

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЇ КАРПАТ

**РАГУЛІНА МАРИНА ЄВГЕНІВНА**

УДК 582.32:581.33 (477.8)

**УЧАСТЬ МОХОПОДІБНИХ У ПРОЦЕСАХ САМОВІДНОВЛЕННЯ  
ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ ЕКОСИСТЕМ ВОЛИНО-ПОДІЛЛЯ ТА  
ПЕРЕДКАРПАТТЯ**

**03.00.16 – екологія**

**Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата біологічних наук**

**Львів – 2015**

*Дисертацією є рукопис*

Робота виконана в Державному природознавчому музеї Національної академії наук України, м. Львів

**Науковий керівник:**

доктор біологічних наук, професор  
**ЧЕРНОБАЙ Юрій Миколайович**  
Державний природознавчий музей НАН України,  
головний науковий співробітник, директор

**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

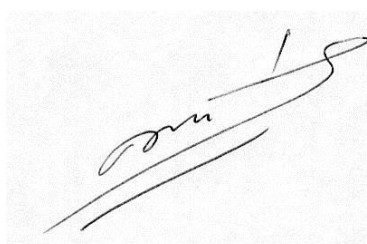
кандидат біологічних наук,  
старший науковий співробітник  
**БІЛОНОГА Володимир Михайлович,**  
Інститут екології Карпат НАН України,  
учений секретар

Захист відбудеться «    » \_\_\_\_\_ 2015 р. о \_\_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.257.01 в Інституті екології Карпат НАН України за адресою: 79026, м. Львів, вул. Козельницька, 4.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту екології Карпат НАН України за адресою: 79026, м. Львів, вул. Козельницька, 4.

Автореферат розісланий “    ” \_\_\_\_\_ 2015 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради, к.б.н.



Шпаківська І.М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У трансформації сучасних екосистем світу провідну роль відіграє антропогенний фактор. Руйнівне втручання людини у ландшафти впродовж ХХ-ХХІ сторіч за масштабами змін може бути прирівняне до орогенних процесів: близько 83% наземних ландшафтів планети перетворені діяльністю людини (Sanderson, 2004). Територія Волино-Поділля та Передкарпаття, багата на природні ресурси, здавна зазнавала значного антропогенного тиску. На сьогодні деєастовані внаслідок техногенезу землі займають близько 3% загальної площі цих регіонів (Іванов, 2009).

Завдяки анатомо-морфологічним особливостям та високій екологічній пластичності, мохоподібні (Bryobionta) одними з перших оселяються на техногенних відслоненнях, формуючи рясний покрив на різноманітних субстратах (Carvey, 1977; Rastorfer, 1995). Проте, роль та поширення бріобіонтів у межах екосистем техногенного походження на заході України вивчені слабо та представлені фрагментарними даними з окремих регіонів (Рабик, Данилків, 2005; Кузярін, 2010, Кияк, Баїк, 2012, Лобачевська, 2012 та інш.), що зумовило необхідність проведення поглиблених досліджень.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалась у межах планової наукової роботи Державного природознавчого музею НАН України (м. Львів) за темами: «Музейний моніторинг таксономічної різноманітності біоти західного регіону України» (№ державної реєстрації – 0101U002539) у 2001-2005 рр., «Динамічні тенденції різноманітності біоти Західної України під впливом антропізації» (№ державної реєстрації – 0106U002479) у 2006-2010 рр. та «Созологічні критерії антропізованих екосистем в регіональних екомережах заходу України» (№ державної реєстрації – 0111U002180) з 2011 р.

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи – оцінити функціональну роль бріобіонтів у процесах самовідновлення техногенно змінених екосистем Волино-Поділля та Передкарпаття та виявити властивості угруповань мохоподібних щодо визначення регенераційної спроможності таких екосистем.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- виявити особливості перебігу сукцесій мохоподібних на техногенних відслоненнях різного породного складу в межах Волино-Поділля та Передкарпаття, визначити тенденції змін флористичної, екологічної структури бріоугруповань впродовж регенераційних сукцесій;
- оцінити видове різноманіття мохоподібних на техногенних відслоненнях різного типу;
- з'ясувати функціональну роль бріобіонтів у процесах стабілізації едафічних та мікрокліматичних умов досліджуваних екотопів;
- обґрунтувати можливість використання бріоугруповань як індикаторів стану самовідновлюваних екосистем техногенного походження;
- провести созологічну оцінку бріорізноманіття техногенних відслонень Волино-Поділля та Передкарпаття.

*Об'єкт дослідження* – процеси самовідновлення техногенно порушених екосистем Волино-Поділля та Передкарпаття.

