

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЇ КАРПАТ

Карпинець Людмила Іванівна

УДК 582.32+57084.2+662.271.4+631.484

**БРІОФІТНІ УГРУПОВАННЯ ТА ЇХ РЕНАТУРАЛІЗАЦІЙНА РОЛЬ
НА ПОРОДНИХ ВІДВАЛАХ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ
ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ**

03.00.16 – екологія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Львів – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті екології Карпат НАН України.

Науковий керівник: кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник
Лобачевська Оксана Василівна,
Інститут екології Карпат НАН України,
завідувач відділу екоморфогенезу рослин.

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Гапон Світлана Василівна,
Полтавський національний педагогічний
університет імені В.Г. Короленка, професор
кафедри ботаніки, екології та методології
навчання біології.

кандидат біологічних наук,
Гришко Віталій Миколайович
Криворізький ботанічний сад НАН
України, старший науковий співробітник
відділу оптимізації техногенних
ландшафтів.

Захист відбудеться "10" травня 2017 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої
вченої ради К 35.257.01 при Інституті екології Карпат НАН України за адресою:
79026, м. Львів, вул. Козельницька, 4.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту екології Карпат НАН
України (79026, м. Львів, вул. Козельницька, 4).

Автореферат розіслано "07" квітня 2017 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник

І.М. Шпаківська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Економічний розвиток в Україні потребує залучення значних обсягів природних ресурсів, що призводить до дисбалансу в екологічних системах від найменшої – консорційної до біосфери в цілому. Надмірна антропогенна діяльність стала причиною для трансформації структурних компонентів екосистем, порушення їхніх трофічних зв'язків, функціональної здатності та речовинно-енергетичного обміну [Голубець, 2000; Мягченко, 2010].

У дослідженнях, присвячених рекультивативній трансформації територій, а саме біологічній рекультивативній, основна увага спрямована на вищі судинні рослини як домінують фітомеліорації. Дослідженню бріофітів, як піонерній компоненті ренатуралізації, присутній майже в усіх едафотопах, приділено значно менше уваги. Окремі дослідження приурочені вивченню видового складу мохоподібних на шахтних відвалах [Машталер, 2006; Лобачевська, 2012; Кузярін, 2013], динаміки заростання кар'єрних відслонень [Рагуліна, 2012] та антропогенно змінених територій видобутку сірки [Рабик та ін., 2010, 2012], однак участь мохоподібних у сукцесії рослинного покриву, зокрема на породних відвалах вугільних шахт, та їх роль у трансформації девастованих територій досі залишається мало вивченою.

У зв'язку з цим існує нагальна потреба у поглибленому вивченні відновного потенціалу мохових угруповань в антропогенно змінених екосистемах для прогнозу динаміки та інтенсивності процесів їх ренатуралізації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертації виконано у відділі екоморфогенезу рослин Інституту екології Карпат НАН України в межах держбюджетних наукових тем: “Фенотипна пластичність та адаптивна здатність мохів, їх роль у ренатуралізації антропогенно трансформованого середовища” (№ державної реєстрації РК 0110U000206) та “Стійкість та адаптивні структурно-функціональні зміни мохів під впливом абіотичних стресорів в умовах антропогенно трансформованого середовища” (№ державної реєстрації РК 0115U002646).

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – визначення участі бріофітних угруповань у сукцесії рослинного покриву та їх ренатуралізаційної ролі на породних відвалах вугільних шахт різного ступеня рекультивативній на території Червоноградського гірничопромислового району.

Для досягнення мети були поставлені такі **завдання**:

- Встановити ранг бріофітних угруповань та їх видовий склад, еколого-біоморфну та географічну структури бріофлори залежно від положення та ступеня рекультивативній на породних відвалах вугільних шахт.
- Визначити участь бріофітів у стабілізації водно-температурного мікрорежиму та кислотності верхнього шару техногенних субстратів.
- З'ясувати роль мохоподібних у нагромадженні біогенних елементів (N, P, K, Ca) та органічного Карбону у верхньому шарі субстрату як показника ініціації формування органо-акумулятивного шару субстрату.
- Дослідити рівень нагромадження моховим покривом та у субстраті під ним важких металів залежно від положення на шахтних відвалах.

- Визначити сезонну динаміку вмісту пігментів фотосинтезу та показники хлорофільного індексу бріосинузій в антропогенно трансформованому середовищі.

- Проаналізувати вміст біологічно активних речовин (вуглеводів, фенолів, вільного проліну) у клітинах бріофітів залежно від сезонних змін та умов їх існування.

Об'єкт дослідження – бріофітні синузії породних відвалів вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району.

Предмет дослідження – видовий склад, структура бріосинузій та їх ренатуралізаційна роль на породних відвалах ЧГПР.

Методи досліджень: систематичний аналіз бріофлори, фізіологічні, екологічні, хімічні, біохімічні, статистичні.

Наукова новизна отриманих результатів. Уперше проведено аналіз стійких бріофітних угруповань на шахтних відвалах ЧГПР залежно від положення та ступеня рекультивації відвалів. Встановлено ранг мохових угруповань як епігейних синузій, співвідношенням біоморф та екоформ, диференціацію бріофлори за еволюційно-географічними елементами на території породних відвалів, оцінено участь бріофітних заростань у зміні водно-температурного режиму та актуальної кислотності, депонуванні органіки, стимуляції розвитку і збільшення різноманіття гетеротрофної та азотфіксуючої мікрофлори у верхньому шарі субстрату. Досліджено роль мохового покриву у збагаченні техногенного субстрату елементами живлення та їх особливості акумуляції у гаметофіті моху. Вперше оцінено внесок бріофітних синузій у первинну продуктивність техногенних ландшафтів видобутку вугілля і встановлено особливості функціонування фотосинтетичного комплексу мохоподібних залежно від умов локалітетів у техногенному середовищі. Визначено адаптивні стрес-реакції у бріосинузіях в умовах шахтних відвалів.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати поглиблюють знання про участь бріосинузій у відновленні субстратів техногенних ландшафтів видобутку вугілля залежно від ступеня їх рекультивації. Вивчення адаптивної здатності мохів до дії стресових чинників в умовах шахтних відвалів може слугувати теоретичною базою для фіторемедіації та підвищення стійкості фітоценозів на техногенних територіях видобутку вугілля. Будуть розроблені методичні підходи щодо комплексної оцінки участі бріофітних синузій у сукцесіях рослинного покриву на субстратах породних відвалів вугільних шахт, визначені критерії їх ренатуралізаційної ролі, які стануть основою для розробки програми моніторингу відновлення техногенних територій.

Результати дисертаційної роботи використовуються у наукових дослідженнях, при виконанні курсових і дипломних робіт, навчальному процесі кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка у викладанні спецкурсів “Екологія рослин та ґрунтів” і “Фітоімунологія”.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи отримано здобувачем самостійно. Протягом 2012-2016 років дисертант особисто здійснила основний обсяг експериментальної частини дисертації, статистичної

обробки результатів, підбору й опрацювання літературних джерел. За участю наукового керівника визначено напрямки та розроблено схеми польових досліджень, а також спільно із співавторами проведено аналіз та інтерпретацію отриманих результатів. Права співавторів публікацій при написанні дисертації та автореферату не порушено.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи представлено у доповідях на IX, X, XI Міжнародних наукових конференціях студентів і аспірантів “Молодь і поступ біології” (Львів, 2013, 2014, 2015); наукових конференціях “Стан та біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку” (Шацьк 2013, 2014, 2015); II Міжнародній науково-практичній конференції “Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи” (Львів, 2015); 65 науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2014 році “Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем” (Львів, 2015); IV Международной научной экологической конференции “Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства” (Краснодар, 2015); Міжнародній науково-практичній конференції “Актуальні питання розвитку біології та екології” (Вінниця, 2016); Всеукраїнській науково-практичній конференції “Проблеми відтворення та охорони біорізноманіття України” (Полтава, 2016).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 17 наукових праць, у тому числі 6 статей у фахових виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз даних (Біологічні студії / *Studia Biologica*; Вісник Львівського університету. Серія біологічна; Вісник Харківського університету. Серія: біологія) та 11 тез доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 130 сторінках машинописного тексту. Робота складається із вступу, 7 розділів, що містять 26 таблиць, 19 рисунків, висновків та списку використаних джерел. Список літератури налічує 208 найменувань, з них 54 – латиницею. Загальний обсяг дисертації разом із списком використаної літератури становить 153 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

В літературному огляді представлено результати аналізу наукових досліджень щодо участі бріофітного покриву у ренатуралізації антропогенно трансформованих територій (Rastorfer, 1979; Машталер, 2006; Рагуліна, Орлов, 2011; Кияк, Баїк, 2011; 2012; Соханьчак, Лобачевська, 2012).

