють піонерні заростання й істотно впливають на подальше формування рослинного покриву і його структуру. За результатами наших попередніх досліджень встановлено, що у техногенних умовах місцезростають бріофіти, внаслідок метаболічних процесів, збагачують субстрати необхідними біогенними елементами – такими як Фосфор, Калій та Кальцій, а також акумулюють значну їхню кількість у пагонах рослин [10]. Здатність нагромаджувати не тільки макро-, а й мікроелементи робить мохи інформативними біоіндикаторами забруднення середовища. Виявлено, що бріофіти можуть акумулювати в 5–10 разів більше важких металів, ніж вищі судинні рослини [7].

Важливим було дослідити вплив мохового покриву і на вміст Нітрогену в технозомах відвалів, оскільки він є найважливішим елементом живлення рослинних організмів, а його частка у ґрунті, як і частка Карбону, є вагомим показником потенціальної родючості ґрунту.

Тому метою нашої роботи було встановити функціональну роль мохоподібних у відновленні модифікованого середовища шахтних відвалів, а саме: нагромадженні Нітрогену у техногенних субстратах, а також участь бріофітного покриву у біогеохімічному кругообігу важких металів.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом досліджень були мохоподібні, що сформували бріоугруповання на відвалах: рекультивованому (унаслідок нанесення шару ґрунтосуміші) діючої шахти "Надія", незарослому і частково рекультивованому Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) "Червоноградська" та природно зарослому недіючої шахти "Візейська" Червоноградського гірничопромислового району.

Аналіз вмісту загального Нітрогену в гаметофіті мохів і техногенних субстратах здійснювали фотометричним методом у модифікації ЦІНАО, який ґрунтується на мінералізації зразків у киплячій сірчаній кислоті з додаванням каталізатора реакції (селену) та подальшим вимірюванням оптичної густини забарвленої індофенольної сполуки, що утворилася при взаємодії аміаку з гіпохлоритом і саліцилатом натрію [16]. Для оцінки валового вмісту мікроелементів середні проби рослинного матеріалу та субстрату спалювали у муфельній печі при температурі 450 °С упродовж 2 год до отримання однорідного кольору золи. Після цього дослідні проби обробляли концентрованою  $\text{HNO}_3$ . Вміст металів у зразках визначали атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі С115М1 у пропан-бутановому полум'ї з використанням дейтерієвого коректора неселективної абсорбції [19]. Для аналізу відбирали верхній шар субстрату товщиною 2–3 см, де мохові дернини мають найбільший вплив. Контролем слугував технозем без рослинного покриву.

Назви видів мохів подано за М. Гіллом та ін. [10].

Отримані результати опрацьовували методом статистичного аналізу [12].

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ І ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

У багатьох публікаціях оцінена вага участь мохоподібних у нагромадженні Нітрогену в екосистемі, фіксація якого з атмосферного повітря відбувається завдяки симбіозу з азотфіксуючою мікробіотою. Такий тип взаємовідносин забезпечує доступність біогенного елемента у нітратній і аміачній формах для засвоєння рослинними організмами [4; 6; 8; 13].

На підставі результатів досліджень на крейдянних луках Голландії виявлено, що моховий покрив щорічно вивільняє приблизно 20 % Нітрогену від річної продуктивності квіткових рослин [21].

Встановлено, що мохоподібні, формуючи піонерні заростання на відвалі Язівського сірчаного родовища, позитивним чином впливали на нагромадження Нітрогену в техногенному субстраті [11].

Завдяки проведеним нами дослідженням встановлено, що на породних відвалах вугільних шахт вміст загального Нітрогену під моховими дернинами був більший, ніж у техноземі без рослинного покриву. На відвалі шахти "Надія" найбільший відсоток макроелемента визначено на його вершині як у пагонах *Polytrichum piliferum*, так і під дерниною. Водночас у субстраті без покриву бріофітів він був меншим у 2,2 та 1,4 разу відповідно (табл. 1). У субстраті без рослин тераси та підніжжя відвалу валовий вміст Нітрогену не відрізнявся і становив 0,06 %, тоді як під мохоподібними підвищувався в 1,3 та 1,5 разу відповідно.