*Предмет дослідження* – еко-флористичні, структурні та динамічні параметри угруповань мохоподібних у складі техногенних екосистем.

*Методи дослідження* – флористичні та фітоценотичні; гербаризації та ідентифікації мохоподібних, ґрунтознавчі та математично-статистичної обробки даних.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Робота є однією з перших спроб висвітлення участі мохоподібних у процесах самовідновлення техногенно змінених екосистем заходу України. Вперше проведено оцінку функціональної ролі мохового покриву у ренатуралізації техногенно змінених екосистем. Встановлено флористичне різноманіття флори мохоподібних кар'єрних комплексів Волино-Поділля та Передкарпаття, яка налічує 161 вид бріобіонтів. Визначено типи та напрямки екологічних сукцесій мохоподібних на техновідслоненнях різного гірничо-породного складу. Встановлено особливості структурно-функціональної організації бріоугруповань за показниками таксономічного складу, спектрів екоморф, екологічних груп та життєвих циклів, а також її зміни впродовж регенераційних сукцесій. Показано участь бріофітів у стабілізації специфічних водного та температурного мікрорежимів техновідслонень та участь в актах ініціального ґрунтоутворення в умовах Волино-Поділля та Передкарпаття. Запропоновано використання угруповань мохоподібних як фітоіндикаційного об'єкта для оцінки стану та спроможності техногенних екосистем до самовідновлення. Проведено созологічну оцінку бріорізноманіття техногенних відслонень Волино-Поділля та Передкарпаття.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати доповнюють відомості про роль та поширення мохоподібних у межах екосистем техногенного походження на заході України. Матеріали дисертаційної роботи будуть використані під час розробки класифікацій техногенно змінених оселищ за ступенем порушення на підставі комплексного аналізу угруповань мохоподібних. Сформульовані закономірності необхідні для прогнозування тривалості і послідовності етапів самовідновлення пост-техногенних екосистем та планування заходів експлуатації, реставрації різноманітних антропогенно трансформованих ландшафтів. Флористичні та фітосоціологічні матеріали роботи можуть використовуватися в освітньому процесі навчальних закладів різного рівня акредитації та під час підготовки спеціалізованих довідників і визначників. Результати созологічних досліджень можуть бути використанні при складанні регіональних червоних списків та розробці схем регіональних екомереж заходу України.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота здобувача є самостійним дослідженням. Особистий внесок здобувача полягає у зборі та лабораторній обробці матеріалу, його аналітичній та цифровій інтерпретації, одноосібній підготовці більшості наукових публікацій. До фондів гербарію несудинних рослин Державного природознавчого музею НАН України (LWS) внесено 816 одиниць зберігання (конвертів).

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та висновки дисертації були оприлюднені на науково-практичній конференції «Проблеми моніторингу біорізноманіття в гірських та прилеглих до них регіонах» (м. Львів, 2002 р.); ювілейній науковій конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Биоразнообразие. Экология. Эволюция. Адаптация» (г. Одесса, 2003г.); 7-ій Пушчінській школі-конференції молодих вчених «Биология – наука XXI века» (Росія, Пушчино, 2003); міжнародній конференції студентів і молодих вчених «Екологічні проблеми міст і промислових зон: шляхи їх вирішення» (Львів, 2003 р.); 8-ій, 9-ій, 10-ій та 11-ій наукових конференціях молодих вчених «Наукові основи збереження біотичної різноманітності» (Львів, 2008, 2009, 2010, 2012); 5-ій та 6-ій міжнародних наукових конференціях «Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку» (м. Донецьк, 2007, 2010); 3-ій міжнародній науковій конференції «Відновлення порушених природних екосистем» (Донецьк, 2008); міжнародній науково-практичній конференції «Природо-заповідний фонд України: минуле, сьогодення, майбутнє» (Гримайлів, 2010 р.), 4-ій міжнародній конференції «Фальцфейнівські читання» (Херсон, 2009), 4-ому відкритому з'їзді фітобіологів Причорномор'я (Херсон, 2011), 4-ій всеукраїнській науковій конференції «Актуальні проблеми дослідження довкілля» (Суми, 2011), на засіданнях Відділу ландшафтного та біотичного різноманіття та вченої ради Державного природознавчого музею НАН України у 2009-2013 рр.

**Публікації.** За темою та матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 25 наукових праць, у тому числі вісім статей у періодичних фахових наукових виданнях України, які входять до офіційного переліку, п'ять – у збірниках наукових праць та 12 – у матеріалах та тезах конференцій.

