

РОЛЬ БРІОФІТНОГО ПОКРИВУ У РЕНАТУРАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОГЕННИХ СУБСТРАТІВ НА ТЕРИТОРІЇ ВИДОБУТКУ СІРКИ

Н. Кияк, О. Баїк

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

Досліджено участь бріофітного покриття у відновленні техногенних субстратів на території відвалу №1 Новояворівського державного гірничо-хімічного підприємства "Сірка". Показано, що мохоподібні відіграють важливу роль у нагромадженні органічного вуглецю та біогенних елементів у верхньому шарі субстрату. Виявлено, що життєва форма мохів суттєво впливає на цей процес, оскільки найвищий вміст органічного вуглецю, азоту й фосфору встановлено у субстраті під щільнодернинним видом моху *B. caespiticium*, порівняно з *B. argenteum* і *B. unguiculata*, які утворюють пухкі дернини.

Ключові слова: бріофіти, техногенний субстрат, органічний вуглець, біогенні елементи.

У світовій практиці реабілітації техногенних геосистем сформувався новий підхід, пов'язаний із максимальним використанням регенераційних можливостей природних екосистем для відновлення ресурсних і екологічних функцій деастрованих територій – їхня "екологічна реставрація". Використання потенціалу рослинних угруповань, адаптованих до антропогенно змінених субстратів, дає можливість значно знизити інтенсивність процесів денудації техноземів та ініціювати в них ґрунтоутворювальні процеси. Концепція ренатуралізації техногенних геосистем є не лише екологічно обґрунтованою, а й економічно виправданою [5].

Унаслідок розробки кар'єрів видобутку самородної сірки на території Новояворівського державного гірничо-хімічного підприємства (ДГХП) "Сірка" утворилася низка різновікових відвалів, утворених як із порід, що беруть участь у зональному ґрунтоутворенні, так і з підстилаючих порід, що не є ґрунтоутвірними (наприклад, третинні глини, сірковмісні вапняки тощо). Основною проблемою освоєння відвальної породи є її чужорідність для біоти, а часом і токсичність. Заселення породних субстратів мікроорганізмами та піонерною рослинністю сприяє структуруванню таких субстратів, якісним і кількісним змінам їхніх властивостей, які ідентифікують формування молодих техногенних ґрунтів.

Мохоподібні одними з перших оселилися на субстратах відвалів і сформували з часом рядні багатовидові обростання [10]. Поступово відмираючи, піонерні види бріофітів створюють субстрат для заселення інших мохів і судинних рослин. Яким чином бріофіти впливають на техногенні субстрати, досліджено недостатньо. З літератури відомо, що моховий покрив суттєво впливає як на ґрунтові процеси, так і на екологічні умови всередині екосистеми: гідротермічні умови в ризосфері, кислотність ґрунту, мінеральний режим, депонування і цикл вуглецю [13, 21, 22]. Однак питання про роль мохів у ренатуралізації техноземів і, зокрема, на територіях сірчаного видобутку, залишається на сьогодні недостатньо дослідженим.

У зв'язку з цим метою роботи було вивчення впливу бріофітного покриття на накопичення органічного вуглецю та біогенних елементів у субстраті відвалу №1 Язівського сірчаного родовища ДГХП "Сірка".

Матеріали та методи

Об'єктом досліджень були бріофіти відвалу №1 (окол. с. Ліс) Язівського сірчаного родовища (Львівська обл., Яворівський р-н), підпорядкованого Новояворівському ДГХП „Сірка”. Для досліджень були відібрані 3 види мохів: *Barbula unguiculata* Hedw., *Bryum argenteum* L. та *Bryum caespiticium* Hedw.

Для дослідів відбирали зразки субстрату під моховим покривом і аналізували верхній шар субстрату, товщиною 2–3 см, де бріофітний покрив має найбільший вплив [11]. Контролем були проби оголеного субстрату (без рослинного покриву). Дослідження проводили на семи дослідних трансектах відвалу (гребінь відвалу та шість трансект в основі, на схилі й вершині північного та південного схилів) улітку і восени 2011 р. **Субстрат** відбирали у трьох місцях у межах пробної ділянки, змішували та формували середню пробу.