**Таблиця 1. Вміст загального Нітрогену в мохах і техногенних субстратах залежно від положення на шахтних відвалах**

**Table 1. The total nitrogen content in mosses and in the technogenic substrates depending on the position of mine dumps**

Домінантні види мохів в угрупованнях	Вміст загального Нітрогену, %		
	у гаметофіті моху	під дерниною моху	у субстраті без рослин
Відвал шахти "Надія" – вершина			
<i>Polytrichum piliferum</i> Hedw.	0,29±0,18*	0,18±0,009*	0,13±0,012
Тераса			
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	0,10±0,006*	0,08±0,003*	0,06±0,003
Підніжжя			
<i>Ceratodon purpureus</i>	0,11±0,008*	0,09±0,002*	0,06±0,008
Відвал Центральної збагачувальної фабрики – вершина			
<i>Polytrichum piliferum</i>	0,12±0,01*	0,08±0,004*	0,06±0,002
Тераса			
<i>Ceratodon purpureus</i>	0,10±0,009*	0,04±0,002*	0,03±0,002
Відвал шахти "Візейська" – вершина			
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	0,15±0,008*	0,05±0,002*	0,03±0,003
Тераса			
<i>Brachythecium glareosum</i> (Bruch ex Spruce) Schimp.	0,39±0,018*	0,14±0,004	0,12±0,004
Підніжжя			
<i>Polytrichum juniperinum</i>	0,44±0,021*	0,31±0,01*	0,23±0,006

**Примітка:** \* – різниця порівняно з контролем статистично достовірна при  $p < 0,05$

**Comment:** \* – difference compared with the control statistically significant at  $p < 0,05$

На відвалі ЦЗФ найбільшу частку біогенного елемента встановлено на його вершині під дерниною *Polytrichum piliferum* (0,08 %), у субстраті без бріофітного

покриву – 0,06 %. Виявлено незначний вміст Нітрогену на терасі відвалу, зокрема у субстраті без мохових дернин (0,03 %), тоді як під бріофітним покривом він був більшим в 1,3 разу. Відсоток акумульованого біофільного макроелемента у гаметофіті моху становив 0,10 %, на вершині – 0,12 %.

Значну частку Нітрогену виявлено під мохом у підніжжі відвалу шахти “Візейська” (0,31 %) та меншу в 1,4 разу – у незадернованому субстраті. Валовий вміст елемента в гаметофіті моху був найвищим (0,44 %), порівняно з його вмістом в інших досліджуваних зразках, відібраних на різних положеннях шахтних відвалів, що, ймовірно, пов’язано з поступовим заростанням терикону та формуванням рослинного покриву в напрямку до його вершини.

На терасі вміст загального Нітрогену під дерниною *Brachythecium glareosum* був більшим (у 1,2 разу), ніж у субстраті без мохового покриву. В техноземі без бріофітів з вершини відвалу частка макроелемента становила 0,03 % та збільшувалась у 2,5 разу під мохом. Виявлено, що мікрокліматичні умови на території відвалів впливали на нагромадження Нітрогену: в умовах значної інтенсивності сонячної радіації та дефіциту вологи вміст біогенного елемента знижувався. Такі результати підтверджені іншими дослідженнями з бокоплідними мохами *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. та *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., де встановлено негативну кореляцію між нагромадженням Нітрогену та високим рівнем інсоляції. Водночас проведений аналіз впливу температурного режиму на накопичення цього макроелемента у рослинах дав можливість дослідникам припустити, що у зв’язку з потеплінням на планеті азотфіксація цими видами, які зазвичай ростуть у бореальних екосистемах, пришвидшиться (вони можуть стати значним джерелом Нітрогену в північних екосистемах), що може задовольнити високу потребу в біогенному елементі угруповань судинних рослин і підвищити їхню продуктивність уже в теплішому кліматі [8].

Отримані результати аналізу вмісту важких металів свідчать, що на породних відвалах мохові дернини найбільше акумулювали Цинк, Нікель і Манган. На відвалі шахти “Надія”, зокрема на його вершині, відзначено найбільше нагромадження Нікелю (120,7 мг/кг повітряно-сухої маси) та Мангану (822,1 мг/кг повітряно-сухої маси) у гаметофіті моху *Ceratodon purpureus*, порівняно з іншими досліджуваними зразками (табл. 2).

*Polytrichum piliferum* акумулював лише Нікель, вміст якого під дерниною був нижчим у 2,6 разу.

Кількість Кадмію в субстраті вершини відвалу була більшою, ніж в інших зразках техноземів (1,0 мг/кг повітряно-сухої маси), однак не перевищувала гранично допустимих концентрацій (ГДК). *Ceratodon purpureus* на терасі відвалу нагромаджував Нікель, а під дерниною його вміст знижувався у 2,8 разу. У підніжжі відвалу мохові рослини найбільше нагромаджували Манган, менше Цинк і Нікель, водночас під моховим покривом вміст мікроелементів був меншим.

Порівняно зі субстратом без рослин, визначено як збільшення вмісту важких металів, так і їхнє зниження у субстраті під мохоподібними. Кількісне зменшення мікроелементів під дернинами, порівняно зі субстратом без мохового покриву, вочевидь, відбувалось унаслідок переміщення їх по ризоїдній повсті до надземної частини гаметофіту. Водночас накопичення ВМ під покривом моху, мабуть, відбувалось унаслідок транспортування їх із водою після дощу чи туману із листових пластинок або верхівок пагонів рослин до поверхневого шару субстрату.

Таблиця 2. Валовий вміст важких металів у бріофітному покриві й техногенних субстратах відвалів шахт “Надія” та Центральної збагачувальної фабрики

Table 2. The total content of heavy metals in the moss cover and in the technogenic substrates of the mine dumps “Nadia” and Central Enrichment Factory

Параметр	Вміст валових форм важких металів, мг/кг повітряно-сухої маси						
Елемент	Zn	Cd	Ni	Fe	Mn	Pb	Cu
Клас небезпеки	1	1	2	-	3	1	2
ГДК для ґрунту, мг /кг	300,0	3,0	85,0	3,7·10 <sup>3</sup>	1,5·10 <sup>3</sup>	30,0	100,0
Відвал шахти “Надія” – вершина							
<i>Ceratodon purpureus</i>	86,3	0,5	120,7	632,4	822,1	0,9	11,9
Субстрат під дерниною	85,6	1,0	48,4	1971,4	74,4	9,3	14,9
Субстрат без рослин	59,5	1,0	49,9	653,0	76,8	9,6	15,4
<i>Polytrichum piliferum</i>	21,2	0,1	19,4	590,0	47,1	2,6	6,6
Субстрат під дерниною	38,4	0,5	7,6	3806,0	221,0	15,4	26,0
Субстрат без рослин	105,3	0,5	14,4	2249,0	717,8	20,1	29,7
Тераса							
<i>Ceratodon purpureus</i>	20,3	0,2	41,2	733	50,0	2,6	5,8
Субстрат під дерниною	29,3	0,5	14,6	5577,6	107,3	15,6	17,6
Субстрат без рослин	11,7	0,5	14,7	3924,7	9,8	20,5	8,8
Підніжжя							
<i>Ceratodon purpureus</i>	39,8	0,2	25,7	883,1	75,2	2,4	5,2
Субстрат під дерниною	29,5	0,5	4,6	3914,3	64,5	10,1	11,1
Субстрат без рослин	17,1	0,5	5,8	7225,6	9,5	10,4	12,3
Відвал Центральної збагачувальної фабрики – вершина							
<i>Ceratodon purpureus</i>	173,6	0,3	15,2	418,9	2,8	2,8	3,7
Субстрат під дерниною	23,7	0,5	4,9	1589,1	9,9	4,9	11,8
Субстрат без рослин	11,8	0,5	5,9	3030,7	19,7	15,7	14,8
Тераса							
<i>Ceratodon purpureus</i>	51,9	0,1	53,7	823,0	116,1	1,3	5,4
Субстрат під дерниною	10,7	0,5	40,9	1284,4	19,5	4,9	11,7
Субстрат без рослин	15,8	0,5	7,9	8676,8	9,9	25,6	14,8
Чорна порода, основний відвал	134,5	0,9	113,5	864,6	157,2	8,7	29,7
Червона порода, основний відвал	289,4	0,9	72,8	1586,8	74,7	14,9	37,3
Свіжонасипна порода	144,3	0,8	201,8	2778,1	263,8	12,4	35,7