**Структура та обсяг роботи.** Матеріали роботи викладено на 206 сторінках, з яких 139 сторінок займає основний текст роботи. Дисертація містить вступ, сім розділів, висновки, список використаних джерел і шість додатків. Робота містить дев'ять рисунків і 26 таблиць. Список використаних джерел налічує 238 посилань, з яких 142 кирилицею і 96 латиницею.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

### **МОХОПОДІБНІ ЯК УЧАСНИКИ РЕГЕНЕРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ТЕХНОГЕННИХ ЕКОСИСТЕМАХ**

Наведено результати аналізу сучасних наукових здобутків з дослідження особливостей поширення, ролі, індикаційного та соціологічного значення мохоподібних в техногенних екосистемах світу та України.

**Особливості поширення мохоподібних у техногенних екосистемах світу.** Мохоподібні є важливими компонентами рослинного покриву розроблених торфовищ Канади (Lavoie, 2003; Poulin, 2005), вугільних пластів США (Carvey, 1977; Engelman, 1985), кар'єрів будівельних матеріалів: пісків (Шилова, 1977), глин (Jones, 1986), вапняків (Ursic, 1997), пісковиків (Thiel, 2007), гравію (Rehounková, 2006), хімічно забруднених територій залізорудних (Ringen, 1999) та нафтових (Seburn, 1996) родовищ.

**Мохоподібні у техногенних екосистемах України.** Сучасні дослідження мохоподібних зон техногенного впливу в Україні приурочені до найкрупніших центрів гірничопромислової галузі країни: Донецького кам'яновугільного (Бойко, 1999; Машталер, 2005; Рева, 1972) та Криворізького залізрудного басейнів (Добровольський, 1979) на сході країни, та Львівсько-Волинського кам'яновугільного (Кузярін, 2010, Соханьчак, 2011, Лобачевська, 2012) та Передкарпатського сірконосного басейнів (Рабик, 2005), а також Бориславського нафтогазоносного району (Кияк, 2011) – на заході.

**Роль мохоподібних у реставрації техногенних екосистем, їхнє індикаційне та созологічне значення.** Колонізуючи відслонення техногенних комплексів, мохоподібні виконують низку важливих функцій щодо стабілізації умов виростання: захищають молоді паростки рослин від вимерзання (Groeneveld, 2005) та пересушування (Salonen, 1994), помітно зменшують інтенсивність водної та вітрової ерозії (Carvey, 1977), ефективно утримують вологу у поверхневому шарі субстрату (Engelman, 1985), зменшують токсичність ґрунтів, забруднених важкими металами (Rastorfer, 1979), підвищують вміст азоту, асоціюючи з азотфіксуючими ціанобактеріями (Ringen, 1999). Високий екологічний потенціал мохоподібних щодо освоєння техногенних відслонень дозволяє використовувати їх під час проведення рекультиваційних заходів (Biernachka, 1976; Ross, 1984). Бріобіонти є ефективними індикаторами дигресивних змін в урбанізованих (Мамчур, 2005), а також степових (Бойко, 2007) та лісових екосистемах (Мальшева, 2002), які зазнають антропогенного тиску. Техногенні відслонення як осередки оселення рідкісних видів мохоподібних відіграють важливу роль у підтриманні регіонального бріорізноманіття (Davis, 1979; Jukoniene, 2008).

## **ПРИРОДНІ ТА АНТРОПОГЕННІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ТЕХНОГЕННО ЗМІНЕНИХ ЕКОСИСТЕМ НА ВОЛИНО-ПОДІЛЛІ ТА ПЕРЕДКАРПАТТІ**

**Природні умови регіонів досліджень.** У підрозділі подана коротка характеристика географічного положення, геологічних та кліматичних умов, ґрунтового і рослинного покриву (Андрущенко, 1970; Заверуха, 1985; Ткачик, 2000; Маринич, 2003; Палієнко, 2004; Іванов, 2007; Екологічний атлас..., 2009; Природні ресурси..., 2009).

**Локальні умови техногенних комплексів та їхнє значення для формування рослинного покриву.** В підрозділі проаналізовано умови формування рослинного покриву посттехногенних екосистем, які визначаються як регіональними зонально-кліматичними особливостями, так і своєрідністю конкретних екологічних умов (Чибрик, 1991) та вплив природно-кліматичних чинників на формування техногенних флорокомплексів (Голеусов, 2002; Башуцька, 2007; Тохтарь, 2007). Подано інформацію про найважливіші антропогенні фактори, що спричиняють регенераційну динаміку порушених екосистем на початках їх відновлення (Лисецкий, 2005; Davis, 1979; Rehounková, 2006).