У мохових дернинах із різних місцевиростань оцінювали співвідношення фотосинтезуючої (зеленої) та відмерлої (бурої) частин пагона, яке виражали у відсотках.

Вміст гігроскопічної вологи у субстраті визначали за методикою О.В. Аринушкіної [2]. Інтенсивність освітлення на дослідних ділянках визначали за допомогою люксметра Ю116. Визначення вмісту органічного вуглецю в субстраті здійснювали за методом І.В. Тюріна у модифікації Б.А. Нікітіна [8], що базується на окисненні органічної речовини хромовою сумішшю у сильноокислому середовищі. Оптичну густину розчинів вимірювали спектрофотометрично на спектрофотометрі Spescord 210 Plus за довжини хвилі 590 нм та виражали у відсотках.

Вміст загального азоту в субстраті визначали за методом К'ельдаля [1], фосфору – фотоколориметрично за інтенсивністю забарвлення фосфорно-молібденової сині, калію – на полум'яному фотометрі “ПФМ-БП-3ОМЗ” [2].

Усі досліді проводили у 3-кратній повторності. Отримані результати опрацьовували методами статистичного аналізу [9].

Результати і їхнє обговорення

Сучасний ґрунтовий покрив Передкарпатських родовищ сірки є неоднорідним за своїм механічним складом і фізико-хімічними властивостями. Зокрема, основними породами відвалу №1, який був утворений відвалоутворювачем роторного комплексу упродовж 1970–1989 рр., є третинні мергелісті глини з домішками четвертинних порід. Розвиток рослин на таких субстратах обмежують нестабільний водний режим, нестача основних елементів живлення (особливо азоту), висока щільність глин, слабка аерація, активні ерозійні процеси та інші чинники [6]. Хоча на підставі останніх літературних даних можна стверджувати, що загальною властивістю ембріоземів на території дослідження є формування малопотужного приповерхневого органогенного горизонту, що є свідченням значного природного потенціалу самовідновлення та ренатуралізації наземних екосистем посттехногенних ландшафтів сірковидобувних підприємств [3, 4, 7].

На території досліджень виявлено 49 видів мохоподібних, які належать до 2 відділів, 3 класів, 8 порядків, 17 родин, 32 родів. Домінантами за проективним покриттям і частотою трапляння є *Barbula unguiculata*, *Bryum caespiticium* і *Didymodon vinealis*. Для субдомінантного виду *Bryum argenteum* встановлено невеликі значення проективного покриття, але високу частоту трапляння [10].

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

або пухкої дернини, – *B. caespiticium* і *B. argenteum*. Крім того, вид *B. caespiticium* утворює густу ризоїдну повсть, яка рясно пронизує субстрат, забезпечуючи рослинам додаткову фіксацію на схилах. Під час досліджень виявлено, що у деяких дернинах *B. caespiticium* ризоїдна повсть сягала до 2 см. Проникаючи у субстрат, ризоїди моху формують густу сітку, підвищуючи пористість і сприяючи збагаченню субстрату киснем та вологою. На підставі аналізу субстратів, на яких розростаються мохові дернини, виявлено, що під моховими покривом, сформованим щільнодернинним видом *B. caespiticium*, утворився чіткий прошарок темнішого кольору – зародковий органо-акумулятивний горизонт, утворений продуктами відмирання мохової дернини. Під пухкими дернинами *B. unguiculata* та *B. argenteum* цей прошарок є менший, особливо на схилах, оскільки дернинки цих видів легко руйнуються внаслідок зсуву нестійкого субстрату і неефективно утримують зайняту площу, порівняно з *B. caespiticium*. Помічено, що товщина підстилки під моховими дернинами значною мірою залежить як від видових особливостей, так і від місця росту рослин на схилах відвалу з досить контрастними кліматичними умовами. Наприклад, у літні місяці на гребені та північному схилі відвалу, де є найсприятливіші умови для росту рослин, вологість субстрату становила 26,3–27,5%, інтенсивність світла 6,5–8,5 тис. лк, температура на поверхні субстрату +18,4...+25,2°C. Вершина та південний схил відвалу характеризувалися найменш сприятливими умовами (вологість субстрату 4,5–14,8%, інтенсивність світла 10–11 тис. лк, температура на поверхні субстрату підвищувалася до +35,2...+37,5°C).

