



УДК 582.32.575.17

## УЧАСТЬ БРІОФІТІВ У ВІДНОВЛЕННІ ДЕВАСТОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ СІРЧАНОГО ВИДОБУТКУ

**Н. Я. Кияк, О. Л. Байк**

*Інститут екології Карпат НАН України, вул. Стефаника, 11, Львів 79000, Україна  
e-mail: morphogenesis@mail.lviv.ua*

Досліджено особливості вмісту пігментів пластид та інтенсивності фотосинтезу мохів на території відвалу сірчаного виробництва, а також встановлено їхню залежність від специфіки виду і мікрокліматичних умов на схилах відвалу. Виявлено пряму кореляцію між показником асиміляції  $\text{CO}_2$  та ступенем оводненості листків мохів. Визначено роль мохів у процесах первинного ґрунтоутворення.

**Ключові слова:** мохи, пігменти пластид, інтенсивність фотосинтезу, органічний Карбон.

### ВСТУП

Одночасно з механічним і хімічним порушенням природних екосистем у процесі видобування сірки відкритим способом на території Яворівського державного гірничо-хімічного підприємства (ДГХП) „Сірка” упродовж кількох десятиліть винесли на поверхню і складувалися у відвалах гірські породи, які значно відрізняються від початкових субстратів за своїми хімічними та фізичними властивостями [3, 4, 6]. Основною проблемою освоєння відвальної породи є її чужорідність для біоти, а часом і токсичність. Крім того, різновікові та різнопородні схили відвалів руйнуються ерозійними процесами, ускладнюючи закріплення рослин і формування рослинного покриву. Мохоподібні одними з перших оселяються на субстратах відвалів, формуючи з часом рясні, багатовидові обростання. Важлива роль мохів як піонерних рослин у рослинних угрупованнях загальновідома [13, 14]. Поступово відмираючи, піонерні види бріофітів готують субстрат для заселення інших мохів і судинних рослин. Як вони впливають на техногенні субстрати, досліджено недостатньо. З літератури відомо, що, оселяючись на техногенних відслоненнях, мохи запобігають вітровій ерозії, стабілізують температурний і водний режим поверхневих шарів субстрату [1, 10, 15]. Однак їхня роль у заселенні новоутворених субстратів і у процесі створення органічної речовини вивчена недостатньо.

Відомо, що накопичення карбонвмісних органічних сполук визначається здатністю фітоценозів поглинати  $\text{CO}_2$  у процесі фотосинтезу і, відповідно, опосередковано залежить від вмісту хлорофілів у рослинах. Бріофіти відзначаються високим вмістом хлорофілів. Для них, на відміну від квіткових рослин, характерний значно

нижчий рівень світлового насичення і температурного оптимуму для фотосинтезу; швидкий початок фотосинтетичних процесів ранньою весною та пізнє завершення восени [11]. Такі особливості фотосинтетичної активності бріофітів значно підвищують первинну продуктивність тих рослинних угруповань, де вони є піонерами заростання. На девастрованих територіях після видобутку сірки мохи формують потужний покрив з високими показниками біомаси та проективного покриття [9]. Тому вивчення особливостей складу і вмісту пігментів пластид, інтенсивності фотосинтезу мохів на території відвалу №1 ДГХП „Сірка”, а також їхньої участі у накопиченні органічного вуглецю у субстраті дасть змогу визначити участь бріофітів у відновленні техногенних субстратів сірчаних відвалів.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На території відвалу № 1 Язівського сірчаного родовища, підпорядкованого ДГХП „Сірка”, для досліджень були відібрані 4 види мохів, які є домінантами та субдомінантами в цих умовах: *Barbula unguiculata* Hedw., *Bryum argenteum* L., *Bryum caespitium* Hedw., *Brachytecium salebrosum* (Web. Et Mohr) Bryol. eur.

Для аналізу зразки мохів збирали на дослідних трансектах (по три трансекти на північному та південному схилах – основа, схил, вершина) літом і восени 2010 року. У свіжозібраному рослинному матеріалі визначали вміст фотосинтетичних пігментів та інтенсивність фотосинтезу.