**Етапи та напрямки антропогенної трансформації ландшафтів Волино-Поділля та Передкарпаття.** В історії гірночно-видобувного освоєння природних ресурсів досліджуваних регіонів виділяють три періоди: допромисловий (XIII-XVII

ст.), мануфактурний (XVIII-перша половина XX ст.) та індустріальний (від другої половини XX ст.) (Іванов, 2009). Основними типами корисних копалин, які активно видобуваються в межах досліджуваної території методами відкритої (кар'єрної) розробки у сучасний період, є сировина для виробництва будівельних матеріалів (гіпс, мергель, глина, піски, вапняк та пісковик). На теренах Волино-Поділля та Передкарпаття розвідано 175 родовищ, 64 з яких активно розробляється до тепер. Сумарний видобуток різної будівельної сировини щороку становить понад 2,5 млн м<sup>3</sup> (Регіональна доповідь..., 2010). Заплановані рекультиваційні заходи на вироблених родовищах фактично не проводяться, або виконуються лише частково з огляду на їх високу вартість (Регіональна доповідь..., 2005).

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основою для роботи слугували власні матеріали, зібрані впродовж вегетаційних сезонів 2001-2013 років та матеріали гербарію несудинних рослин Державного природознавчого музею НАН України (LWS). Відбір матеріалів згідно з обраною темою проводили в межах двох геоморфологічних областей – Волино-Поділля та Передкарпаття. Як модельні об'єкти, було обрано 28 кар'єрних комплексів різного віку, згруповані за субстратно-породним складом. Вивчення видового різноманіття мохоподібних проводили методом флористичного обліку оселищ (*floristic habitat sampling*) (Newmaster, 2006). Зібрані у полі зразки гербаризували традиційним методом (Лазаренко, 1956) та визначали в лабораторних умовах стандартним порівняльно-морфологічним методом за сучасними визначниками (Данилків, 2002; Игнатов, 2003, Smith, 1978 та інш.). Сукупності видів мохоподібних, що ростуть на окремих типах кар'єрних комплексів, розглядали як парціальні бріофлори (Юрцев, 1987), для кожної з них було проведено комплексний аналіз на основі схеми, запропонованої М.Ф. Бойком (1999).

Динаміку змін мохового покриву на техновідслоненнях упродовж відновних сукцесій вивчали методом побудови еколого-генетичних рядів (Миркин, 2000). Структурні стадії формування мохового покриву (Delasheras, 1994) виділяли за проективним вкриттям, переважаючими життєвими формами бріобіонтів та зміною синтаксонів.

Для визначення функціональної ролі мохоподібних у процесах самовідновлення техногенно порушених екосистем вивчали водно-температурний режим мохової дернини за методикою В.С. Іпатова, Т.Н. Тархової (1982), вплив на фізико-хімічні властивості ініціальних техногрунтів – через визначення структури техногрунту, його кислотності та вмісту гумусу (Вовк, 2002; В. Мельничук, 1951; Практикум..., 1964).

Созологічну оцінку видів бріобіоти проводили згідно з їхньою приналежністю до Червоного списку мохоподібних України (Бойко, 2010) та регіональних особливостей поширення окремих видів (Данилків, 2002; Рабик, 2004).

## СТРУКТУРНО-ПРОСТОРОВА ОРГАНІЗАЦІЯ ПОКРИВУ МОХОПОДІБНИХ НА ТЕХНОГЕННИХ ВІДСЛОНЕННЯХ

**Структурний аналіз бріофлори техногенних відслонень Волино-Поділля та Передкарпаття.** У результаті досліджень на техногенних відслоненнях досліджуваних регіонів було виявлено 161 вид мохоподібних, що належать до 88 родів 39 родин 4 чотирьох класів, з яких до відділу Marchantiophyta належить 11 видів, до відділу Bryophyta – 150 видів. Провідними родинами флористичного спектру є *Brachytheciaceae*, *Pottiaceae*, *Amblystegiaceae*, *Bryaceae*, *Dicranaceae*, *Hypnaceae*, *Polytrichaceae*, *Plagiomniaceae*, *Ditrichaceae*, *Grimmiaceae*, *Thuidiaceae* (68,3 % від загального числа видів). За розподілом екологічних груп досліджувана бріофлора є геліофільною (46,9%) і мезоксерофільною (40,1%), за розподілом географічних елементів – неморально-бореальною (37,8 та 32,3%)

**Просторова структура покриву мохоподібних на техногенних відслоненнях.** Основними типами техногенних відслонень за породним складом на теренах Волино-Поділля та Передкарпаття є глинисті, піщані та кам'янисті (мергелеві, гіпсові, пісковикові, вапнякові та гравійні). Залежно від конкретних екологічних умов, бріофлори різних техногенних комплексів суттєво відрізняються за структурою та видовою композицією та є різною мірою спорідненими із зональною бріофлорою синантропними відмінами (табл. 1).

**Порівняльна оцінка природної та техногенних бріофлор.** