

УДК 582.32:581.527.7+631.48

ВПЛИВ БРІОФІТІВ НА ВМІСТ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ ТА ОРГАНІЧНОГО ВУГЛЕЦЮ У ТЕХНОЗЕМАХ ВІДВАЛІВ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

© 2014 р. Л. Карпінець¹, О. Лобачевська¹, В. Баранов²

¹*Інститут екології Карпат Національної академії наук України
(Львів, Україна)*

²*Львівський національний університет ім. Івана Франка
(Львів, Україна)*

Досліджено участь мохового покриву, а саме домінуючих видів бріофітних угруповань, зокрема *Polytrichum piliferum* Hedw., *p. juniperinum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. та *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp. у процесах ренатуралізації едафотопу породних відвалів Червоноградського гірничопромислового комплексу як середовища, трансформованого внаслідок видобутку вугілля. Відзначено збільшення вмісту К, Na, P і Ca у субстраті під моховими дернинами, порівняно зі субстратом без рослин моху, незалежно від положення їхнього місцезростання на усіх проаналізованих відвалах. За незначної кількості фосфору в техноземі бріофіти можуть нагромаджувати його у 52 рази більше порівняно з субстратом без мохових дернин. Вміст калію в рослинах мохів максимально у 34 рази перевищував його кількість в оголоному техноземі. Результати досліджень засвідчують, що вміст кальцію був найбільшим, а фосфору – найменшим, як в субстратах відвалів, так і в рослинах мохоподібних. Таким чином, бріофіти здатні нагромаджувати біофільні елементи в гаметофіті та змінювати склад технозему під ним. На досліджуваних відвалах вміст органічного вуглецю в оголоному субстраті, порівняно із техноземом під моховим покривом, знижувався в 1,5-3,0 рази. Показано, що моховий покрив, сприяючи збагаченню субстратів відвалів органічним вуглецем та біофільними елементами, впливає на первинні процеси ґрунтоутворення.

Ключові слова: мохоподібні, макроеlementи, органічний вуглець, відвали вугільних шахт

Породні відвали вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового комплексу (ЧГПК) після завершення складування геологічних порід, отриманих унаслідок видобутку та збагачування вугілля, є відкритими для заселення рослин ландшафтами. Абсолютно "новий" едафотоп, не характерний для регіону, та значні висоти відвалів створюють специфічні умови місцезростань (Башуцька, 2006), які лімітують проростання насіння та подальший розвиток рослинного покриву. За змінених біотичних та фізико-хімічних властивостей субстратів мохи, завдяки специфічним біолого-екологічним особливостям, здатні одними із перших заселяти такі техногенні території. Мохоподібні є важливою ланкою первинного

ґрунтоутворювального процесу на техноземах, оскільки змінюють мікрокліматичні умови місцезростань (кислотність і вологість ґрунту), затримують пил та дрібнозем, накопичують атмосферну вологу та біогенні елементи у нерозкладених мертвих тканинах (Glime, 2006; Кияк, Баїк, 2011, 2012; Карпінець та ін., 2014). Бріофітам як невід'ємній складовій багатьох екосистем властива важлива роль в активному збагаченні субстратів поживними речовинами, зокрема внаслідок фіксації атмосферного вуглецю та азоту, що має ключове значення як для локальних, так і глобальних біогеохімічних циклів (Turetsky, 2003; Lindo, Gonzeles, 2010; DeLuca, 2011; Gundale, DeLuca, Nordin, 2011; Porada et al., 2013). Так, в умовах сухих сосняків встановлено специфіку едифікаторно-ценотичного впливу мохового покриву на нагромадження біогенних елементів у підстилці та верхньому мінеральному горизонті ґрунту (Трофимец, Іпатов, 1990).

Адреса для кореспонденції: Баранов Володимир Іванович, Львівський національний університет ім. Івана Франка, вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна;
e-mail: bio.lwiw@mail.ru

ВПЛИВ БРІОФІТІВ НА ВМІСТ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ

На підставі результатів досліджень, проведених на території сірчаного відвалу № 1 Новояворівського ДГХП «Сірка», встановлено, що моховий покрив позитивно впливав на мінеральний режим та органічний склад техногенного субстрату (Кияк, Баїк, 2012).

Участь мохоподібних у відновлювальних процесах техноземів породних відвалів Червоноградського гірничопромислового району недостатньо вивчена і тому метою нашої роботи було дослідити вплив бріофітного покриву на нагромадження макроелементів та органічного вуглецю в антропогенно трансформованому едафотопі шахтних відвалів.

МЕТОДИКА

Об'єктом досліджень були домінуючі види бріофітних угруповань, відібрані з різних положень на відвалах вугільних шахт ЧГПК різного ступеня рекультивациі: відвал діючої шахти «Надія» – рекультивованій (унаслідок нанесення прошарків глинистих ґрунтосумішей), незарослій та частково рекультивованій підсипкою в окремих місцях піском відвал Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) «Червоноградська» (початок відсипки 1979 р.) та природно зарослій відвал недіючої шахти «Візейська» (відсіпання терикону завершено в 70-х роках минулого сторіччя). Основу субстратів досліджуваних відвалів складають алевроитисті та алевроитові аргіліти (осадові породи з групи глин, які не несуть явних слідів метаморфізму, не розмокають або дуже слабо розмокають у воді), які прошаровані піщаниками (Баранов, 2008). На відвалах ЦЗФ та шахти «Надія» є поодинокі екземпляри самосіву берези та сосни і штучні посадки на ЦЗФ і відносно зарослі місця на шахті «Надія».

Взяття проб мохів та технозему проводили на вершині, терасі та в основі відвалів. У межах дослідних ділянок у чотирьох місцях мохових дернин домінуючих видів відбирали проби рослин та технозему під ними, з яких формували середню пробу. Контролем слугував субстрат без мохового покриву. Аналізували верхній шар технозему, товщиною 2-3 см, де бріофіти мають найбільший вплив на субстрати. Для визначення валового вмісту калію, натрію, кальцію та фосфору зразки рослинного матеріалу спалювали у муфельній печі за температури 450°C упродовж 1,5-2 годин, а в техноземі визначали у повітряно-сухих пробах.

Отриману золу рослин та проби техноземів після зважування розчиняли у 12% HCl, потім фільтрували під вакуумом через скляні фі-

льтри Шота. Вміст K, Na, Ca визначали на полуменевому фотометрі марки ПФМ-30МЗ (Петербургський, 1968), вміст фосфору – за методом Лоурі-Лопеса фотоколориметрично за інтенсивністю забарвлення фосфорномолібденової сині (Чернавина и др., 1978). Визначення вмісту органічного вуглецю в субстраті здійснювали за методом І.В. Тюріна у модифікації Б.А. Нікітіна внаслідок окислення органічної речовини хромовою сумішшю у силікоксилному середовищі (Никитин, 1972).

Усі досліді проводили у 3-разовому повторенні. Отримані результати опрацьовували статистично (Лакин, 1990).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Як відомо, калій є необхідним біогенним елементом живлення рослин, який бере активну участь у різноманітних біохімічних процесах: осморегуляції, вуглеводному і білковому обміні, у роботі ферментних систем та забезпеченні фотосинтезу (Johnston, 2010). Результати попередніх досліджень вказують на те, що в породах шахтних відвалів вміст калію незначний (Башуцька, 2006).

На відвалі шахти «Візейська», який є найстарішим серед досліджуваних териконів, рослинний покрив на техноземах почав формуватися значно раніше. Відповідно проективне покриття досліджуваних бріофітних угруповань на ділянках цього відвалу було найбільшим і становило 98%, тоді як на відвалі шахти «Надія» і ЦЗФ в середньому 60%. Визначено, що вміст калію в субстратах під дернинами мохів і в рослинах на відвалі шахти «Візейська» був більшим, ніж на інших відвалах (табл. 1). Кількість іонів K⁺ під моховим покривом була вищою в усіх зразках, що свідчить про вплив бріофітів на обмінні процеси техногенних субстратів.

На терасі терикону встановлено найбільший вміст калію в субстраті як під покривом моху *Brachythecium glareosum*, так і без нього. За результатами весняних досліджень (Карпинець та ін., 2014), на терасі терикону кількість вологи під дерниною моху в середньому становила 14,8%, у незадернованому техноземі – 9,4%. В основі відвалу показник зволоження субстрату під моховим покривом підвищувався до 21,8%, а без рослин – до 18,9%. Отримані результати свідчать, що загалом у відносно сухих місцезростаннях (тераса) вміст калію був значно вищим, ніж у вологіших (основа).

На відвалі шахти «Надія» вміст калію у субстратах під моховими дернинами переви-

Таблиця 1. Вміст мінеральних елементів у рослинах мохів та субстратах породних відвалів вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового комплексу

Досліджувані зразки	Вміст мінеральних елементів, мг/кг повітряно-сухої маси			
	Р	К	Na	Ca
Відвал шахти «Надія»				
Вершина – (з домінуванням <i>Polytrichum piliferum</i>)				
Рослини	810,3±57,6*	1886,6±110,1*	1165,5±106,2*	10359,4±609,4*
Субстрат з-під дернини	99,0±3,4*	166,6±9,6*	231,3±7,3*	2333,4±84,4*
Оголений субстрат	60,1±3,2	108,7±6,2	181,3±9,6	2000,0±52,5
Тераса – (з домінуванням <i>Ceratodon purpureus</i>)				
Рослини	502,4±39,6*	1381,6±99,9*	1695,7±163,2*	7583,3±541,7*
Субстрат з-під дернини	47,3±2,7*	117,0±3,0*	177,3±7,4*	1681,7±70,0*
Оголений субстрат	30,3±3,7	87,4±6,3	120,8±7,5	1197,0±80,2
Основа – (з домінуванням <i>Ceratodon purpureus</i>)				
Рослини	790,4±44,8*	1170,8±91,2*	1721,0±86,1*	8906,3±857,0*
Субстрат з-під дернини	33,8±2,4*	115,9±9,6*	160,4±5,5*	1575,3±60,6
Оголений субстрат	15,1±2,9	76,4±6,6	118,8±9,5	1439,4±30,3
ЦЗФ				
Вершина – (з домінуванням <i>Polytrichum piliferum</i>)				
Рослини	572,1±42,1*	1836,8±106,4*	2581,5±206,5*	9500,0±593,0*
Субстрат з-під дернини	29,4±1,7*	108,7±12,5*	206,3±13,0*	1348,5±84,4*
Оголений субстрат	19,7±1,4	54,3±6,3	122,9±7,5	1030,3±54,7
Тераса – (з домінуванням <i>Ceratodon purpureus</i>)				
Рослини	681,5±37,7*	1315,2±95,1*	1972,8±89,7*	9796,9±515,0*
Субстрат з-під дернини	41,2±2,1*	108,9±6,4*	168,8±7,2*	1393,9±54,7*
Оголений субстрат	29,2±1,3	57,9±3,6	127,1±11,0	1181,8±26,6
Відвал шахти «Візейська»				
Вершина – (з домінуванням <i>Polytrichum juniperinum</i>)				
Рослини	713,5±46,8*	1957,8±120,2*	2687,5±116,8*	11421,9±671,9*
Субстрат з-під дернини	87,7±4,1*	228,0±11,0*	395,8±15,0*	3888,9±320,0
Оголений субстрат	57,8±3,7	134,2±9,5	320,8±12,7	2963,0±185,2
Тераса – (з домінуванням <i>Brachythecium glareosum</i>)				
Рослини	919,5±53,2*	2701,7±141,1*	3258,2±171,0*	15317,7±983,4*
Субстрат з-під дернини	147,1±5,3*	460,1±19,2*	585,4±16,3*	6111,1±320,8*
Оголений субстрат	98,9±6,2	300,7±15,8	502,1±12,7	4814,8±185,2
Основа – (з домінуванням <i>Polytrichum juniperinum</i>)				
Рослини	1064,2±54,5*	2503,4±130,7*	3293,5±158,5*	15781,3±911,2*
Субстрат з-під дернини	226,0±7,2*	304,3±12,6	312,5±18,0*	6296,3±370,4
Оголений субстрат	191,3±5,3	260,9±12,6	385,6±9,1	5555,6±320,7

Примітка. Тут і в табл. 2: * – різниця порівняно з контролем (оголений субстрат) статистично достовірна при $p < 0,05$.

щував його вміст в оголених техноземах у 1,3-1,5 раза. У незадернованому субстраті відвалу ЦЗФ (на вершині та терасі) кількість іонів K^+ була найменшою, порівняно з усіма іншими проаналізованими зразками. У субстраті під дернинами мохів вміст елемента збільшувався в середньому в два рази.

Рослини швидко і ефективно поглинають іони K^+ і здатні нагромаджувати їх у клітині в кількості, що значно перевищує їхній вміст у навколишньому середовищі (Кузнецов, Дмитрієва, 2006). Нами встановлено, що на вершині відвалу ЦЗФ вміст калію в рослинах моху *Polytrichum piliferum* був у 34 рази більшим, ніж в оголеному техноземі (табл. 1).

Натрій є менш важливим елементом для перебігу біохімічних процесів в клітинах рослин, але за умов нестачі калію може частково замінювати його. Натрій є обов'язковим компонентом клітинного соку рослин, відіграє важливу роль у підтриманні кислотно-лужної рівноваги клітин, регулює осмотичний тиск і впливає на вміст води в тканинах (Taiz, Zeiger, 1998).

Результати проведених досліджень свідчать, що вміст іонів Na^+ в субстратах під мохами перевищував їхній вміст в оголеному техноземі на усіх досліджуваних ділянках, за винятком основи відвалу шахти «Візейська». Найбільшу кількість іонів натрію виявлено на терасі даного відвалу, де їхній вміст під покривом мо-

ВПЛИВ БРІОФІТІВ НА ВМІСТ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ

хів, порівняно із субстратом без дернин, збільшувався у 1,2 раза. Кількість елемента в оголених техноземах відвалів шахти «Надія» та ЦЗФ істотно не відрізнялася, а в субстратах під мохами підвищувалася в 1,3-1,7 раза.

Умови реакції середовища відіграють суттєву роль в осадженні та міграції компонентів ґрунту. Так, у кислому середовищі зростає рухомість багатьох елементів, утворюються їхні більш розчинні форми, які при накопиченні стають токсичними для рослин (Ковда, 1985). Кальцій є одним з компонентів біогеохімічної міграції, впливає на кислотність ґрунту, а також його структуру та процеси ґрунтоутворення (Карнаухов, Безнис, 1992), що, в свою чергу, позначається на поглинанні інших елементів живлення рослинами, а отже на їх рості і розвитку. Він гальмує надходження H^+ , тому за підвищеної його кількості рослини здатні витримувати значно кислішу реакцію субстрату, ніж без кальцію. Обмежуючи надходження інших іонів у рослину, Ca^{2+} сприяє усуненню токсичності їхніх надлишкових концентрацій (Медведєв, 2010), що особливо важливо для рослин, які заселяють техногенні едафотопи з підвищеним вмістом токсичних сполук.

Показано, що під впливом Ca^{2+} підвищувалася стійкість гаметофітів моху *Funaria hygrometrica* Hedw. до впливу важких металів (Мельник, Лобачевська, 2009). Взаємодіючи із негативно зарядженими групами фосфоліпідів, кальцій стабілізує клітинну мембрану та знижує її пасивну проникність. Доведено, що адвентивний мох *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid., який виявлений на відвалі шахти «Надія», акумулював значну кількість іонів Ca^{2+} , що, очевидно, є адаптивною реакцією в умовах підвищеного рівня кислотності субстрату і забруднення важкими металами (Соханьчак, Лобачевська, 2012).

Результати наших досліджень засвідчують, що вміст Ca^{2+} як в субстратах відвалів, так і в рослинах мохоподібних, був значно вищим, ніж вміст калію, фосфору та натрію. Відзначено збільшення даного елемента в техноземах під моховими дернинами в усіх досліджуваних зразках, порівняно із субстратом без рослин моху. Максимальний вміст кальцію встановлено в техноземі під покривом моху *Polytrichum juniperinum* в основі відвалу шахти «Візейська», в оголеному субстраті вміст елемента знижувався у 1,1 раза. Найменшу кількість іонів кальцію виявлено в незадернованому субстраті відвалу ЦЗФ, тоді як його вміст у субстраті під мохоподібними збільшувався в 1,2 раза (на те-

расі) та 1,3 раза (на вершині). На відвалі шахти «Надія» вміст кальцію в техноземі під моховими дернинами підвищувався від основи до вершини, а в оголеному субстраті досліджуваних ділянок даного терикону був меншим (табл. 1).

Фосфор є облігатним біофільним елементом. Згідно з даними У. Башуцької (2006), породи шахтних відвалів є малозабезпеченими доступними формами сполук фосфору. Найнижчий вміст P в субстраті без рослинного покриву встановлено в основі відвалу шахти «Надія», проте його кількість під дерниною моху *Ceratodon purpureus* збільшувалася у 2,2 раза. Дещо вищий вміст елемента в оголеному техноземі відзначено на вершині відвалу ЦЗФ, а під покривом бріофітів його кількість підвищувалася в 1,5 раза. Значний вміст фосфору виявлено в техноземі під мохоподібними в основі відвалу шахти «Візейська», тоді як в субстраті без рослин мохів їхня кількість знижувалася в 1,2 рази. Відзначено тенденцію до збільшення вмісту фосфору в усіх досліджуваних зразках терикону від вершини до основи. Нами встановлено, що при незначному вмісті в техноземі біогеного елемента, бріофіти можуть нагромаджувати його у 52 рази більше порівняно з субстратом без мохових дернин (основа відвалу шахти «Надія»).

Ще одним важливим компонентом субстрату, відсутність якого лімітує онтогенез рослин, є вміст органічного вуглецю. Мохи, як піонерні види, унаслідок деструкції дернин впливають на нагромадження органічної речовини у верхньому горизонті технозему (Рагуліна, Орлов, 2011; Соханьчак, Лобачевська, 2012). Установлено, що у багатьох північних екосистемах мохоподібні, незважаючи на невелику біомасу, зберігають й акумулюють більше вуглецю, ніж будь-які інші види рослин (O'Neill, 2000; DeLuca, 2011).

На досліджуваних відвалах вміст органічного вуглецю в оголеному субстраті, порівняно із техноземом під моховим покривом, знижувався від 1,5 до 3,0 разів. Незначний відсоток органічного вуглецю у незадернованому субстраті відзначено на терасі та вершині відвалу ЦЗФ, тоді як його вміст під моховими дернинами збільшувався в 2,1 та 2,7 рази відповідно (табл. 2).

На териконі шахти «Візейська», порівняно з іншими відвалами, вміст органічного вуглецю як в техноземі під моховим покривом, так і без нього був найвищим (за винятком оголеного субстрату вершини терикону). В основі відвалу його вміст у субстраті під моховою де-

Таблиця 2. Вміст органічного вуглецю в технозомах породних відвалів Червоноградського гірничопромислового комплексу

Положення на відвалі – домінантні види мохів	Органічний вуглець, %	
	під дерниною моху	у субстраті без рослин
	Відвал шахти «Надія»	
Вершина – <i>Polytrichum piliferum</i>	2,40±0,15*	1,30±0,07
Тераса – <i>Ceratodon purpureus</i>	1,00±0,07*	0,50±0,04
Основа – <i>Ceratodon purpureus</i>	1,09±0,05*	0,36±0,02
	Відвал ЦЗФ	
Вершина – <i>Polytrichum piliferum</i>	0,27±0,02*	0,10±0,01
Тераса – <i>Ceratodon purpureus</i>	0,44±0,03*	0,21±0,01
	Відвал шахти «Візейська»	
Вершина – <i>Polytrichum juniperinum</i>	2,70±0,17*	1,10±0,06
Тераса – <i>Brachythecium glareosum</i>	4,22±0,25*	2,81±0,17
Основа – <i>Polytrichum juniperinum</i>	6,78±0,40*	4,29±0,30

рриною був більшим у 1,6 раза, ніж у субстраті без рослин. На відвалі відзначено тенденцію до збільшення вмісту органічного вуглецю в техносубстратах від вершини до основи, що, ймовірно, пов'язано зі зливом та зсувом поверхнього шару нестійкого субстрату внаслідок вітрової і водної ерозій на схилах породних відвалів. Відмінності у кількості вуглецю в технозомах на різних положеннях відвалу можуть бути зумовлені неоднаковою вологістю субстратів (Карпинець та ін., 2014) та, ймовірно, вищим відсотком відмерлої частини у моховій дернині. Так, для сірчаних відвалів було встановлено пряму залежність між потужністю мохової підстилки та вмістом органічного вуглецю у субстраті під бріофітним покривом (Кияк, Баїк, 2012).

Встановлено, що на вершині відвалу шахти «Надія» вміст органічного вуглецю в задернованому техноземі збільшувався порівняно із субстратами під бріофітним покривом на терасі та в основі. Ймовірно, це пов'язано із сприятливішими мікрокліматичними умовами цього місцезростання. Так, у весняний період вміст вологи під покривом мохів становив 9,0%, на терасі знижувався в 3,3 раза, а в основі відвалу – 2,1 раза (Карпинець та ін., 2014). Тобто кількість органічного вуглецю корелює із вмістом в субстраті вологи, що сприяє росту та розвитку мохових дернин та пришвидшує процеси деструкції органічної речовини.

Отже, мохи, акумулюючи біогенні мінеральні елементи в рослинних тканинах унаслідок активного метаболізму, сприяють їхньому нагромадженню в субстратах під бріофітним покривом. Різниця у накопиченні мікроелементів різними мохами залежала від місцезростань на відвалі, які відрізнялися окремими показниками мікрокліматичних та едафічних умов, зокрема вологи і кислотності. Завдяки деструкції

мохових дернин технозем збагачується органічною речовиною, що значною мірою впливає на активність первинного ґрунтоутворення у верхньому горизонті техногенних субстратів. Такий безпосередній вплив бріофітів на склад едафотопу сприяє його регенерації та створює сприятливі умови для подальшого заселення і функціонування угруповань багатьох судинних рослин.

ЛІТЕРАТУРА

- Баранов В.І. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ "Львівсистеменерго" як об'єкта для озеленення // Вісник Львів. ун-ту. Сер. біол. – 2008. – Вип. 46. – С. 172-178.
- Баиуцька У.Б. Сукцесії рослинності породних відвалів шахт Червоноградського гірничопромислового району. – Львів: РВВ НЛТУ України, 2006. – 180 с.
- Карнаухов А.И., Безніс А.Т. Бионеорганическая химия – Киев: Вища шк., 1992. – 223 с.
- Карпинець Л.І., Лобачевська О.В., Баранов В.І. Вплив бріофітного покриву на умови едафотопу породних відвалів Червоноградського гірничопромислового комплексу // Вісник Львів. ун-ту. Серія біол. – 2014. – Вип. 65. – С. 255-265.
- Кияк Н.Я., Баїк О.Л. Участь бріофітів у відновленні девастованих територій сірчаного видобутку // Біологічні Студії / Studia Biologica. – 2011. – Т. 6, № 2. – С. 22-36.
- Кияк Н.Я., Баїк О.Л. Роль бріофітного покриву у ренатуралізації техногенних субстратів на території видобутку сірки // Вісник Львів. ун-ту. Сер. біол. – 2012. – Вип. 59. – С. 114-121.
- Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. – М.: Наука. – 1985. – 262 с.
- Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. – М.: Высш. шк., 2006. – 742 с.
- Лакін Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

ВПЛИВ БРІОФІТІВ НА ВМІСТ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ

- Медведев С.С. Кальциевая сигнальная система растительной клетки // Клеточная сигнализация / Отв. ред. А.Н. Гречкин. – Казань: ФЭН, 2010. – С. 26-36.
- Мельник І.В., Лобачевська О.В. Роль кальцієвого статусу в адаптації *Funaria hygrometrica* // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. Мат-ли 9-ї наук. конф. мол. учених. – Львів, 2009. – С. 158-160.
- Никитин Б.А. Определение содержания гумуса в почве // Агрохимия. – 1972. – № 3. – С. 123-125.
- Петербургский А. В. Практикум по агрономической химии. – М.: Колос, 1954. – 456 с.
- Рагуліна М.С., Орлов О.Л. Мохоподібні (Bryophyta) як агенти ініціального ґрунтоутворення в техногенних екосистемах // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2011. – Вип. 27. – С. 89-94.
- Соханьчак Р.Р., Лобачевська О.В. Вплив моху *Satruropus introflexus* (Hedw.) Brid. на відновлення техногенних субстратів шахтних відвалів // Біологічні Студії / Studia Biologica. – 2012. – Т. 6, № 1. – С. 101-108.
- Трофимец В.И., Инатов В.С. Средообразующая роль лишайникового и мохового покровов в сухих сосняках // Ботан. журн. – 1990. – Т. 75, № 8. – С. 1102-1108.
- Чернавина И.А., Потапов Н.Г., Косулина Л.Г., Кренделева Т.Е. Большой практикум по физиологии растений. – М.: Высш. шк., 1978. – 408 с.
- DeLuca T.H. Feathermosses, nitrogen fixation and the boreal biome // IBERS Knowledge-Based Innovations. – 2011. – V. 4. – P. 27-31.
- Glime J.M. Bryophyte Ecology. 2006. E-book sponsored by Michigan Technological University (MTU), Botanical Society of America (BSA), International Association of Bryologists (IAB). <http://www.bryocol.mtu.edu/>
- Gundale M.J., DeLuca T.H., Nordi, A. Bryophytes attenuate anthropogenic nitrogen inputs in boreal forests // Global Change Biology. – 2011. – V. 17. – P. 2743-2753.
- Johnston A.E. The Importance of Potassium in Soil and Plants // Fertilizer association of Ireland. Proceedings of Spring Scientific Meeting. “Balancing Nutrient Supply – Best Practice and New Technologies”. – 2010. – V. 45. – P. 2-17.
- Lindo Z., Gonzeles A. The bryosphere: An integral and influential component of the Earth’s biosphere // Ecosystems. – 2010. – 13. – P. 612-627.
- O’Neill K.P. Role of bryophyte-dominated ecosystems in the global carbon budget // Bryophyte Biology / Eds A.J. Shaw, B. Gofinet. – Cambridge University press, 2000. – P. 344-368.
- Porada P., Weber B., Elbert W., Puschl U., Kleidon A. Estimating global carbon uptake by lichens and bryophytes with a process-based model // Biogeosciences. – 2013. – V. 10, Is. 11. – P. 6989-7033.
- Taiz L, Zeiger E. Plant Physiology. – Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., Publishers, 1998. – 792 p.
- Turetsky M.R. New Frontiers in Bryology and Lichenology. The Role of Bryophytes in Carbon and Nitrogen Cycling // Bryologists. – 2003. – V. 106. – P. 395-409.

Надійшла до редакції
05.09.2014 р.

THE INFLUENCE OF THE BRYOPHYTES ON THE CONTENT OF MACROELEMENTS AND ORGANIC CARBON IN TECHNOZEMS OF THE DUMPS OF THE CHERVONOHRAD MINING INDUSTRIAL COMPLEX

L. Karpinets¹, O. Lobachevska¹, V. Baranov²

¹*Institute of Ecology of the Carpathians of the National Academy of Sciences of Ukraine
(Lviv, Ukraine)*

²*Ivan Franko National University of Lviv
(Lviv, Ukraine)*

e-mail: bio.lwiw@mail.ru

Participation of a bryophyte cover namely of the dominant species of the bryophyte groups in particular *Polytrichum piliferum* Hedw., *P. juniperinum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. and *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp. in the renaturalization processes of edaphotop of the rock dumps of the Chervonohrad mining industrial complex as a transformed environment due to active coal mining is investigated. An increased of K, Na, P and Ca in the substrate under moss turfs, compared with the substrate without mosses, regardless of the position of habitat mosses at all the analyzed dumps was noted. With a small amount of phosphorus in technozem, the bryophytes can accumulate it 52 times more compared with the substrate without moss tufts. The potassium content in moss plants maximally 34 times exceeded the amount of uncovered technozem without bryophytes. The results of the investigation indicate that the content

of calcium was the highest and of phosphorus – the lowest both in dump substrates and bryophyte plants. Therefore mosses are able to accumulate biophyl elements in the gametophyte and to change the composition of the unolerying technozem. The content of organic carbon in the dump substrate without tufts, compared with the technozem under moss cover, decreased 1,5-3,0 times. It was proved that moss cover enriching dump substrates in organic carbon and biophyl elements affectes the primary processes of soil formation.

Key words: *bryophytes, macroelements, organic carbon, dumps of coal mines*

ВЛИЯНИЕ БРИОФИТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ И ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ТЕХНОЗЕМАХ ОТВАЛОВ ЧЕРВОНОГРАДСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Л. Карпинец¹, О. Лобачевская¹, В. Баранов²

¹*Институт экологии Карпат Национальной академии наук Украины
(Львов, Украина)*

²*Львовский национальный университет им. Ивана Франко
(Львов, Украина)
e-mail: bio.lwiw@mail.ru*

Исследовано участие мохового покрова, а именно доминантных видов бриофитных сообществ, в частности, *Polytrichum piliferum* Hedw., *P. juniperinum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. и *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp., в процессах ренатурализации эдафотопа породных отвалов Червоноградского горнопромышленного комплекса как среды, трансформированной вследствие добычи угля. Отмечено увеличение К, Na, P и Ca в субстрате под моховыми дерновинками по сравнению с субстратом без растений мха, независимо от положения их местообитания на всех проанализированных отвалах. При незначительном количестве в техноземе фосфора бриофиты могут накапливать его в 52 раза больше по сравнению с субстратом без моховых дерновинок. Содержание калия в растениях мхов максимально в 34 раза превышало его количество в обнаженном техноземе. Результаты исследований свидетельствуют, что содержание кальция было наивысшим, а фосфора – наименьшим как в субстратах отвалов, так и в растениях мохообразных. Таким образом, мхи способны накапливать элементы в гаметофите и изменять состав технозема под ним. На исследуемых отвалах содержание органического углерода в субстрате без дерновинок по сравнению из техноземом под моховым покровом снижался в 1,5-3,0 раза. Показано, что моховой покров, способствуя обогащению субстратов отвалов органическим углеродом и биофильными элементами, влияет на первичные процессы почвообразования.

Ключевые слова: *мохообразные, макроэлементы, органический углерод, отвалы угольных шахт*