Вміст вологи у мохових дернинах визначали ваговим методом та обчислювали у відсотках від ваги абсолютно сухої речовини [7].

Вміст хлорофілів *a*, *b* та каротиноїдів визначали у 80% ацетоні за методом Арнона [12]. Для цього наважку рослинного матеріалу (50–100 мг) гомогенізували у 80% ацетоні. Отриманий екстракт центрифугували за 4 тис. об/хв протягом 15 хв і використовували для спектрофотометричного визначення (Specord 210 Plus) оптичної густини при різних довжинах хвиль: 663 нм (для хлорофілу *a*), 645 нм (для хлорофілу *b*) та 470 нм (для суми каротиноїдів). Вміст пігментів виражали в мг/г маси сухої речовини.

Інтенсивність фотосинтезу визначали безкамерним способом за методикою В. І. Ніколайчука [8]. Для цього наважку свіжозібраного рослинного матеріалу (50 мг) занурювали у пробірки з 0,4 н хромовою сумішшю і кип'ятили на водяній бані протягом 20 хв, поки пробірки не розчинилися (згоріли). Через 2 години дослід повторювали. Після охолодження пробірок вміст спектрофотометрично аналізували за  $\lambda=590$  нм. Інтенсивність фотосинтезу виражали в мг  $\text{CO}_2$ /мг маси сухої речовини/год.

Для встановлення взаємозв'язку між інтенсивністю фотосинтезу та вмістом вологи у мохових дернинах використовували природні зразки мохів із дослідних трансект на території відвалу, в яких одночасно визначали і вміст вологи, і фотосинтетичну інтенсивність.

Визначення вмісту органічного Карбону в субстраті під моховим покривом (0–2 см) та в оголоному субстраті (контроль) здійснювали за методом І. В. Тюріна у модифікації Б. А. Нікітіна [7], що базується на окисленні органічної речовини хромовою сумішшю у сильноокислому середовищі. Вміст органічного Карбону вимірювали спектрофотометрично за довжини хвилі 590 нм та виражали у відсотках.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХНЄ ОБГОВОРЕННЯ

Як і кожна фізіологічна функція, фотосинтез завжди має певні риси пристосування до складного комплексу екологічних факторів та умов, у яких цей процес

відбувається і від яких залежить його перебіг. Це проявляється, насамперед, в особливостях пігментного апарату, в його кількісному складі.

У наших досліджах вміст хлорофілів ( $a+b$ ) у листках досліджуваних видів мохів був у межах 0,83–1,41 мг/г маси сирої речовини (с. р.), а каротиноїдів – 0,14–0,64 мг/г маси с. р. Однак після перерахунку на суху вагу відмінності між проаналізованими видами були ще більші, у зв'язку з різним вмістом сухої речовини у листках, який коливався у межах від 30 до 60%. Відповідно, вміст хлорофілів ( $a+b$ ) перебував у діапазоні 0,4–1,9 мг/г маси с. р., каротиноїдів – 0,2–0,8 мг/г маси с. р. Для видів *Bryum caespitium* та *Bryum argenteum* визначено найбільшу кількість хлорофілів (1,2–1,9 мг/г маси с. р.) та каротиноїдів (0,4–0,8 мг/г маси с. р.) (табл. 1).

Максимальні покази вмісту фотосинтетичних пігментів у цих видів обумовлені досить високою оводненістю листків (60–70%), порівняно з іншими досліджуваними видами. Можливо, це пов'язане зі специфікою життєвої форми *B. caespitium* та *B. argenteum*, оскільки вони утворюють щільну дернину, яка добре утримує вологу. Встановлено, що вміст фотосинтетичних пігментів у пагонах мохів залежить від експозиції та місцезнаходження рослин на схилі. Максимум хлорофілів виявлено у зразках з північного схилу, що зумовлене кращими умовами водозабезпечення рослин на цій частині відвалу. Розміщення мохів на схилі теж суттєво впливало на вміст фотосинтетичних пігментів. Спостерігалася тенденція до зменшення кількості хлорофілів і каротиноїдів у *B. argenteum* та *B. caespitium* від основи до вершини відвалу, причому це властиве для зразків мохів як з північного, так і з південного схилу. Так, наприклад, для зразків виду *B. caespitium*, зібраних на вершині відвалу, встановлено зниження вмісту хлорофілів майже на 30%, порівняно з рослинами, що росли в основі відвалу. Тобто напруженість екологічних факторів, зокрема висока інсоляція, яку вимірювали люксметром, – 90–110 тис. Лк та зниження вологості субстрату до 4,2–8,5%, що є характерним для вершини відвалу, суттєво впливали на вміст фотосинтетичних пігментів.

У виду *Barbula unguiculata* встановлено дещо нижчий рівень хлорофілів, порівняно з двома попередніми видами (0,6–1,1 мг/г маси с. р.). Цей вид частіше трапляється на відкритих місцезростаннях із високою інтенсивністю освітлення, що значно змінює склад його пігментів, оскільки встановлено зменшення відносної частки хлорофілів і зростання вмісту каротиноїдів (0,5–1,2 мг/г маси с. р.). Співвідношення кількості хлорофілів до каротиноїдів ( $X/K$ ) у *B. unguiculata* становить 0,8–1,7. Для *B. argenteum* та *B. caespitium* цей показник вищий і перебуває у межах 2,0–4,0. У *Brachytecium salebrosum* співвідношення  $X/K$  є найвищим серед усіх досліджуваних видів мохів і сягає 5,0, що є характерним для рослин затінених місцезростань.

Найменшу кількість фотосинтетичних пігментів виявлено у *B. salebrosum* (0,6–1,1 мг/г маси с. р. хлорофілів та 0,2–0,3 мг/г маси с. р. каротиноїдів). Для цього виду теж спостерігали зниження кількості пігментів майже на 30% у зразків із вершини, порівняно зі зразками, що росли в основі відвалу. Поряд із кількісними відмінностями, у цього виду встановлені також суттєві якісні зміни у складі зелених пігментів. На території відвалу *B. salebrosum* росте в затінених місцях, тому пристосованість до низької інтенсивності освітлення у рослин відбувається внаслідок зростання частки хлорофілу  $b$  в загальній сумі зелених пігментів асимілюючих органів. Загалом, співвідношення хлорофілів  $a/b$  у пігментному комплексі листків усіх досліджуваних видів досить низьке (1,0–1,8), що є близьким до показників рослин

Таблиця 1. Вміст фотосинтетичних пігментів (мг/г маси сухої речовини) у пагонах мохів на території відвалу № 1

Table 1. Content of photosynthetic pigments (mg/g of dry weight) in the moss shoots on the territory of dump No 1

Місце відбору зразків мохів	хл. a	хл. b	хл. a + хл. b	каротиноїди	X/K	a/b
<b>Північний схил</b>						
<b><i>Bryum caespiticium</i></b>						
Основа	0,96±0,06	0,62±0,03	1,58±0,10	0,41±0,02	3,8	1,6
Схил	0,90±0,09	0,56±0,09	1,46±0,09	0,76±0,03	1,9	1,6
Вершина	0,68±0,08	0,52±0,06	1,20±0,08	0,31±0,01	3,9	1,3
<b><i>Bryum argenteum</i></b>						
Основа	0,68±0,03	0,53±0,02	1,21±0,09	0,52±0,02	2,3	1,3
Схил	0,62±0,01	0,53±0,02	1,15±0,08	0,42±0,03	2,7	1,2
Вершина	0,24±0,01	0,16±0,01	0,40±0,02	0,21±0,01	1,91	1,5
<b><i>Barbula unguiculata</i></b>						
Основа	0,64±0,03	0,41±0,02	1,05±0,09	1,21±0,01	0,8	1,5
Схил	0,59±0,02	0,40±0,01	0,99±0,03	1,12±0,03	0,9	1,5
Вершина	0,39±0,01	0,24±0,02	0,63±0,02	0,73±0,01	0,8	1,6
<b><i>Brachytecium salebrosum</i></b>						
Основа	—	—	—	—	—	—
Схил	0,51±0,05	0,64±0,02	1,15±0,02	0,28±0,03	4,1	0,8
Вершина	0,33±0,03	0,30±0,01	0,63±0,09	0,22±0,02	2,9	1,1
<b>Південний схил</b>						
<b><i>Bryum caespiticium</i></b>						
Основа	0,69±0,03	0,54±0,03	1,23±0,09	0,43±0,03	2,9	1,3
Схил	1,08±0,09	0,68±0,04	1,76±0,07	0,51±0,03	3,4	1,6
Вершина	0,69±0,05	0,45±0,02	1,14±0,09	0,44±0,02	2,6	1,6
<b><i>Bryum argenteum</i></b>						
Основа	1,21±0,09	0,68±0,03	1,89±0,11	0,83±0,05	2,3	1,8
Схил	0,78±0,05	0,45±0,02	1,23±0,09	0,38±0,01	3,2	1,8
Вершина	0,61±0,03	0,34±0,02	0,95±0,07	0,36±0,02	2,6	1,8
<b><i>Barbula unguiculata</i></b>						
Основа	0,63±0,02	0,36±0,01	0,99±0,04	0,75±0,03	1,3	1,6
Схил	0,58±0,03	0,42±0,03	1,03±0,08	0,59±0,05	1,6	1,3
Вершина	0,47±0,01	0,27±0,01	0,74±0,03	0,52±0,02	1,4	1,7
<b><i>Brachytecium salebrosum</i></b>						
Основа	0,51±0,03	0,50±0,04	1,1±0,09	0,21±0,01	5,3	1,0
Схил	—	—	—	—	—	—
Вершина	0,38±0,02	0,32±0,02	0,70±0,03	0,20±0,01	3,5	1,1

тіньового типу [5]. Частка хлорофілу *a* в сумарній кількості зелених пігментів становить у середньому 58–65%, і лише у зразків *B. salebrosum* цей показник зменшується до 50% за рахунок підвищення кількості хлорофілу *b*. Це свідчить про широку норму реакції мохів до зміни інтенсивності світла, що дає їм можливість ефективно використовувати низькі інтенсивності освітлення.

Отже, на основі результатів аналізу кількісного і якісного складу пігментів пластид у листках домінантних видів мохів відвалу № 1 встановлено, що рівень вмісту фотосинтетичних пігментів залежить як від місцезнаходження на схилі відвалу, так і від особливостей виду. Насамперед, важливе значення має життєва форма виду, оскільки найвищі показники вмісту фотосинтетичних пігментів встановлені для тих видів, що формують коротку, щільну дернину (*B. caespiticium* і *B. argenteum*). Види з такою життєвою формою характеризуються вищою толерантністю до несприятливих екологічних умов на схилах відвалу. Для усіх досліджуваних видів мохів встановлено зниження кількості пігментів фотосинтезу в напрямку від основи до вершини відвалу, незалежно від північної чи південної експозиції. Очевидно, висока інсоляція та нестабільний режим зволоження на вершині відвалу були основними причинами змін у фотосинтетичному апараті мохів. Порівняння середніх показників вмісту хлорофілів у пагонах досліджуваних видів мохів з аналогічними показниками, визначеними для інших видів, свідчить про подібність пігментного складу мохоподібних зі судинними вічнозеленими рослинами [2].

Результати аналізу інтенсивності фотосинтезу домінантних видів мохів на території відвалу № 1 підтвердили залежність цього показника як від видових особливостей рослин, так і від конкретних екологічних умов. Максимальну інтенсивність визначено у зразків *B. caespiticium* і *B. argenteum* (3,56–3,68 мг  $\text{CO}_2$ /г маси с. р./год), які росли в основі відвалу (табл. 2). У *B. unguiculata* з цієї ділянки відвалу показник фотосинтетичної активності становив 3,04–3,41 мг  $\text{CO}_2$ /г маси с. р./год і для *B. salebrosum* – 2,66 мг  $\text{CO}_2$ /г маси с. р./год. Найнижчі показники асиміляції  $\text{CO}_2$  визначені у зразках, відібраних з вершини відвалу (2,01–2,61 мг  $\text{CO}_2$ /г маси с. р./год), тобто спостерігається тенденція зниження рівня фотосинтезу від основи до вершини відвалу (аналогічно, як і для фотосинтетичних пігментів). Чітких відмінностей між значеннями фотосинтетичної активності залежно від експозиції на північному чи південному схилі не вдалося виявити. Загалом для усіх досліджуваних видів встановлена пряма кореляція між інтенсивністю фотосинтезу та вмістом хлорофілів у листках мохів, оскільки максимальні значення асиміляції  $\text{CO}_2$  визначені для видів, що мали найбільший вміст хлорофілів, – *B. caespiticium* і *B. argenteum*.

Можливо, одним із лімітуючих факторів вуглекислотного газообміну є оводненість листків мохоподібних, оскільки встановлено зв'язок між значеннями інтенсивності фотосинтезу та вмістом вологи у мохових дернинах (див. рисунок). Так, на прикладі моху *B. argenteum* встановлено, що найнижчі показники фотосинтетичної активності (2,29 мг  $\text{CO}_2$ /г маси с. р./год) визначені для рослинних зразків із вмістом вологи 50%. За нижчих значень оводненості рослин відбувається різке падіння інтенсивності фотосинтезу майже до нульових значень.

Піонерні види мохоподібних, які ми використали у дослідженнях, оселяючись на схилах відвалу, чинять як механічний, так і хімічний вплив на субстрат. Насамперед, вони механічно фіксують рухомий субстрат схилів і перешкоджають розвіюванню його легких часток. Особливу роль у цих процесах відіграють види, що формують життєву форму щільної дернини – *B. caespiticium* і *B. argenteum*. Крім того,

вид *B. caespiticiu* утворює густу ризоїдальну повсть, яка рясно пронизує субстрат, забезпечуючи рослинам додаткову фіксацію на схилах. Під час досліджень виявлено, що у деяких дернинах *B. caespiticiu* ризоїдальна повсть дуже потужна і сягала у глибину до 2 см. Проникаючи у субстрат, ризоїди моху формують густу сітку, підвищуючи пористість і сприяючи збагаченню техноґрунту киснем та вологою.

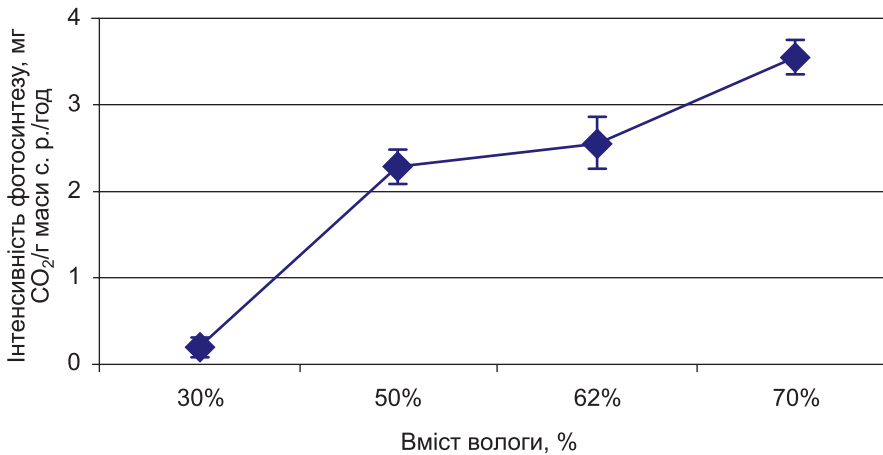


Рис. 1. Вплив ступеня оводненості дернини моху *Bryum argenteum* на інтенсивність фотосинтезу

Fig.1. Influence of moisture content in the *Bryum argenteum* moss turf on the photosynthesis intensity

Таблиця 2. Інтенсивність фотосинтезу мохів на території відвалу № 1

Table 2. Photosynthesis intensity of moss on the territory of dump No 1

Місце відбору зразків мохів	Інтенсивність фотосинтезу, мг CO <sub>2</sub> / г маси сухої речовини/год	
	Північний схил	Південний схил
<b><i>Bryum caespiticiu</i></b>		
Основа	3,57±0,21	3,64±0,29
Схил	2,54±0,13	2,44±0,21
Вершина	2,06±0,09	1,58±0,09
<b><i>Bryum argenteum</i></b>		
Основа	3,56±0,18	3,68±0,21
Схил	2,56±0,12	3,23±0,19
Вершина	2,29±0,11	2,61±0,13
<b><i>Barbula unguiculata</i></b>		
Основа	3,04±0,22	3,41±0,21
Схил	2,31±0,21	2,53±0,12
Вершина	2,22±0,19	2,32±0,22
<b><i>Brachytecium salebrosum</i></b>		
Основа	—	2,66±0,18
Схил	2,53±0,13	—
Вершина	2,08±0,19	2,01±0,12

Ґрунтоутворювальний процес тісно пов'язаний з акумуляцією органічного Карбону в субстраті. На території відвалу № 1 встановлено, що вміст органічного Карбону у верхньому шарі (0–2 см) оголеного субстрату варіює в межах від 0,9 до 1,8% (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст органічного вуглецю в субстраті під моховим покривом на території відвалу № 1

Table 3. Content of organic carbon in substrate under the moss cover on the territory of dump No 1

Місце відбору проб субстрату під дернинами мохів	Вміст органічного Карбону, %	
	Північний схил	Південний схил
<b><i>Bryum caespitium</i></b>		
Основа	2,8±0,2	2,6±0,2
Схил	2,5±0,1	2,3±0,2
Вершина	2,5±0,2	2,2±0,2
<b><i>Bryum argenteum</i></b>		
Основа	2,7±0,2	2,4±0,2
Схил	2,5±0,2	1,9±0,1
Вершина	2,2±0,2	2,1±0,2
<b><i>Barbula unguiculata</i></b>		
Основа	2,2±0,1	2,0±0,2
Схил	1,9±0,2	2,0±0,1
Вершина	1,9±0,2	1,5±0,2
<b><i>Brachytecium salebrosum</i></b>		
Основа	–	1,9±0,1
Схил	1,9±0,1	–
Вершина	1,6±0,1	1,5±0,2
<b>Оголений субстрат</b>		
Основа	1,6±0,1	1,8±0,2
Схил	1,6±0,2	1,6±0,1
Вершина	1,0±0,1	0,9±0,1

Цей показник суттєво залежить від місцезростання рослин на схилі відвалу, оскільки встановлено тенденцію до зменшення вмісту органічного Карбону від основи до вершини в 1,5–2,0 рази. На вершині відвалу найменше сприятливі умови для рослин унаслідок вітрових і водних ерозій субстрату, а також дефіциту вологи, що значно сповільнюють процеси ренатуралізації породних субстратів.

На підставі аналізу субстратів, на яких розростаються мохові дернини, виявлено, що під моховими покривом, сформованим щільнодернинними видами *B. caespitium* і *B. argenteum*, формується чіткий прошарок темнішого кольору – зародковий орґано-акумулятивний горизонт, складений продуктами відмирання мохової дернини. Під пухкими дернинами *B. unguiculata* чи під мохом *B. salebrosum*,



який формує плетиво, цей прошарок є значно менший, особливо на схилах, оскільки дернинки цих видів легко руйнуються через зсуви нестійкого субстрату і неефективно утримують зайняту площу, порівняно з видами з життєвою формою щільної дернини.

Аналіз вмісту органічного Карбону у підстилаючому шарі під моховим покривом свідчить про істотне підвищення його кількості, порівняно з оголеним субстратом. Ми встановили, що в основі північного схилу найвищий вміст органічного Карбону міститься в субстраті під видами *B. caespitium* і *B. argenteum* (2,8 і 2,7%), що майже в 1,7 разу більше, порівняно з вмістом органічного Карбону в оголеному субстраті з цієї ділянки відвалу (табл. 3). Кількість Карбону знижується під дернинами *B. unguiculata*, найменша кількість Карбону – під *B. salebrosum*. Подібна тенденція зміни вмісту органічного Карбону в субстраті під моховим покривом спостерігалася і на схилі відвалу. Найменший вміст цього показника виявили на вершині схилу: під *B. caespitium* – 2,5%, *B. argenteum* – 2,2%, *B. unguiculata* – 2,1%, *B. salebrosum* – 1,6%.

Результати визначення вмісту органічного вуглецю в субстраті під моховим покривом на південному схилі відвалу № 1 вказують на подібну закономірність: найвищим є вміст у субстраті під мохами в основі схилу, а найнижчим – на вершині (табл. 3). Причому в субстратах під *B. caespitium* і *B. argenteum* вміст органічного вуглецю є також найвищим на усіх дослідних ділянках південного схилу, а найнижчим – під *B. salebrosum*.

Загалом у підстилаючому шарі субстрату під дернинами мохів кількість органічного вуглецю зростає в 1,5–2,5 разу, порівняно з його вмістом в оголеному субстраті відвалу.

Таким чином, мохоподібні відіграють важливу роль у процесах первинного ґрунтоутворення в техногенних субстратах відвалу № 1. Життєва форма мохів суттєво впливає на цей процес, оскільки найвищий вміст органічного Карбону у техноґрунті встановлено під щільнодернинними видами мохів *B. caespitium* і *B. argenteum*. Конкретні екологічні умови та території відвалу теж істотно впливають на хід первинних ґрунотвірних процесів за участю мохів.

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що кількісний склад фотосинтетичних пігментів та інтенсивність фотосинтезу мохів на території відвалу № 1 Язівського сірчаного родовища залежать від специфіки виду й від конкретних мікрокліматичних умов на схилах відвалу. Важливе значення має життєва форма виду, оскільки найвищі показники фотосинтезу встановлені для видів, які формують коротку щільну дернину (*B. caespitium*, *B. argenteum*). Така життєва форма забезпечує вищу стійкість рослин до несприятливих екологічних умов на схилах відвалу. Визначено залежність асиміляції CO<sub>2</sub> від ступеня оводненості листків мохів.

Мохи відіграють важливу роль у процесах первинного ґрунтоутворення, сприяючи накопиченню органіки в техногенному субстраті. Найвищий вміст органічного Карбону встановлено у підстилаючому шарі під щільнодернинними видами мохів.

Еколого-фізіологічна оцінка домінантних видів мохів на території відвалу гірничо-хімічного підприємства „Сірка” свідчить про важливу роль цих рослин у процесах відновлення техногенних ландшафтів сірчаних родовищ і необхідність про-



довження вивчення особливостей функціонування рослинних угруповань з домінуванням мохоподібних.

**Роботу виконано за фінансової підтримки Українського науково-технологічного центру (проект №5032).**

1. Бардунов Л.В. Основные аспекты применения мохообразных. **Ботан. журн**, 1989; 74(3): 416–424.
2. Вознесенский В.Л. Об углекислотном газообмене растений. **Физиология растений**, 1986; 33(2): 305–312.
3. Дідух О.І., Мальований М.С., Шпаківська І.М. Фізичні властивості ґрунтів у межах пост-техногенного ландшафту Яворівського ДГХП „Сірка”. **Вісн. Нац. ун-ту „Львівська політехніка”**, 2008; 609: 225–233.
4. Козловський В. Кореляційні зв'язки між вмістом хімічних елементів у мохах, лишайниках і корі хвойних порід Чорногори (Українські Карпати). **Вісн. Львів. ун-ту**, 2008; 47: 81–88.
5. Лукьянова Л.М., Локтева Т.Н., Булычева Т.М., Кудрявцева О.В. Газообмен и пигментная система Кольской Субарктики. Апатиты, 1986. 127 с.
6. Марискевич О., Шпаківська І., Дідух О. Формування ґрунтів у межах техногенного ландшафту Яворівського ДГХП „Сірка”. **Наук. вісн. Чернів. ун-ту. Біологія**, 2005; 251: 175–185.
7. Минеев В.Г. **Практикум по агрохимии**. Москва: Изд-во МГУ, 1989. 304 с.
8. Ніколайчук В.І., Белчагазі В.Й., Білик П.П. **Спецпрактикум з фізіології і біохімії рослин**. Ужгород, 2000. 210 с.
9. Рабик І., Данилків І., Щербаченко О. Структура і динаміка бріофітних угруповань на девастрованих землях Львівщини (на прикладі відвалу гірничо-хімічного підприємства „Сірка”). **Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.**, 2010; 53: 58–66.
10. Рагуліна М.Є., Вовк О.Б., Орлов О.Л. Функціональна роль бріофітів у ренатуралізації техногенно змінених екосистем Волино-Поділля. **Наук. зап. Держ. природозн. музею**, 2009; 25: 117–124.
11. Шмакова Н.Ю., Лукьянова Л.М., Булычева Т.М., Кудрявцева О.В. **Продукционный процесс в сообществах горной тундры Хибин**. Апатиты, 2006. 125 с.
12. Arnon D. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiol**, 1949; 24: 1–15.
13. Longhton R.E. The role of bryophytes in terrestrial ecosystems. **J. Hatt. Bot. Lab**, 1984; 55: 147–163.
14. Rieley J.O., Richards P.W., Bebbington A.D.L. The ecological role of bryophytes in a north-Wales woodland. **J. Ecol**, 1979; 67: 497–527.
15. Ringen D. The role of moss in facilitating natural revegetation of metal-contaminating sites during primary succession. [www.bioed.org/ibscore/](http://www.bioed.org/ibscore/).

## PARTICIPATION OF BRYOPHYTES IN RESTORATION OF DEVASTATED TERRITORIES OF SULPHUR DEPOSITS

**N. Ya. Kyjak, O. L. Baik**

*Institute of Ecology of the Carpathians, NAS of Ukraine, 11, Stefanyk St., Lviv 79000, Ukraine  
e-mail: morphogenesis@mail.lviv.ua*

Peculiarities of content of plastid pigments and photosynthesis intensity of bryophytes were investigated on the territory of dump of sulphur deposits. Their dependence

on the moss species specificity and microclimatic conditions on dump slopes was determined. Direct correlation between the index of CO<sub>2</sub> assimilation and moisture content in moss leaves was showed. An important role of bryophytes in the processes of primary soil formation was found.

**Key words:** mosses, plastid pigments, photosynthesis intensity, organic carbon.

## УЧАСТИЕ БРИОФИТОВ В ВОЗОБНОВЛЕНИИ ДЕВАСТИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ВЫРАБОТКИ СЕРЫ

**Н. Я. Кияк, О. Л. Баик**

*Институт экологии Карпат НАН Украины, ул. Стефаника, 11, Львов 79000, Украина  
e-mail: morphogenesis@mail.lviv.ua*

Изучены особенности содержания пигментов пластид и интенсивности фотосинтеза мхов на территории отвала выработки серы, а также установлена их зависимость от специфики вида и микроклиматических условий на склонах отвала. Установлена прямая корреляция между показателем ассимиляции CO<sub>2</sub> и степенью оводненности листьев мхов. Показана важная роль мхов в процессах первичного почвообразования.

**Ключевые слова:** мхи, пигменты пластид, интенсивность фотосинтеза, органический углерод.

Одержано: 14.07.2011