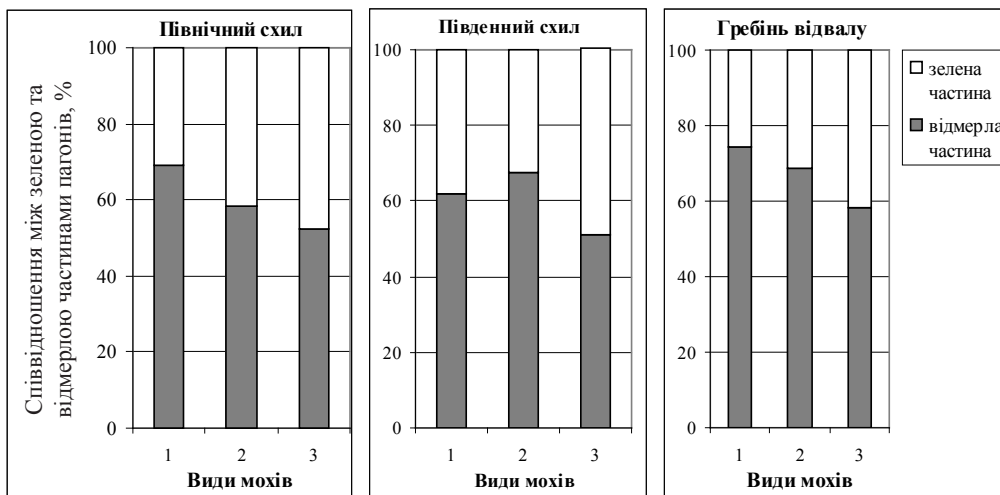
Виявлено, що найвищий відсоток відмерлої частини (69,2–74,5% у моховій дернині) був у зразках моху *B. caespiticium* з північного схилу та на гребені відвалу й у *B. argenteum* з гребеня та південного схилу відвалу (66,3–68,9%), де ці види мають досить високі показники проективного покриття (див. рисунок). Для *B. unguiculata* потужність відмерлого шару становила 52,2–58,4% в мохових дернинах і була найвищою також на гребені та північному схилі відвалу. Необхідно відзначити, що види *B. argenteum* і *B. unguiculata*, які утворюють низькі пухкі дернини, більше приурочені до сухих, відкритих ділянок на території відвалу, тоді як щільнодернинний вид *B. caespiticium* має максимальну продуктивність у вогіших місцевиростаннях.

Відомо, що бріофіти відіграють важливу роль у кругообігу поживних речовин в екосистемі, незважаючи на відносно малу частку їх біомаси, порівняно з судинними рослинами [15, 18, 24]. Мохи здатні поглинати поживні речовини з атмосферного повітря, опадів, пилу і зберігати їх упродовж тривалого часу в нерозкладеній відмерлій частині пагонів [26]. Основними причинами цього є умови існування бріофітів (низькі температури, вологість, підвищена кислотність), а також деякі їх фізико-хімічні властивості (висока катіонообмінна ємність, наявність значного вмісту лігнінів, ліпідів і високе співвідношення C:N) [15].

На території відвалу №1 вміст органічного вуглецю у верхньому шарі оголеного субстрату (без рослинного покриву) перебував у межах від 0,9 до 1,8% (табл. 1). Крім того, виявлено тенденцію до зменшення вмісту органічного вуглецю від основи до вершини відвалу в 1,5–2,0 рази. Насамперед, це обумовлено особливостями умов на вершині відвалу, які найменше сприятливі для росту рослин унаслідок вітрових і водних ерозій субстрату, а також дефіциту вологи, що призводить до сповільнення процесів ренатуралізації породних субстратів. Така різниця у кількості органічного вуглецю на вершині відвалу може бути спричинена й вимиванням поверхневого шару субстрату із вершини до основи відвалу.

Згідно з літературними даними, у мохів найбільше вуглецю локалізується у старіючих бурих частинах пагонів [23]. У природних зразках мохів ми встановили пряму залежність між потужністю підстилки та вмістом органічного вуглецю у субстраті під рос-

линним покривом. Максимальний вміст органічного вуглецю у субстраті під моховим покривом визначено на гребені відвалу (3,9–4,5%). На північному схилі найвищий вміст органічного вуглецю був у субстраті під мохами *B. caespitium* і *B. argenteum* ($2,8 \pm 0,2\%$ і $2,7 \pm 0,2\%$), що майже в 1,7 разу більше, порівняно з кількістю вуглецю в оголеному субстраті з цієї ділянки відвалу. Під дернинами *B. unguiculata* кількість вуглецю була в 1,4 разу вищою, порівняно з його вмістом у незадернованому субстраті. Подібна тенденція зміни вмісту органічного вуглецю в субстраті під досліджуваними видами мохів спостерігалася і в основі схилу. Найменше органічного вуглецю під моховими дернинами виявили на вершині, хоча порівняно з його кількістю в оголеному субстраті на цій ділянці відвалу, вміст підвищувався майже у 2,4 разу, що свідчить про вагомий внесок бріофітів у накопичення органічної речовини навіть за несприятливих екологічних умов.



Співвідношення між фотосинтезуючою (зеленою) та відмерлою частинами пагонів мохів. Види мохів: 1 – *Bryum caespitium*, 2 – *Bryum argenteum*, 3 – *Barbula unguiculata*.

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 на схилі та в основі відвалу, а найнижчим – на вершині (табл. 1). Причому в субстраті під *B. caespitium* і *B. argenteum* кількість органічного вуглецю є найбільшою. Загалом, у підстиляючому шарі субстрату під дернинами мохів на усіх рівнях відвалу кількість органічного вуглецю зростала в 1,5–2,6 разу, порівняно з його вмістом в оголеному субстраті відвалу.

У багатьох публікаціях оцінюється участь бріофітів у нагромадженні азоту в ґрунті [13, 16, 17, 20]. Встановлено, що відмерла частина мохового покриву має досить високу гідролітичну кислотність, завдяки чому мохова підстилка характеризується значною поглинальною здатністю і може у великих кількостях містити не лише іони водню, а й інші елементи, необхідні для рослини [11]. Наприклад, у первинній сукцесії на пісках швидкість нагромадження азоту в моховому покриві, сформованому *Polytrichum juniperinum* і *Polytrichum piliferum*, становила 10,1 кг/га/рік, причому 58% від акумульованого азоту нагромаджувалося у моховій підстилці. Це свідчить, що бріофітний компонент позитивно впливає на умови едафотопу. Для підтвердження такого припущення моховий покрив видалили повністю на значній площі досліджуваної території. Виявилося, що втрати азоту в

екосистемі значно перевищили його надходження [17]. В арктичних екосистемах встановлено, що деякі види роду *Sphagnum*, а також *Hylocomnium splendens* та *Pleurozium shreberi* нагромаджують утричі більше азоту й фосфору, ніж *Picea marina* [21].

Таблиця 1

Вміст органічного вуглецю у субстраті під моховим покривом на території відвалу №1

Місце відбору проб субстрату під дернинами мохів	Вміст органічного вуглецю, %	
	Північний схил	Південний схил
<i>Оголений субстрат (контроль)</i>		
Гребінь відвалу	1,7±0,1	
Основа	1,6±0,1	1,8±0,2
Схил	1,6±0,2	1,6±0,1
Вершина	1,2±0,1	0,9±0,1
<i>Bryum caespitium</i>		
Гребінь відвалу	4,5±0,2*	
Основа	2,5±0,1*	2,3±0,2*
Схил	2,8±0,2*	2,6±0,2*
Вершина	2,3±0,2*	2,0±0,2*
<i>Bryum argenteum</i>		
Гребінь відвалу	3,9±0,2*	
Основа	2,5±0,2*	1,9±0,1*
Схил	2,7±0,2*	2,4±0,2*
Вершина	2,2±0,2*	2,1±0,2*
<i>Barbula unguiculata</i>		
Гребінь відвалу	3,2±0,2*	
Основа	2,1±0,1*	2,0±0,2
Схил	2,2±0,2	2,0±0,1*
Вершина	1,9±0,2*	1,5±0,2*

Примітка. * – різниця порівняно з контролем (оголений субстрат) статистично достовірна при $p < 0,05$.

Ми встановили, що на території відвалу сірчаного видобутку мохи теж мають вплив на нагромадження азоту й фосфору в субстраті. Найвищі показники їх вмісту визначено у субстраті під мохами *B. caespitium* і *B. argenteum*. У субстраті під моховим покривом, сформованим щільнодернинним видом *B. caespitium*, валовий вміст азоту зростав у 2,0–3,5 разу, фосфору – в 1,2–1,4 разу, порівняно з їх кількістю в оголеному субстраті (табл. 2).

Таблиця 2

Валовий вміст азоту, фосфору та калію у субстраті під моховим покривом на території відвалу №1

Місце відбору проб субстрату під дернинами мохів	Вміст азоту, %	Вміст фосфору, %	Вміст калію, %
<i>Оголений субстрат (контроль)</i>			
Гребінь відвалу	0,10±0,01	0,09±0,01	1,76±0,01
Північний схил	0,09±0,01	0,09±0,01	1,76±0,02
Південний схил	0,09±0,01	0,08±0,01	1,74±0,03
<i>Bryum caespitium</i>			
Гребінь відвалу	0,35±0,02*	0,13±0,01*	1,85±0,02*
Північний схил	0,22±0,01*	0,12±0,01*	1,81±0,01*
Південний схил	0,16±0,02*	0,10±0,01	1,74±0,02
<i>Bryum argenteum</i>			
Гребінь відвалу	0,20±0,02*	0,11±0,01	1,78±0,01
Північний схил	0,13±0,01*	0,10±0,01	1,78±0,01
Південний схил	0,22±0,03*	0,11±0,01*	1,74±0,01
<i>Barbula unguiculata</i>			
Гребінь відвалу	0,12±0,01*	0,11±0,01	1,85±0,02*
Північний схил	0,12±0,01*	0,11±0,01	1,81±0,01*
Південний схил	0,10±0,01	0,08±0,01	1,74±0,02

Примітка. * – різниця порівняно з контролем (оголений субстрат) статистично достовірна при $p < 0,05$.

Під моховими дернинами *B. argenteum* кількість азоту підвищувалася в 1,4–2,4 рази, фосфору – в 1,2 рази (на південному схилі відвалу). Під рослинами *B. unguiculata* вміст азоту в субстраті зростав у 1,2–1,3 рази, а щодо фосфору різниця з контролем була недостовірною.

Мікрокліматичні умови на території відвалу теж впливають на нагромадження азоту й фосфору в субстраті, оскільки найвищий вміст цих елементів було визначено у субстраті на гребені відвалу, а найменше – на південному схилі відвалу, тобто простежується залежність від умов місцевиростання рослин. Можливо, високий рівень інсоляції на південному схилі відвалу впливає на ці показники, оскільки для багатьох видів мохів установа негати́вна кореляція між нагромадженням азоту і фосфору й інтенсивністю світла [25].

У низці публікацій показано роль мохів у накопиченні калію у верхньому мінеральному горизонті ґрунту [11, 19]. Ці дослідження здебільшого стосуються мохів, які приурочені до життя в лісових ценозах (види роду *Sphagnum*, *Pleurozium shreberi*, *Dicranum polysetum*). Аналіз валового вмісту калію у субстраті відвалу не показав суттєвих відмінностей між його кількістю в оголеному субстраті та в субстраті під бріофітним покривом. Можливо, причиною цього є видові особливості або ж специфіка локалізації іонів у пагонах мохів, оскільки встановлено, що одновалентні катіони (насамперед, K^+), найбільше концентруються в апексі пагона, а дивалентні – в базальній старіючій частині [14]. У наших дослідах лише під дернинами мохів *B. caespiticium* і *B. unguiculata* на гребені та північному схилі відвалу зафіксоване достовірне збільшення вмісту калію у субстраті.

Таким чином, на території відвалу №1 ДГХП "Сірка" на поверхні техногенного субстрату за участю бріофітного покриву формується органо-акумулятивний горизонт, утворений продуктами відмирання мохових дернин. Встановлено, що мохоподібні сприяють збагаченню субстрату відвалу органічним вуглецем і біогенними елементами (азотом та фосфором). Важливе значення має життєва форма видів, оскільки найвищі показники вмісту органічного вуглецю, азоту й фосфору встановлені під моховим покривом, сформованим щільнодернинним видом *Bryum caespiticium*.

Дослідниками показано [11, 12, 17], що на девастованих територіях у субстраті під моховим покривом створюється сприятливий гідротермічний режим, оскільки висока поглинальна здатність бріофітів сприяє акумуляції вологи, а відтак встановленню оптимальних умов температурного режиму не лише у дернинах, а й у верхньому шарі субстрату, що свідчить про важливий вплив мохів на властивості едафотопу.

Усі ці дослідження підтверджують, що розвиток бріофітного покриву на відвалі видобутку сірки сприяє відновленню техногенних субстратів і тим самим створює сприятливі умови для розвитку інших вищих рослин та ґрунтової біоти.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрoхимические методы исследования почв / Под ред. А.В. Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.
3. Дідух О. І., Мальований М. С., Шпаківська І. М. Фізичні властивості ґрунтів у межах посттехногенного ландшафту Яворівського ДГХП „Сірка” // Вісн. нац. ун-ту „Львівська політехніка”. 2008. Т. 69. С. 225–233.

4. *Козловський В. І.* Важкі метали в ґрунтах техногенних ландшафтів родовищ самородної сірки Передкарпаття (Україна) // Ґрунтознавство. 2008. Т. 9. № 3–4. С. 101–107.
5. *Лисецький Ф. Н., Голєусов П. В., Кухарук Н. С., Чепелев О. А.* Экологические аспекты воспроизводства почвенно-растительного покрова в нарушенных горнодобывающей промышленностью ландшафтах // Электронный науч. журн. “Исследовано в России”. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/217.pdf>.
6. *Мануїлова Г. М.* Розвиток рослинності на девастрованих землях гірничодобувних підприємств // Наук. вісн. УкрДЛТУ. 2004. Вип. 14.4. С. 34–37.
7. *Марискевич О., Шпаківська І., Дідух О.* Формування ґрунтів у межах техногенного ландшафту Яворівського ДГХП „Сірка” // Наук. вісн. Чернів. ун-ту. Біологія. 2005. № 251. С. 175–185.
8. *Минеев В. Г.* Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 1989. 304 с.
9. *Плохинский Н. А.* Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 367 с.
10. *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. С. 58–66.
11. *Трофимец В. И., Инатов В. С.* Средообразующая роль лишайникового и мохового покровов в сухих сосняках // Ботан. журн. 1990. Т. 75. № 8. С. 1102–1109.
12. *Щербаченко О. І., Рабик І. В., Кім Н. А.* Вплив мохів на водний і температурний режими субстрату відвалу сірчаного видобутку // IV відкритий з’їзд фітобіологів Причорномор’я (Херсон, 2011). Херсон, 2011. С. 25.
13. *Brisbee K. E., Gower S. T., Norman J. M., Nordheim E. V.* Environmental control on ground cover species composition and productivity in a boreal black spruce forest // *Oecologia*. 2001. Vol. 129. P. 261–270.
14. *Brown D. H.* Mineral nutrition. In *Bryophyte Ecology* / Ed. A. J. E. Smith. London: Chapman & Hall, 1982. P. 383–444.
15. *Brown D. H., Bates J. W.* Bryophytes and nutrient cycling // *Bot. J. Linnean Society*. 1990. Vol. 104. P. 129–147.
16. *Bowden R. D.* Input, outputs and accumulation of nitrogen in an early successional moss (*Polytrichum*) ecosystem // *Ecological Monographs*. 1991. Vol. 61. 207 p.
17. *Bowden W. B., Arscott D., Pappathanasi D.* et al. Roles of bryophytes in stream ecosystems // *J. N. Amer. Benthol. Soc.* 1999. Vol. 18. P. 151–184.
18. *Longton R. E.* *Biology of Polar Bryophytes and Lichens*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. 324 p.
19. *Longton R. E.* The role of bryophytes and lichens in terrestrial ecosystems. In: *Bryophytes and Lichens in a Changing Environment* / Eds. J. W. Bates and A. M. Farmer. Clarendon Press, Oxford. 1992. P. 32–76.
20. *Oechel W. C., Van Cleve K.* The role of bryophytes in nutrient cycling in the taiga. New York: Springer-Verlag, 1986. P. 121–137.
21. *O’Neill K. P.* Bryophytes in the global carbon budget. In: *Bryophyte Biology* / Eds A.J. Shaw, B. Goffinet. Oxford, 2000. P. 344–368.
22. *Ringen D.* The role of moss in facilitating natural revegetation of metal-contaminating sites during primary succession. www.bioed.org/ibscore/.
23. *Skré O., Oechel W. C.* Moss functioning in different taiga ecosystems in interior Alaska. I. Seasonal, phenotypic, and drought effects on photosynthesis and response patterns // *Oecologia*. 1981. Vol. 48. P. 50–59.

24. Slack N. G. The ecological importance of lichens and bryophytes // *Bibliotheca Lichenologica*. 1988. Vol. 30. P. 23–53.
25. Thomas R. J., Schiele E. M., Scheirer D. C. Translocation in *Polytrichum commune* (Bryophyta) I. Conduction and allocation of photoassimilates // *Amer. J. Bot.* 1988. Vol. 75. P. 275–281.
26. Tooren B. F. van. Decomposition of bryophyte material in two Dutch chalk grasslands // *J. Bryol.* 1988. N 15. P. 343–352.

Стаття: надійшла до редакції 30.03.12

доопрацьована 23.04.12

прийнята до друку 25.04.12

ROLE OF BRYOPHYTE COVER IN RENATURALIZATION OF TECHNOGENIC SUBSTRATE ON THE TERRITORY OF SULFUR EXTRACTION

N. Kyiak, O. Baik

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

Role of bryophyte cover in renewal of technogenic substrate on territory of the dump №1 of Novojavorivsk mining and chemistry enterprise „Sirka“ was investigated. It was shown that bryophytes play an important role in accumulating organic carbon and biogenic elements in the upper layer of substrate. It was established that life-form of bryophytes substantially influences this process, as the greatest content of organic carbon, nitrogen and phosphorus was determined in substrate under the dense-turfy moss species *B. caespiticium* in comparison with *B. argenteum* and *B. unguiculata*, which formed friable turfs.

Keywords: bryophytes, technogenic substrate, organic carbon, biogenic elements.

РОЛЬ БРИОФИТНОГО ПОКРОВА В РЕНАТУРАЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ СУБСТРАТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ДОБЫЧИ СЕРЫ

Н. Кияк, О. Байк

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

Исследовано участие бриофитного покрова в восстановлении техногенных субстратов на территории отвала №1 Новояворовского государственного горно-химического предприятия „Сера“. Показано, что мохообразные играют важную роль в накоплении органического углерода и биогенных элементов в верхнем слое субстрата. Выявлено, что жизненная форма мхов существенно влияет на этот процесс, поскольку наиболее высокое содержание органического углерода, азота и фосфора установлено в субстрате под *B. caespiticium*, образующим плотную дерновину, по сравнению с *B. argenteum* и *B. unguiculata*, которые образуют рыхлые дерновины.

Ключевые слова: бриофиты, техногенный субстрат, органический углерод, биогенные элементы.