Охарактеризовано типи досліджуваних відвалів шахт “Надія”, “Візейська” та Центральної збагачувальної фабрики Червоноградського гірничопромислового району, їхні кліматичні умови, фізичні та хімічні властивості техногенних субстратів, а також способи та ступінь рекультивації відвалів. Проаналізовано особливості поширення мохоподібних на девастованих територіях з видобутку вугілля.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основні дослідження проводили впродовж 2012–2016 років, які ґрунтувались на аналізі структури стійких бріофітних синузій та їх функціональній ролі у процесах відновлення субстратів відвалів: рекультивованого діючої шахти “Надія”, незарослого і частково рекультивованого Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) “Червоноградська” та природно зарослого недіючої шахти “Візейська” Червоноградського гірничопромислового району.

Встановлення стійких мохових угруповань та збір бріофлористичних матеріалів проводили детально-маршрутним методом залежно від положення на породному відвалі. Систематичне опрацювання бріофлори здійснювали стаціонарно за загальноприйнятим порівняльно-морфологічним методом (Бачуріна, Мельничук, 1987-1989; Бачуріна, Мельничук, 2003; Игнатов, Игнатова, 2003). Класифікацію та номенклатуру видів мохів встановлювали за М. Хілом та ін. (Hill, 2006) печіночників – за Р. Гролем, Д. Лонгом (Grolle, Long, 2000) та Б. Крандал-Стотлер та Р. Стотлером (Crandal-Stotler, Stotler, 2000). Стійкі мохові угруповання розглядали у ранзі бріосинузій (Гапон, 2010; Гапон, 2013), їх назви констатували за домінантною класифікацією та життєвими формами діагностичних видів мохоподібних (Бойко, 1978; Улична, 1980; Гапон, 2011; Ходосовцев, Бойко, Надеїна, Ходосовцева, 2015). Частоту трапляння мохів у бріосинузіях встановлювали за методом К. Раункієра (Улична, Гапон, Кулик, 1989), проективне покриття кожного виду та постійність домінантних видів мохоподібних – за методом Н. Корневої (Улична, Гапон, Кулик, 1989) та модифікованою шкалою Ж. Браун-Бланке (Кузярін, 2013). Біоморфологічну структуру мохів визначали на основі оцінки життєвих форм за класифікацією К. Гімінгайма і Е. Робертсона (Gimingham, Robertson, 1950), модифіковану К. Мегдефрау (Magdefrau, 1982), П. Річардсом (Richards, 1984) та доповнену Д. Гляймом (Glime, 2006). Встановлення екологічних груп бріофітів за М. Ф. Бойком (Бойко, 2010), О. В. Лобачевською (Лобачевська, 2012), Г. Ф. Риковським, О. М. Масловським (Рыковский, Масловский, 2004, 2009) проводили з урахуванням специфіки місцезростання виду. Аналіз географічної структури бріофлори здійснювали за Г. Ф. Риковським, О. М. Масловським (Рыковский, Масловский, 2004, 2009).

Мікрокліматичні умови на порушених територіях досліджували за загальноприйнятими методиками (Аринушкина, 1970; Польшина 1991; Минеев, 1989; Ніколайчук, Білик, 1997).

Визначення хімічних та фізіолого-біохімічних показників здійснювали за методиками (Петербургский 1954; Запрометов, 1971; Никитин, 1972; Bates, 1973; Плешков, 1976; Гавриленко, Ладыгина, Хандобина, 1975; Чернавина и др., 1978; Методические рекомендации..., 1981; Минеев 2001; Мусієнко та ін., 2001). Хлорофільний індекс визначали за Н. Ю. Шмаковою, О. В. Кудрявцевою (Шмакова, Кудрявцева, 2002). Отримані дані опрацьовували методами статистичного аналізу (Лакін, 1990). Достовірність різниці між варіантами оцінювали за критерієм Стьюдента.

СИСТЕМАТИЧНА, БІОМОРФОЛОГІЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА СТРУКТУРИ МОХОПОДІБНИХ БРІОФІТНИХ СИНУЗІЙ НА ШАХТНИХ ВІДВАЛАХ

Систематична структура мохоподібних. Заростання шахтних відвалів відбувається як первинна сукцесія рослинного покриву з послідовними стадіями заселення толерантних видів мохоподібних та формуванням угруповань, які відрізняються як за видовим складом, так і за структурно-функціональною організацією. На дослідних ділянках визначено 14 стійких бріофітних угруповань, сформованих з 20-ти видів мохоподібних, залежно від положення, мікрорельєфу та типу місцевиростань на породному відвалі. Виявлені мохоподібні належать до 2-х відділів: відділ Bryophyta, представлений 19-ма видами листкостеблових мохів, що належать до 9 родин. Відділ Marchantiophyta, репрезентований 1 видом печіночника, з родини Cephaloziaceae – *Cephalozia bicuspidata*. Серед мохоподібних відділу Bryophyta провідною є родина Brachytheciaceae, дещо меншими за кількістю видів – Polytrichaceae та Bryaceae. Видовий склад угруповань репрезентований від 1-го (відвали ЦЗФ та шахти “Надія”) до 8-ми видів мохоподібних (підніжжя відвалу шахти “Візейська”), що залежить від водно-температурного режиму, фізико-хімічних властивостей субстрату, ступеня інсоляції та віку відвалу.

Техноземи з несприятливими умовами шахтних відвалів, зокрема ЦЗФ та “Надія”, заселяють бріофітні синузії з піонерних, переважно дводомних, екологічно пластичних видів-поселенців (*Ceratodon purpureus*, *Bryum pseudotriquetrum*, *B. argenteum*) (табл. 1, 2). Для них характерний підвищений генетичний поліморфізм фертильних рослин, а також значна пластичність розвитку завдяки здатності як до генеративного, так і вегетативного розмноження – утворення спеціалізованих виводкових органів: ламких верхівок стебел, виводкових бруньок, підземних бульбочок, що дає можливість цим видам підтримувати життєвий потенціал та ефективно поширюватись у мінливому, іноді непридатному для існування інших видів судинних рослин середовищі. На субстратах зі значно стабільнішими екологічними умовами поселяються види за життєвою стратегією – багаторічні стаєри із низькою статевою та безстатевою репродукцією, значною тривалістю життя та швидким ростом. Такі види формують бріосинузії на терасі та у підніжжі відвалу шахти “Візейська”, на самозарослій вершині та терасі відвалу шахти “Надія” (*Brachythecium glareosum*, *Cirriphyllum crassinervium*, *Amblystegium serpens*).

Найбільшу частоту трапляння на дослідженій території встановлено для *Ceratodon purpureus* – 64,3 %. На відвалах шахти “Надія” та ЦЗФ в угрупованнях найчастіше трапляється *Polytrichum piliferum*, *Pohlia nutans* – на відвалі ЦЗФ та шахти “Візейська”, *Brachythecium glareosum* – на відвалах шахт “Надія” та “Візейська”. Виявлено, що видам мохів, які трапляються найчастіше у бріосинузіїях, здебільшого характерний і найвищий показник проективного покриття, а саме: *Ceratodon purpureus* – на відвалах шахт “Надія” і ЦЗФ, *Polytrichum juniperinum* – “Візейська”.

Визначено, що на досліджуваних ділянках породних відвалів переважають щільнодернинні синузії (42,9 %) з незначним складом бріофлори, дещо меншу

частку становлять пухкодернинні (35,7 %) та плетивні синузії (21,4 %) – в основному у підніжжі самозарослого відвалу шахти “Візейська”.

Таблиця 1

Видовий склад та екологічна структура бріофітних синузій на відвалі шахти “Надія”

№ ділянки	Назва бріофітних синузій	Видовий склад бріосинузій	Життєва форма моху	Життєва стратегія моху	Розмноження
Відвал шахти “Надія”- вершина					
1	Пухкодернинна <i>Polytrichastrum formosum</i> – <i>Campylopus introflexus</i> – syn.	<i>Polytrichastrum formosum</i>	ВПД	Поселенець	С
		<i>Campylopus introflexus</i>	НЩД	Поселенець	С/Б
		<i>Aulacomnium palustre</i>	ЩП	Багаторічний стаер	С
		<i>Sphagnum girgensohnii</i> <i>Rhynchostegium murale</i>	ВПД ЩП	Поселенець Багаторічний стаер	С С
2	Плетивна моновидова <i>Sciurohypnum starkei</i> – syn.	<i>Sciurohypnum starkei</i>	ПП	Багаторічний стаер	С
3	Щільнодернинна <i>Campylopus introflexus</i> – <i>Ceratodon purpureus</i> – syn	<i>Ceratodon purpureus</i>	НЩД	Поселенець	С
		<i>Campylopus introflexus</i>	НЩД	Поселенець	С
4	Пухкодернинна <i>Polytrichum piliferum</i> – <i>Campylopus introflexus</i> – syn.	<i>Polytrichum piliferum</i>	НПД	Поселенець	С
		<i>Campylopus introflexus</i>	НЩД	Поселенець	С/Б
тераса					
1	Щільнодернинна <i>Ceratodon purpureus</i> – <i>Bryum argenteum</i> – syn.	<i>Ceratodon purpureus</i>	НЩД	Поселенець	С
		<i>Bryum argenteum</i>	НЩД	Поселенець	С/Б
2	Плетивна <i>Brachythecium glareosum</i> – <i>Brachythecium albicans</i> – syn.	<i>Brachythecium glareosum</i>	ПП	Багаторічний стаер	С
		<i>Brachythecium albicans</i>	ЩП	Багаторічний стаер	С
		<i>Ceratodon purpureus</i>	НЩД	Поселенець	С
підніжжя					
1	Щільнодернинна <i>Bryum caespiticium</i> – syn.	<i>Bryum caespiticium</i>	НЩД	Поселенець	С/Б
		<i>Ceratodon purpureus</i>	НЩД	Поселенець	С
2	Щільнодернинна <i>Ceratodon purpureus</i> – <i>Bryum pseudotriquetrum</i> – syn.	<i>Ceratodon purpureus</i>	НЩД	Поселенець	С
		<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	НЩД	Поселенець	С/Б
		<i>Bryum caespiticium</i>	НЩД	Поселенець	С/Б

Примітка. Тут і надалі: НЩД – низька щільна дернина; НПД – низька пухка дернина; ВПД – висока пухка дернина; ПП – пухке плетиво; ЩП – щільне плетиво; С – статево; С/Б – статево/безстатево.

Здебільшого діагностичним видом щільнодернинних синузій на відвалах шахт “Надія” та ЦЗФ є *Ceratodon purpureus*, а пухкодернинних (відвал шахти “Надія” та ЦЗФ) – *Polytrichum piliferum* та *P. juniperinum* (відвал шахти “Візейська”). Плетивні синузії з діагностичним видом – *Brachythecium glareosum* характерні для відвалів шахт “Надія” та “Візейська”.

Аналіз структури життєвих форм бріофітних синузій. У здебільшого ксероморфних умовах шахтних відвалів (тераси відвалів шахти “Надія” та ЦЗФ) у

бріосинузіях переважають види із життєвою формою низької щільної дернини (*Ceratodon purpureus*, *Bryum caespiticium*, *B. argenteum*).

Таблиця 2

Видовий склад та екологічна структура бріофітних синузій на відвалах ЦЗФ та шахти “Візейська”

№ ділянки	Назва бріофітних синузій	Видовий склад бріосинузій	Життєва форма моху	Життєва стратегія моху	Розмноження
Відвал ЦЗФ - вершина					
1	Щільнодернинна <i>Ceratodon purpureus</i> – syn.	<i>Ceratodon purpureus</i> <i>Pohlia nutans</i>	НЩД НЩД	Поселенець Поселенець	С С
2	Пухкодернинна моновидова <i>Polytrichum piliferum</i> – syn.	<i>Polytrichum piliferum</i>	НПД	Поселенець	С
тераса					
1	Щільнодернинна моновидова <i>Ceratodon purpureus</i> – syn.	<i>Ceratodon purpureus</i>	НПД	Поселенець	С
Відвал шахти “Візейська” - вершина					
1	Пухкодернинна <i>Polytrichum juniperinum</i> – syn.	<i>Polytrichum juniperinum</i> <i>Pohlia nutans</i> <i>Ceratodon purpureus</i>	ВПД НЩД НЩД	Поселенець Поселенець Поселенець	С С С
тераса					
1	Плетивна <i>Brachythecium glareosum</i> – syn.	<i>Brachythecium glareosum</i> <i>Polytrichum juniperinum</i> <i>Cirriphyllum crassinervium</i> <i>Amblystegium serpens</i>	ПП ВПД ЩП ПП	Багаторічний стаер Поселенець Багаторічний стаер Багаторічний стаер	С С С С
підніжжя					
1	Пухкодернинна <i>Polytrichum juniperinum</i> – syn.	<i>Polytrichum juniperinum</i> <i>Pohlia nutans</i> <i>Ceratodon purpureus</i> <i>Brachythecium glareosum</i> <i>Cirriphyllum crassinervium</i> <i>Brachythecium salebrosum</i> <i>Brachythecrastrum velutinum</i> <i>Cephalozia bicuspidata</i>	ВПД НЩД НЩД ПП ЩП ПП ПП ПД	Поселенець Поселенець Поселенець Багаторічний стаер Багаторічний стаер Багаторічний стаер Багаторічний стаер Поселенець	С С С С С С С С

Така біоморфна структура сприяє виживанню мохів в умовах дефіциту вологи та надмірної сонячної радіації завдяки невисоким щільно розміщеним пагонам та густій ризоїдній повсті, що забезпечує мінімальну втрату вологи у дернині (табл. 1,2).

Високі дернини у бріосинузіях формують *Polytrichastrum formosum* та *Sphagnum girgensohnii*, які приурочені до перезволожених умов мікропонижень

рельєфу на вершині терикону шахти “Надія” та *Polytrichum juniperinum*, що репрезентує мохові синузії на терасі та у підніжжі відвалу шахти “Візейська”. На цьому ж відвалі виявлено переважання мохів із біоморфою пухкого чи щільного плетива.

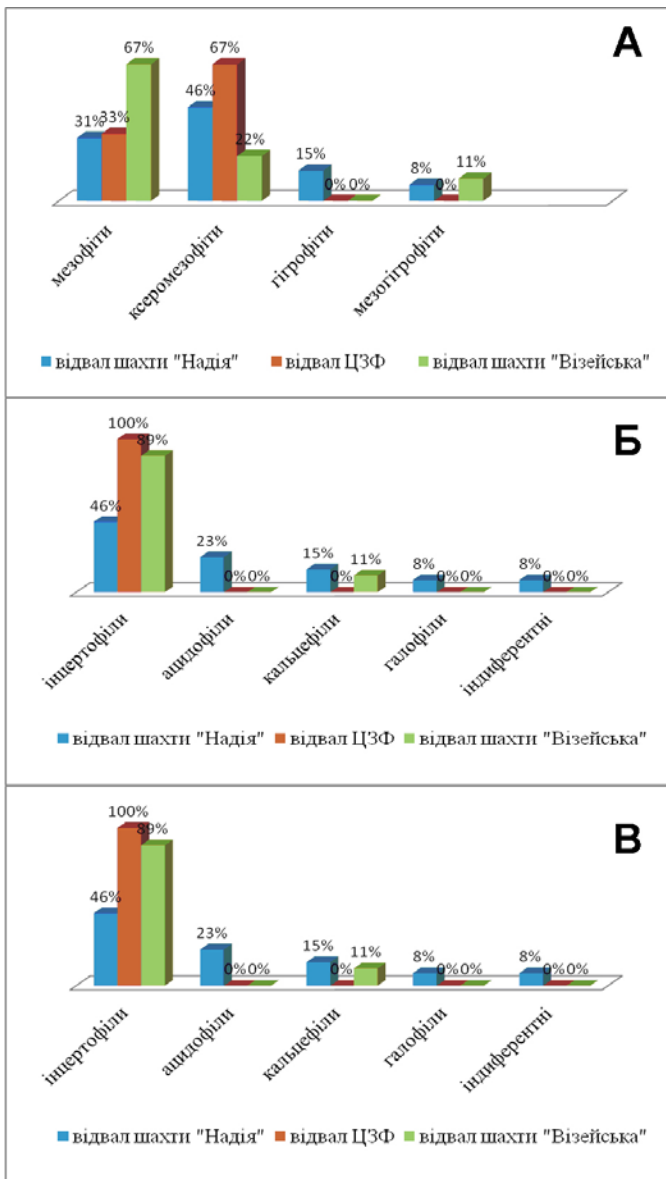


Рис. 1. Екологічні групи мохоподібних у досліджуваних синузіїях за відношенням: А – до вологості; Б – до хімізму; В – до трофності субстрату.

Гетерогенність мікрокліматичних умов та фізико-хімічні властивості субстрату на відвалі шахти “Надія” сприяли поширенню мохоподібних досить різних екологічних груп – кальцефіли (*Brachythecium glareosum*, *Bryum pseudotriquetrum*), ацидофіли (*Sphagnum girgensohnii*, *Polytrichastrum formosum*), інцертрофіли (*Ceratodon purpureus*, *Rhynchostegium murale*), ксеро-

Екологічні групи бріофітів залежно від зволоженості, трофності та хімізму техногенного субстрату. Особливості поширення мохів та специфіка формування бріосинузій значною мірою залежить від фізико-хімічного складу породи, водно-температурного режиму на відвалах, їхнього віку, відповідно, і стадії сукцесійних процесів (рис. 1). На наймолодшому відвалі ЦЗФ найтипівіші бріосинузії здебільшого є моновидовими з переважанням ксеромезофітних, інцертрофільних та олігомезотрофних видів (*Polytrichum piliferum*, *Pohlia nutans*). Ущільнення деревного ярусу на відвалі шахти “Візейська” покращило мікроумови середовища, що стало передумовою для заселення представників бріофлори мезофітної (*Brachythecium glareosum*, *Cirriphyllum crassinervium*, *Amblystegium serpens*) та мезогігрофітної груп (*Cephalozia bicuspidata*). У збагаченому на поживні речовини субстраті поселились мезотрофи (*Cirriphyllum crassinervium*, *Brachytheciastrum velutinum*), олігомезотрофи (*Pohlia nutans*, *Ceratodon purpureus*) та мезоевтрофи (*Amblystegium serpens*, *Brachythecium glareosum*, *Cephalozia bicuspidata*). Щодо хімізму субстрату, найбільшу частку на відвалі займають інцертрофіли (*Polytrichum juniperinum*, *Brachythecium salebrosum*).

albicans, *Bryum caespiticium*, *B. argenteum*) та мезофіти (*Sciurohypnum starkei*, *Brachythecium glareosum*), гігрофіти (*Aulacomnium palustre*), мезогігрофіти (*Sphagnum girgensohnii*), евтрофи (*Bryum pseudotriquetrum*), оліготрофи (*Polytrichum piliferum*) тощо.

Диференціація мохоподібних за географічними елементами у трансформованому середовищі. У бріофлорі досліджуваних синузій виділено 6 географічних елементів: бореальний, космополітний, неморальний, бореально-неморальний, бореально-монтанний та середземноморсько-неморальний. На відвалі ЦЗФ найбільшу частку займає космополітний елемент, репрезентований *Ceratodon purpureus*, який є одним із синантропних видів, що часто утворюють піонерні заростання на різних типах техногенних субстратів. В умовах мікропонижень рельєфу (вершина відвалу шахти “Надія”) та підніжжя відвалів (шахт “Надія” та “Візейська”) із самозаростанням деревних та трав’яних рослин присутні види, що представляють бореальний тип, якому належить найбільша частка серед усіх визначених географічних елементів. На вершині відвалу шахти “Надія” значне зволоження субстрату, а також високі показники температур, навіть у зимовий період, внаслідок локального горіння, сприяли заселенню виду, який характерний для середземноморсько-неморального елемента – *Rhynchostegium murale*.

ОЦІНКА ВПЛИВУ БРІОСИНУЗІЙ НА УМОВИ СУБСТРАТІВ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Порівняльний аналіз сезонних змін едафічних умов (вологості, температури, рН) під моховими дернинами та у субстраті без рослин залежно від положення на відвалах. Встановлено, що бріофіти в спекотний період року зменшували температурні максимуми під дерниною, порівняно із субстратом без рослин, тоді як у холодніші місяці температурні показники під мохом здебільшого були вищими.

Весною на вершині відвалу шахти “Надія” амплітуда змін температурних показників під мохом становила: 11,1 °С – 19,4 °С, у субстраті без рослин – 10,6 °С– 17,5 °С. У липні температура у техноземі без бріофітного покриву максимально збільшувалась до 33,9 °С, водночас під дерниною *Polytrichastrum formosum* знижувалась на 2,2 °С. У жовтні під мохом було тепліше на 2,8 °С, порівняно із субстратом без рослин. На терасі впродовж квітня-липня-жовтня локальні процеси окиснення породи, які супроводжуються горінням, впливали на показники температурного режиму як у субстраті під мохом, так і без нього. Порівняно з субстратом без рослин, влітку встановлено істотне зниження температури (на 2,7 °С) під дернинами *Ceratodon purpureus* з тераси відвалу ЦЗФ. Весною у субстраті без мохового покриву було холодніше на 1,3 °С, а восени – на 1,1 °С.

Протягом квітня-липня-жовтня на відвалі шахти “Візейська” відзначено тенденцію до зниження температурного режиму субстрату (як під бріосинузіями, так і без них) від вершини до його підніжжя. Це пов’язано із поступовим збільшенням щільності рослинного покриву, що вплинуло на зменшення інтенсивності освітлення поверхні технозему та підвищення вологості

атмосферного повітря. У квітні та жовтні субстрат під бріофітами охолоджувався менше, ніж незадернований. Влітку температура технозему максимально знижувалась (на 2,1 °C) на терасі відвалу під дерниною *Ceratodon purpureus*, порівняно із субстратом без рослин.

Впродовж весняно-осіннього періоду вміст вологи під бріосинузіями зберігався вищим, ніж у субстраті без рослин, та залежав від їхньої екологічної приуроченості до умов місцезростань. Значну різницю відсотка вологи у субстраті під моховим покривом та без нього впродовж сезонів визначено під дернинами *Polytrichastrum formosum* на вершині відвалу шахти “Надія” (у квітні – 45,8 %, липні – 31,1 %, жовтні – 46,2 %). На відвалі ЦЗФ максимальна різниця показників водного режиму під моховими дернинами та у субстраті без рослин змінювалась: у квітні – на 1,2 % (*Polytrichum piliferum* на вершині), липні – на 0,8 % (*Ceratodon purpureus* на вершині) та жовтні – на 2,1 % (*C. purpureus* на терасі). На відвалі шахти “Візейська” відзначено тенденцію до збільшення вмісту вологи у техногенному субстраті від вершини до підніжжя, що пов’язано із поступовим заростанням відвалу та зімкнення рослинного покриву. Найбільша різниця вмісту вологи у техноземах протягом квітня-липня-жовтня зберігалась під моховим покривом на терасі відвалу: у квітні (5,4 %) та жовтні (11,4 %) під *Brachythecium glareosum*, липні (10,0 %) – під *C. purpureus*).

Показники кислотності під бріосинузіями протягом квітня-липня-жовтня здебільшого знижувались. Мінливість значення рН водного ґрунтового розчину у техноземі залежала як від ступеня рекультивації відвалу, так і часом завершення відсіпання шахтної породи, а отже, і тривалості процесів окиснення. У липні на відвалі ЦЗФ, зокрема його терасі, встановлено найнижчий показник кислотності (рН 3,59), водночас під моховим покривом значення водного ґрунтового розчину було вищим (рН 4,70). На відвалі шахти “Надія” актуальна кислотність протягом весняно-осіннього періоду у субстраті без рослин була досить мінливою – від лужної реакції – рН 7,28–7,10 (підніжжя), ймовірно, внаслідок нанесення супіщаного чи суглинкового шару ґрунтосуміші, до кислішої – рН 5,85 – 5,88 (вершина). У таких умовах відвалу мохові дернини впродовж сезонів як підкислювали (підніжжя), так і підлужнювали (вершина) техногенний субстрат. На терасі відвалу шахти “Візейська” максимальне зниження актуальної кислотності під дернинами встановлено у липні (на 0,20 од.) , що забезпечує кращі умови для онтогенезу судинних рослин та доступність для поглинання елементів живлення.

Визначення рівня нагромадження біогенних елементів (N, P, K, Ca) під бріофітним покривом та їх специфіка акумуляції у клітинах рослин. Встановлено, що бріосинузії, акумулюючи біогенні мінеральні елементи у клітинах мохів унаслідок активного метаболізму, сприяють їхньому нагромадженню у субстратах під дернинами (табл. 3, 4). Кількість йонів Калію, Фосфору, Нітрогену та Кальцію під моховим покривом на усіх відвалах була більшою, ніж у субстраті без рослин, що свідчить про вплив мохів на обмінні процеси техноземів. Вміст біогенних елементів загалом залежав від мікрокліматичних умов на відвалах та часом завершення відсіпання шахтної породи. Зокрема, на відвалі ЦЗФ відзначено здебільшого зниження вмісту

макроелементів у субстратах на усіх положеннях, порівняно з іншими відвалами. Кількість біогенних елементів на вершині відвалу шахти “Надія” перевищувала її кількість на інших положеннях.

Таблиця 3

Вміст загального Нітрогену у домінантних мохах бріофітних синузій та техногенних субстратах залежно від положення на шахтних відвалах

Домінантні види мохів у бріосинузій	Вміст загального Нітрогену, %		
	у гаметофіті моху	під дерниною моху	у субстраті без рослин
Відвал шахти “Надія” – вершина			
<i>Polytrichum piliferum</i>	0,29±0,18*	0,18±0,009*	0,13±0,012
тераса			
<i>Ceratodon purpureus</i>	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 ЦЗФ – 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>	0,15±0,008*	0,05±0,002*	0,03±0,003
тераса			
<i>Brachythecium glareosum</i>	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.* Тут і надалі: різниця порівняно з контролем (субстрат без рослин) статистично достовірна при $p < 0,05$.

Збільшення макроелементів від вершини до підніжжя відзначено на відвалі шахти “Візейська”, вочевидь, унаслідок його поступового заселення мохами та формуванням бріосинузій у напрямку до вершини відвалу, що свідчить про вагомий внесок мохового покриву у збагачення субстратів необхідними біогенними елементами і на початкових, і на послідовних етапах заростання техногенного середовища. Установлено, що за незначної кількості в техноземі Фосфору мохоподібні нагромаджували його у 52 рази більше, порівняно з субстратом без мохових дернин, а вміст Калію у пагонах рослин максимально у 34 рази перевищував його вміст у субстраті без бріофітного покриву.

Визначено, що вміст Ca^{2+} як в субстратах відвалів, так і в рослинах мохоподібних, був значно вищим, ніж вміст Калію, Нітрогену та Фосфору. Нагромадження йонів Ca^{2+} у мохах має і пристосувальний характер, оскільки вони в умовах відвалів з низьким значенням рН субстрату гальмують надходження H^+ у клітину, що сприяє резистентності рослин до кислої реакції середовища.

Заселяючи техногенні та практично непридатні для існування багатьох рослинних організмів субстрати, бріосинузії сприяють їх регенерації: позитивним чином впливають на збагачення поверхневого шару біогенними елементами

(Нітрогеном, Калієм, Фосфором, Кальцієм) та впливають на перебіг сукцесійних процесів на антропогенно трансформованих територіях.

Таблиця 4

Вміст мінеральних елементів у доміантних видів бріосинузій та субстратах породних відвалів вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району

Досліджувані зразки	Вміст мінеральних елементів, мг/кг повітряно-сухої маси		
	Р	К	Са
Відвал шахти “Надія” – вершина			
Рослини <i>Polytrichum piliferum</i>	810,3±57,6*	1886,6±110,1*	10359,4±609,4*
Субстрат під дерниною	99,0±3,4*	166,6±9,6*	2333,4±84,4*
Субстрат без рослин	60,1±3,2	108,7±6,2	2000,0±52,5
тераса			
Рослини <i>Ceratodon purpureus</i>	502,4±39,6*	1381,6±99,9*	7583,3±541,7*
Субстрат під дернини	47,3±2,7*	117,0±3,0*	1681,7±70,0*
Субстрат без рослин	30,3±3,7	87,4±6,3	1197,0±80,2
підніжжя			
Рослини <i>Ceratodon purpureus</i>	790,4±44,8*	1170,8±91,2*	8906,3±857,0*
Субстрат під дерниною	33,8±2,4*	115,9±9,6*	1575,3±60,6
Субстрат без рослин	15,1±2,9	76,4±6,6	1439,4±30,3
ЦЗФ – вершина			
Рослини <i>Polytrichum piliferum</i>	572,1±42,1*	1836,8±106,4*	9500,0±593,0*
Субстрат під дерниною	29,4±1,7*	108,7±12,5*	1348,5±84,4*
Субстрат без рослин	19,7±1,4	54,3±6,3	1030,3±54,7
тераса			
Рослини <i>Ceratodon purpureus</i>	681,5±37,7*	1315,2±95,1*	9796,9±515,0*
Субстрат під дерниною	41,2 ±2,1*	108,9±6,4*	1393,9±54,7*
Субстрат без рослин	29,2±1,3	57,9 ±3,6	1181,8±26,6
Відвал шахти “Візейська” – вершина			
Рослини <i>Polytrichum juniperinum</i>	713,5±46,8*	1957,8±120,2*	11421,9±671,9*
Субстрат під дерниною	87,7±4,1*	228,0±11,0*	3888,9±320,0
Субстрат без рослин	57,8 ±3,7	134,2±9,5	2963,0±185,2
тераса			
Рослини <i>Brachythecium glareosum</i>	919,5±53,2*	2701,7±141,1*	15317,7±983,4*
Субстрат під дерниною	147,1±5,3*	460,1±19,2*	6111,1±320,8*
Субстрат без рослин	98,9±6,2	300,7±15,8	4814,8±185,2
підніжжя			
Рослини <i>Polytrichum juniperinum</i>	1064,2±54,5*	2503,4±130,7*	15781,3±911,2*
Субстрат під дерниною	226,0±7,2*	304,3±12,6	6296,3±370,4
Субстрат без рослин	191,3±5,3	260,9±12,6	5555,6±320,7

Оцінка вмісту органічного Карбону під моховою дерниною як показника ініціації формування акумулятивно-органічного шару. Встановлено, що моховий покрив сприяв депонуванню органічного Карбону у ризоїдному шарі субстрату, вміст якого був більшим у 1,5 – 3,0 рази, порівняно із субстратом без рослин. Незначний відсоток органічного Карбону в незадернованому техноземі відзначено на терасі та вершині відвалу ЦЗФ, тоді як його вміст під бріосинузіями був більшим у 2,1 та 2,7 рази відповідно. На відвалі шахти “Надія” відсоток органічного Карбону під дернинами максимально збільшувався на його вершині,

що, ймовірно, пов'язано із сприятливішими мікроумовами цього локалітету. Тобто вміст органічного Карбону корелював із вмістом у субстраті вологи. Збільшення відсотка органічного Карбону в технозомах від вершини до підніжжя відвалу шахти “Візейська”, вочевидь, пов'язано зі зливом та зсувом поверхневого шару нестійкого субстрату внаслідок вітрової і водної ерозій на схилах породних відвалів, збільшенням щільності рослинного покриву, відповідно, і вмісту вологи, що пришвидшує процеси деструкції органічної речовини.

Аналіз вмісту мікроелементів в мохових дернинах та техногенних субстратах в мінливих умовах існування. На породних відвалах бріосинузії найбільше акумулювали Цинк, Нікель та Манган. На вершині відвалу ЦЗФ встановлено найбільше нагромадження у гаметофіті моху Цинку (173,6 мг/кг повітряно-сухої маси), на відвалі шахти “Надія”, зокрема його вершині, – Нікелю (120,7 мг/кг повітряно-сухої маси) та Мангану (822,1 мг/кг повітряно-сухої маси). Найбільшу кількість акумульованих важких металів у пагонах мохів відзначено на терасі та у підніжжі найстарішого та самозарослого відвалу шахти “Візейська”, де, окрім вище зазначених елементів, бріофіти нагромаджували і Кадмій. Вочевидь, цей елемент потрапляв із відвалу ЦЗФ, де проводиться постійне відсіпання шахтної породи, внаслідок підвищеного вітрового режиму, який сприяв міграції токсичних елементів із пилом на суміжні відвали.

Порівняно із субстратом без рослин, визначено як збільшення вмісту важких металів, так і їх зниження у субстраті під бріосинузіями. Кількісне зменшення мікроелементів під дернинами, порівняно із субстратом без мохового покриву, вочевидь, відбувалось унаслідок переміщення їх по ризоїдній повсті до надземної частини гаметофіту. Водночас накопичення ВМ під покривом моху, мабуть, було результатом транспортування їх з водою після дощу чи туману із листових пластинок, або верхівок пагонів рослин до поверхневого шару субстрату. Отже, мохоподібні, акумулюючи важкі метали, вилучають їх із біогеохімічного циклу, таким чином зменшуючи токсичність субстрату. Нагромадження мохами поліютантів у значних кількостях підтверджує їх роль як інформативних індикаторів забруднення середовища.

Дослідження еколого-трофічних груп мікробіоти під моховим покривом у мінливому середовищі шахтних відвалів. Встановлено, що найбільша кількість еколого-трофічних груп мікроорганізмів у технозомах відвалів присутня під бріофітним покривом. Здебільшого під дернинами мохів переважали олігонітрофіли (аероби, більшість з яких здатні фіксувати атмосферний Нітроген, або використовувати його мінеральні форми) та безбарвні сіркоокислювальні бактерії нейтрофіли. Бріосинузії певною мірою сприяли розвитку целюлозоруйнувальних мікроорганізмів, яким належить вагома роль у деструкції органічної речовини.

БІОХІМІЧНІ ТА ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БРІОФІТІВ У ТРАНСФОРМОВАНИХ УМОВАХ ШАХТНИХ ВІДВАЛІВ

Сезонна динаміка вмісту пігментів фотосинтезу у пагонах *Ceratodon purpureus* залежно від умов місцезростання на відвалах. На породних відвалах сприятливі мікрокліматичні умови (квітень) здебільшого спричиняли підвищення

концентрації хлорофілу *a* у фотосинтезуючих органах мохів, а влітку за багатофакторного впливу стресових чинників (високі температура та інсоляція, дефіцит вологи у субстраті) його вміст знижувався на фоні підвищення кількості хлорофілу *b* та каротиноїдів. Зменшення співвідношення хлорофілів/каротиноїдів та хлорофіл *a* / хлорофіл *b* в асимілюючих органах рослин має захисний характер, оскільки знижує ризик окислювальних реакцій у хлоропластах та стабілізує функціонування пігментної системи.

Визначення хлорофільного індексу як показника фотосинтетичної продуктивності бріофітних синузій. Хлорофільний індекс бріосинузій залежав від площі асимілюючої поверхні, вмісту зелених пігментів у фотосинтезуючих органах та екологічної приуроченості до умов місцезростання мохоподібних. Істотно збільшувалися показники продуктивності синузій, які репрезентують домінантні види *Polytrichum juniperinum* та *Brachytecium glareosum*. Встановлено найбільшу величину хлорофільного індексу (1521,0 г/м²) для бріосинузії: пухкодернинна *Polytrichum juniperinum* – сун. з підніжжя відвалу шахти “Візейська”, в якій найбільше проективне покриття займають види, що формують високі дернини та плетиво із значною площею асимілюючої поверхні та сумарною кількістю зелених пігментів, та найменшу – у моновидовій щільнодернинній синузії *Ceratodon purpureus* – сун. з тераси відвалу ЦЗФ (0,058 г/м²). Визначальним для формування невеликої фітомаси моху, який приурочений до умов тераси відвалу, були: недостатній водний режим субстрату та значний ступінь інсоляції. На відвалі шахти “Надія”, зокрема його терасі, для плетивної бріосинузії *Brachytecium glareosum*–*Brachytecium albicans* – сун., яка зростає серед трав’яного ярусу на ділянці горбистого мікрорельєфу, визначено найбільшу величину ХІ (0,380 г/м²) та фітомасу мохових дернин (587,0 г/м²).

Оцінка вмісту біологічно активних речовин (фенольних сполук, розчинних цукрів та вільного проліну) у гаметофіті домінантного моху *Ceratodon purpureus* в мінливих умовах існування. Під впливом екологічного

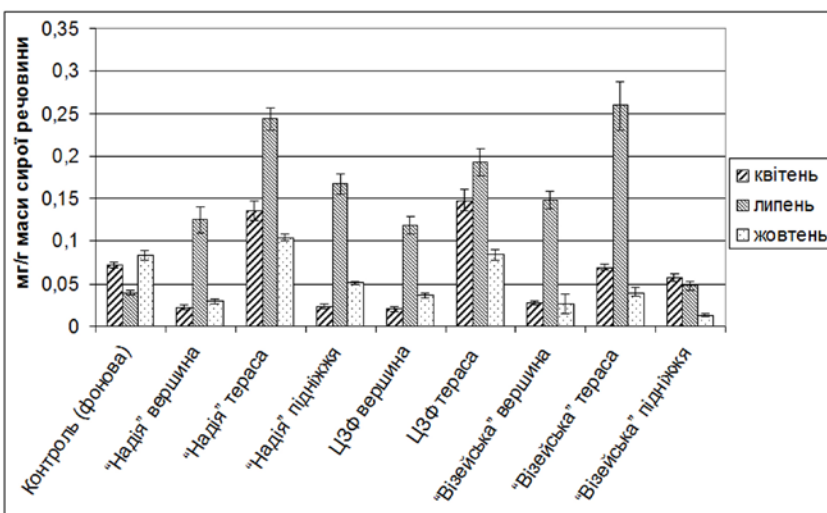


Рис. 2. Сезонна динаміка вмісту вільного проліну в пагонах *Ceratodon purpureus* у стресових умовах породних відвалів

пресингу (дефіцит вологи, високий режим температур та значна сонячна радіація) на відвалах відзначено активацію біосинтезу вільного проліну, фенольних сполук та розчинних цукрів у клітинах мохів, що сприяло підтриманню гомеостазу рослинного організму в стресових умовах існування. Окрім того, на інтенсифікацію накопичення проліну у пагонах бріофітів впливали й чинники іншої природи, зокрема йони екзогенного

Ca^{2+} , які могли або сприяти нагромадженню цієї імінокислоти у клітинах мохів, або ж запускати інші компенсаційні механізми стійкості, в результаті чого її синтез не активувався.

Поліфункціональна дія проліну у весняно-осінній періоді сприяла резистентності мохів і до низького температурного режиму внаслідок його катаболізму для забезпечення енергією функціонування рослинного організму за стресових низьких температур (рис. 2).

Здатність проявляти адаптивні реакції завдяки біохімічні зміни на клітинному рівні та значний арсенал фенотипних пристосувань (біоморфна структура, життєва стратегія, розмноження: генеративне, вегетативне та ін.) робить бріофіти надзвичайно пластичними та сприяє їхньому поширенню у досить гетерогенних умовах шахтних відвалів й участі як у формуванні поверхневого ґрунтового шару у первинних сукцесійних процесах, так і подальшому функціонуванні сформованого рослинного покриву.

ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано зміни екологічних і біоморфологічних структур епігейних бріосинузій залежно від абіотичних умов на відвалах видобутку вугілля Червоноградського гірничопромислового району, визначено первинну продуктивність, фізіологічні стреспротекторні реакції та роль у процесах відновлення порушених територій.

1. Визначено 14 типових маловидових (від 1 до 8) безрангових епігейних бріосинузій, які ідентифікували за домінантними видами мохоподібних та їх життєвими формами. Показано, що видовий склад і проективне покриття бріосинузій залежать від віку породних відвалів, типу їх рекультивації та мікрокліматичних умов місцезростання.

2. Встановлено, що зміни екобіоморфологічної структури бріосинузій зумовлені гетерогенністю абіотичних умов на відвалах. Відзначено, що найбільшу частку (65 %) становлять бореальні види бріофітів, здебільшого з фонових територій, і 15 % – космополіти. Серед біоморф переважають мохи із життєвими формами: щільна дернина та пухке плетиво, а екоморф – ксеромезофіти, мезофіти, олігомезотрофи, мезотрофи та інцертфіли.

3. Хлорофільний індекс як показник первинної продуктивності епігейних бріосинузій змінювався залежно від їхнього видового складу, вмісту хлорофілу *a* і *b* та фітомаси мохових дернин в різних умовах місцезростань на відвалах.

4. В умовах дефіциту вологи, високої інсоляції та температури у бріосинузіях встановлено підвищену здатність до синтезу розчинних цукрів, вільного проліну та фенольних сполук, що є проявом стрес-толерантності.

5. Завдяки здатності бріосинузій швидко поглинати вологу і нагромаджувати її, на техногенних відвалах поліпшувались мікроумови під моховим покривом: зокрема у липні показники вологи збільшувались, а температури зменшувались, порівняно із субстратом без рослин.

6. Визначено, що формування епігейних бріосинузій сприяє підвищенню різноманіття еколого-трофічних груп мікроорганізмів (оліготрофів, безбарвних

сіркоокислювальних бактерій нейтрофілів) та ініціює формування органо-аккумулятивного шару під моховим покривом, порівняно із субстратом без рослин.

7. З'ясовано ренатуралізаційну участь бріосинузій, яка проявляється як у покращенні мікрокліматичних показників, так і мікроумов в 0-3 см шарі субстрату під моховим покривом завдяки збагаченню біогенними елементами (Нітрогеном, Фосфором, Калієм, Кальцієм), депонуванню органічного Карбону та перерозподілу мікроелементів між рослинами та субстратом.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз даних

1. **Карпінець Л.** Вплив бріофітного покриву на умови едафотопу породних відвалів Червоноградського гірничопромислового комплексу / Л. Карпінець, О. Лобачевська, В. Баранов // Вісник Львівського університету. Серія: біологічна. – 2014. – Вип. 65. – С. 255–265.
2. Kuzmishyna S. Microbiota of the coal pit waste heaps of Chervonograd mining region / S. Kuzmishyna, S. Hnatysh, O. Moroz, **L. Karpinets**, V. Baranov // Вісник Львівського університету. Серія: біологічна. – 2014. – Вип. 67. – С. 234–242.
3. **Карпінець Л.** Вплив бріофітів на вміст макроелементів та органічного вуглецю у технозомах відвалів Червоноградського гірничопромислового комплексу / Л. Карпінець, О. Лобачевська, В. Баранов // Вісник Харківського університету. Серія: Біологія. – 2014. – Вип. 3. – С. 52–58.
4. Лобачевська О. Фенотипна пластичність моху *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. в умовах техногенно трансформованого середовища / О. Лобачевська, І. Бойко, **Л. Карпінець** // Біологічні студії / Studia Biologica. – 2014. – Т. 8, № 3-4. – С. 137–148.
5. Бешлей С. В. Вміст фенолів і активність поліфенолоксидази в гаметофіті *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. та *Bryum argenteum* Hedw. за умов росту на відвалі шахти “Надія” / С. В. Бешлей, Р. Р. Соханьчак, О. В. Лобачевська, **Л. І. Карпінець** // Вісник Львівського університету. Серія: біологічна. – 2015. – Вип. 69. – С. 256–264.
6. **Карпінець Л.** Вплив мохів на мікрокліматичні умови едафотопів породних відвалів і їхні адаптаційні реакції / Л. Карпінець, О. Лобачевська, В. Баранов // Біологічні студії / Studia Biologica. – 2016. – Т. 10, №3-4. – С. 119–128.

Матеріали наукових конференцій

1. **Карпінець Л. І.** Вплив водних екстрактів прижиттєвих виділень мохів з породних відвалів вугільних шахт на ризогенез живців квасолі / Л. І. Карпінець, В. І. Баранов // Молодь і поступ біології : м-ли ІХ Міжнародної наукової конференції. – Львів, 2013. – С. 86.
2. **Карпінець Л. І.** Зміни мікрокліматичних умов субстратів породних відвалів вугільних шахт за впливу бріофітного покриву / Л. І. Карпінець,

- О. В. Лобачевська, В. І. Баранов // Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку : м-ли наукової конференції. – Шацьк, 2013 . – С. 33–34.
3. **Карпінець Л.** Вплив водних витяжок із субстратів породних відвалів вугільних шахт на ростові показники проростків редису / Л. Карпінець, С. Теглівець // Молодь і поступ біології : м-ли Х Міжнародної наукової конференції. – Львів, 2014. – С. 385–286.
 4. **Карпінець Л. І.** Вплив бріофітного покриву на вміст біогенних елементів у технозомах породних відвалів / Л. І. Карпінець, О. І. Лобачевська, В. І. Баранов // Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку : м-ли наукової конференції. – Шацьк, 2014. – С. 31–32.
 5. **Карпінець Л. І.** Біоморфологічна та екологічна структури бріофітних угруповань на відвалах Червоноградського гірничопромислового району / Л. І. Карпінець, О. В. Лобачевська, В. І. Баранов // Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем : м-ли 65-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2014 році. – Львів, 2015. – С. 64–66.
 6. Лобачевская О. В. Участие бриофитов в восстановительных процессах субстратов породных отвалов угольных шахт / О. В. Лобачевская, В. И. Баранов, **Л. И. Карпинец** // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : м-лы IV Международной научной экологической Конференции. – Краснодар, 2015. – С. 440–442.
 7. **Карпінець Л.** Вплив стресових чинників породних відвалів вугільних шахт на вміст фенольних сполук у гаметофіті мохів / Л. Карпінець, О. Лобачевська, В. Баранов // Молодь і поступ біології : м-ли XI Міжнародної наукової конференції. – Львів, 2015. – С. 515–516.
 8. Лобачевська О. В. Учуть мохів у відновленні девастованих територій видобутку вугілля / О. В. Лобачевська, **Л. І. Карпінець**, У. А. Оксенюк. // Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи : м-ли II Міжнародної науково-практичної конференції. – Львів, 2015. – С. 77–79.
 9. **Карпінець Л.** Вміст пігментів фотосинтезу та проліну у гаметофіті мохів на породних відвалах вугільних шахт / Л. Карпінець, О. Лобачевська, В. Баранов // Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку : м-ли наукової конференції. – Шацьк, 2015. – С. 39.
 10. **Карпінець Л. І.** Сезонна динаміка вмісту вільного проліну в пагонах *Ceratodon purpureus* у трансформованих умовах породних відвалів / Л. І. Карпінець, О. І. Лобачевська, В. І. Баранов // Актуальні питання розвитку біології та екології : м-ли Міжнародної науково-практичної конференції. Вінниця: – ТОВ "Нілан-ЛТД", 2016. – С. 340–343.
 11. Лобачевська О. В. Нові відомості про поширення мохоподібних на породних відвалах Червоноградського гірничопромислового району / О. В. Лобачевська, Р. Р. Соханьчак, **Л. І. Карпінець** // Проблеми відтворення та охорони біорізноманіття України : м-ли Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Полтава: Астроя, 2016. – С. 92–95.

АНОТАЦІЯ

Карпінець Л. І. Бріофітні угруповання та їх ренатуралізаційна роль на породних відвалах вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району. – Рукопис

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Інститут екології Карпат НАН України, Львів, 2017.

Дисертація присвячена вивченню структури бріосинузій та їх участі у відновленні техногенних субстратів на території Червоноградського гірничопромислового району. На досліджуваних відвалах виявлено 14 стійких мохових угруповань та встановлено їх ранг як епігейних синузій. Визначено видовий склад мохових синузій, проведено аналіз репродуктивної та життєвої стратегій кожного виду, еколого-біоморфної та географічної структури. Визначено проективне покриття та частоту трапляння кожного виду.

Показано, що під впливом мохового покриву змінювались температурний і водний режими субстрату та показники актуальної кислотності. Встановлено, що бріосинузії позитивним чином впливали на збагачення субстрату відвалів органічним Карбоном та біогенними елементами, а саме: Калієм, Фосфором, Нітрогеном та Кальцієм, сприяли збільшенню кількості еколого-трофічних груп мікроорганізмів та, поступово формуючи на шахтних відвалах мало- та багатовидові заростання, впливають на первинну продуктивність рослинного покриву. Здатність адаптуватись у мінливому середовищі (активація біосинтезу вільного проліну, вуглеводів та фенольних сполук, зміни у фотосинтетичному комплексі) зумовила поширення толерантних видів бріофітів на шахтних відвалах, які, покращуючи екологічні мікроумови субстрату, сприяють заселенню та подальшому онтогенезу судинних рослин.

Ключові слова: бріосинузії, відвали вугільних шахт, репродуктивна стратегія, екобіоморфна та географічна структури, адаптивні реакції, біогенні елементи, органічний Карбон, первинна продуктивність.

АННОТАЦИЯ

Карпинец Л. И. Бриофитные сообщества и их ренатурализационная роль на породных отвалах угольных шахт Червоноградского горнопромышленного района. - Рукопись

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 – экология. – Институт экологии Карпат НАН Украины, Львов, 2017.

Диссертация посвящена изучению структуры бриосинузий и их участия в восстановлении техногенных субстратов на территории Червоноградского горнопромышленного района. На исследуемых отвалах выявлено 14 устойчивых моховых сообществ и установлено их ранг как эпигейных синузий. Определен видовой состав моховых синузий, проведен анализ репродуктивной и жизненной

стратегии каждого вида, эколого-биоморфной и географической структуры. Определены проективное покрытие и частота встречаемости каждого вида.

Показано, что под влиянием мохового покрова изменялись температурный и водный режимы субстрата и показатели актуальной кислотности. Установлено, что бриосинузии положительным образом влияли на обогащение субстрата отвалов органическим Карбоном и биогенными элементами, а именно: Калием, Фосфором, Нитрогеном и Кальцием, способствовали увеличению количества эколого-трофических групп микроорганизмов и, постепенно формируя на шахтных отвалах мало- и многовидовые зарастания, влияют на первичную продуктивность растительного покрова. Способность адаптироваться в изменяющейся среде (активация биосинтеза свободного пролина, углеводов и фенольных соединений, изменения в фотосинтетической комплексе) способствовала распространению толерантных видов бриофитов на шахтных отвалах, которые, улучшая экологические условия субстрата, способствуют заселению и дальнейшему онтогенезу сосудистых растений.

Ключевые слова: бриосинузии, отвалы угольных шахт, репродуктивная стратегия, екобиоморфная и географическая структуры мхов, адаптивные реакции, биогенные элементы, органический Карбон, первичная продуктивность.

SUMMARY

Karpinets L. I. Bryophyte groups and their renaturalization role on rosk dumps of coal mines of the Chervonograd mining region. – Manuscript

Thesis of the scientific degree of candidate of biological sciences on a speciality 03.00.16 – Ecology. – Institute of Ecology of the Carpathians, NAS of Ukraine, Lviv, 2017.

The thesis deals with the study of the epigeic briosynusiae structure and their participation in the restoration of technogenic substrates on the territory of Chervonograd mining region. On the studied dumps were detected 14 resistant moss communities and their rank as epigeic briosynusiae, differentiated by their dominant species and life forms was established. The species composition of the moss synusiae was determined and the analysis of reproductive and life strategies of each species was made. Projective coverage and frequency of the occurrence of each species of briosynusiae were determined. It was established that dense-turf briosynusiae with a small species composition dominated on the investigated dumps areas, while loose-turf and weaving synusiae constitute a smaller part.

It was established that species with the turf and weaving life forms were predominant, however, mesophytes, xeromesophytes, mesotrophes, olihomesotrophes and incertophyles dominated among ecomorphes. The geographical analysis results indicate that the studied bryoflora is mainly boreal (13 species, 65 %). A wide spread of cosmopolitans, compared with the zonal vegetation is caused by a high degree of anthropogenic transformation of the coal mining area.

It is shown that spring and autumn temperatures under the moss turf were mostly higher, and summer ones were lower compared with the substrate without plants. Humidity of the substrate during the April-July-October period was higher under the

moss turf than without it. The water and temperature regime of the substrate on the studied areas depended on the position on the dump and on the degree of overgrowing by vascular plants. Acidity values under the bryosynusiae during the April-July-October period mainly decreased. The variability of pH values in technozem depended both on the degree of dump reclamation and on the time of the completion of mine rock dumping and, hence, on the time of oxidation processes.

It was noted that under the impact of some negative factors of the transformed environment (high temperature, high light intensity and moisture deficiency), the phenolic compounds content, the free proline and soluble sugars content in moss gametophyte increased. The iminoacid content in *C. purpureus* depended on both the water and temperature regimes in the substrate and other abiotic stress factors of the environment, in particular on Ca^{2+} ions. It was established that the bryosynusiae enriched the dumps substrates with organic Carbon and biogenic elements, namely, potassium, phosphorus, nitrogen, calcium, and contributed to increasing the number of ecologically-trophic groups of microorganisms. An increase of K, Na, P and Ca in the substrate under the moss turf compared with the substrate without it, regardless of the mosses habitats in all the analyzed dumps was recorded. It was established that with a small amount of phosphorus in technozem, the bryophytes can accumulate it 52 times more compared with the substrate without the moss turf. The potassium content in plants sprouts maximum 34 times exceeded its content in the uncovered technozem without bryophytes. The organic Carbon content in the substrate without turf compared with the technozem under the moss cover 1,5 – 3,0 times decreased. It was proved that the moss cover, enriching the dump substrates with organic Carbon and biophyl elements affected the primary processes of soil formation. Bryophytes, accumulating heavy metals, remove them from their biogeochemical cycle, thus reducing the toxicity of the substrate. Accumulation of pollutants in mosses corroborates their role as informative indicators of the environment pollution. It was determined that the value of primary productivity of epigeic bryosynusiae varied depending on their species composition, *a* & *b* chlorophyll content and the moss turf phytomass in different habitats on the rock dumps. Productivity indices of bryosynusiae representing the dominant species *Polytrichum juniperinum* and *Brachytecium glareosum* increased substantially.

The ability to adapt in the changing environment (free proline, carbohydrate and phenolic compounds biosynthesis activation, changes in the photosynthetic complex) contributed to the spreading of tolerant species of bryophytes on the mine dumps that promoted the settlement and further ontogenesis of vascular plants by improving the ecological microconditions of the substrate.

Key words: bryosynusiae, dumps of coal mines, reproductive strategy, ecobiomorphes and geographical structure of mosses, adaptative reaction, biogenic elements, organic Carbon, primary productivity.