Окрім зазначених вище мікроелементів, мох із тераси відвалу нагромаджував і Манган (116,1 мг/кг повітряно-сухої маси) (табл. 2).

Визначено, що у свіжонасипній породі містилася значна кількість Нікелю та Мангану, що максимально у 2,8 (Ni) та 3,5 (Mn) рази перевищувала його вміст у червоній перегорілій породі основного відвалу. Найбільше акумульованих важких

металів у гаметофіті мохів виявлено на терасі (*Brachythecium glareosum*) та у підніжжі (*Polytrichum juniperinum*) найстарішого і самозарослого відвалу шахти “Візейська” (табл. 3).

Окрім Цинку, Нікелю та Мангану, *Polytrichum juniperinum* акумулював і Кадмій, який під моховою дерниною був нижчим у 2,8 разу. Вочевидь, рослини моху нагромаджували цей елемент із відвального пилу ЦЗФ, оскільки значна його висота і фрагментованість рослинного покриву стали передумовою для формування підвищеного вітрового режиму, який сприяв міграції токсичних елементів на суміжні відвали.

Таблиця 3. **Валовий вміст важких металів у бріофітному покриві й техногенних субстратах відвалу шахти “Візейська”**

Table 3. **The total content of heavy metals in the moss cover and in the technogenic substrates of the mine dump “Vizeyska”**

Параметр	Вміст валових форм важких металів, мг/кг повітряно-сухої маси						
	Zn	Cd	Ni	Fe	Mn	Pb	Cu
Клас небезпеки	1	1	2	-	3	1	2
ГДК для ґрунту, мг /кг	300,0	3,0	85,0	$3,7 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	30,0	100,0
Відвал шахти “Візейська” – вершина							
<i>Ceratodon purpureus</i>	36,7	0,1	4,5	545,9	74,5	2,5	6,3
Субстрат під дерниною	20,4	0,3	7,4	1226,3	195,1	4,7	17,7
<i>Polytrichum juniperinum</i>	28,1	0,2	31,5	514,3	51,4	3,6	6,7
Субстрат під дерниною	22,4	0,5	29,0	7808,2	102,7	19,6	21,5
Субстрат без рослин	25,2	0,5	31,7	8173,6	102,5	16,8	27,0
Тераса							
<i>Ceratodon purpureus</i>	21,8	0,1	31,5	1244,3	226,8	2,4	2,8
Субстрат під дерниною	19,3	0,3	6,7	1110,0	58,9	9,3	21,0
<i>Brachythecium glareosum</i>	61,3	0,6	86,0	1781,0	489,5	6,6	10,2
Субстрат під дерниною	18,0	0,4	12,2	7795,6	57,3	17,0	15,5
Субстрат без рослин	18,6	0,4	6,7	8531,2	59,0	13,5	12,7
Підніжжя							
<i>Polytrichum juniperinum</i>	61,8	1,1	29,7	606,1	182,5	1,1	9,1
Субстрат під дерниною	17,6	0,4	6,4	2459,4	10,0	8,9	12,0
<i>Ceratodon purpureus</i>	65,1	0,4	84,1	584,8	592,9	0,8	9,6
Субстрат під дерниною	106,5	0,9	111,7	5119,0	51,5	8,6	30,9
Субстрат без рослин	16,2	0,4	6,5	6873,5	40,4	8,9	12,1

Окрім цього, на відвалі ЦЗФ проводиться постійне відсіпання винесеної із надр землі материнської породи, в результаті чого відбувається розсіювання токсичних сполук, зокрема, важких металів, у навколишнє середовище. Виявлено, що відвальный пил, утворений унаслідок часткового подрібнення окремих частин породи під впливом вітру, опадів, тепла й мінливості температури повітря, вивува-

ється з відвалів і переноситься на значні відстані: концентрація пилу на відстані 150 м від шахтних відвалів при швидкості повітря 3–3,5 м/с та його вологості 90 % становить 10–15 мг/м<sup>3</sup> [21].

Варто зазначити, що у шахтних породах перевищення вмісту важких металів щодо ГДК виявлено тільки для Нікелю (ЦЗФ і відвал шахти “Візейська”) та Феруму (на всіх досліджуваних відвалах).

Отже, заселяючи техногенні та практично непридатні для існування багатьох рослинних організмів субстрати, бріоугруповання сприяють їхній ренатуралізації: позитивним чином впливають на збагачення поверхневого шару біогенними елементами, зокрема Нітрогеном, відіграють роль деструкторів токсичних елементів і впливають на перебіг сукцесійних процесів на антропогенно трансформованих територіях. Мохоподібні, акумулюючи значну кількість важких металів, вилучають їх із біогеохімічного циклу, таким чином зменшуючи токсичність субстрату. Нагромадження мохами важких металів підтверджує їхню роль як інформативних індикаторів забруднення трансформованого середовища.

1. *Bashutska U.* **Succession of vegetation of rock dumps of mines of the Chervonograd mining region.** Lviv, 2006. 178 p. (In Ukrainian).
2. *Beshley S., Baranov V., Kozlovsky V., Kozlovsky M.* The content of heavy metals in the *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. under the conditions of growth on substrates of coal mines rock dumps. **Visnyk of Lviv University. Biological Series**, 2011; 57: 145–150. (In Ukrainian).
3. *Buchatska H.M.* Geochemical and hydrogeochemical peculiarities of Chervonograd mining region. **Visnyk of Lviv University. Geological Series**, 2002; 16: 144–154. (In Ukrainian).
4. *Deane-Coe K.K.* Cyanobacteria associations in temperate forest bryophytes revealed by  $\delta^{15}\text{N}$  analysis. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, 2016; 143(1): 50–57.
5. *Folkesson L.* Heavy-metal accumulation in the moss *Pleurozium schreberi* in the surroundings of two peat-fired power plants in Finland. **An. Bot. Fen**, 1981; 56(21): 2755–2759.
6. *Glime J.M.* Bryophyte Ecology, 2007; 1: **Physiological Ecology**. E book sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Accessed on: 03.11.2016 at: <http://www.bryoecol.mtu.edu>.
7. *Govindaparyi H., Leleeka M., Nivedita M., Uniyal P.L.* **Bryophytes: indicators and monitoring agents of pollution.** Department of Botany, University of Delhi, 2010; 35-41.
8. *Gundale M. J., Nilsson M., Bansal S., Jäderlund A.* The interactive effects of temperature and light on biological nitrogen fixation in boreal forests. **New Phytologist**, 2012; 194: 453–463.
9. *Hill M.O., Bell N., Bruggeman-Nannenga M.A.* et al. An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. **Journal of Bryology**, 2006; 28: 198–267.
10. *Karpinets L., Lobachevska O., Baranov V.* The influence of the bryophytes on the content of macroelements and organic carbon in technozems of the dumps of the Chervonograd mining industrial complex. **Visnyk of the Kharkiv National Agricultural University. Series Biology**. 2014; 3(33): 52–59. (In Ukrainian).
11. *Kyjak N.Ya., Baik O.L.* Participation of bryophytes in restoration of devastated territories of sulphur deposits. **Studia Biologica**, 2011; 5(2): 22–36. (In Ukrainian).
12. *Lakin H.F.* **Biometrics: Tutorial for Biologically Specialized Schools.** M.: High School, 1990. 352 p. (In Russian).
13. *Lindo Z., Nilsson M. C., Gundale M. J.* Bryophyte-cyanobacteria associations as regulators of the northern latitude carbon balance in response to global change. **Glob. Chang. Biol**, 2013; 19(7): 2022–2035.
14. *Medvedev S.S.* **Plant physiology.** St. Petersburg, 2004. 336 p. (In Russian).
15. *Milone M.T., Cristina S., Clijsters H., Navari-Izzo F.* Antioxidative responses of wheat treated with realistic concentration of cadmium. **Environ. Exp. Bot**, 2003; 50: 265–276.

16. Mineev V.G. **Workshop on Agricultural Chemistry**. Moscow: Moscow University Press, 2001. 689 p. (In Russian).
17. Saxena D.K., Saiful-Arfeen Md. Effect of Cu and Cd on Oxidative Enzymes and Chlorophyll Content of Moss *Racomitrium crispulum*. **Taiwania**, 2009; 54(4): 365–374.
18. Sengar R.S., Gupta S., Gautam M. et al. Occurrence, Uptake, Accumulation and Physiological Responses of Nickel in Plants and its Effects on Environment. **Res. J. of Phytochem**, 2008; 2( 2): 44–60.
19. The methodical recommendations for the conducting of field and of laboratory studies of soils and plants in the control of environmental pollution by metals. Moscow: Gidrometeoizdat, 1981. P. 9–33. (In Russian).
20. Vorobyov Ye.O., Nikolenko M.O., Sokirka S.O., Suhar K.O. The methods of the temperature and gases the measuring of burning rosk dumps. **V Scientific-Practical Conference „Donbass-2020”**. Donetsk, 2010; P. 182–187. (In Ukrainian).
21. With J., den Hertog, Verhaar J. Cover, biomass and nutrient content of bryophytes in Datch chalk grasslands. **Lindbergia**, 1988; 14: 47–58.

---

### TOTAL CONTENT OF NITROGEN AND HEAVY METALS IN THE MOSSES GAMETOPHYTE AND IN UPPER LAYER OF TECHNOGENIC SUBSTRATES OF THE MINE DUMPS

**L. Karpinets<sup>1</sup>, O. Lobachevska<sup>2</sup>, V. Baranov<sup>1</sup>, S. Diakiv<sup>1</sup>, S. Hnatush<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Ivan Franko National University of Lviv, 4, Hrushevskiyi St., Lviv 79005, Ukraine  
e-mail: bio.lwiw@mail.ru

<sup>2</sup> Institute of Ecology of the Carpathians, NAS of Ukraine, 11, Stefanyk St., Lviv 79000, Ukraine

The influence of bryocommunities on the chemical composition of technogenic dumps substrates was studied. It was established that on the investigated dumps, the total nitrogen content under the mosses exceeds its content in the substrate without plants. The microclimatic conditions on the dumps area affected the accumulation of nitrogen: in the conditions of great intensity of the solar radiation and moisture deficiency the content of nutrients decreased. Moss cover settling on the anthropogenic transformed territories influences on succession processes and contributes their renaturalization: positively influences on the enrichment of the surface layer of nutrients, in particular nitrogen and accumulating heavy metals removed them from their biogeochemical cycle, thus, reduced the toxicity of the substrate. Accumulation of pollutants in mosses corroborates their role as informative indicators of the environment pollution.

**Keywords:** dumps of coal mines, mosses, total nitrogen, heavy metals.

Одержано: 10.03.2017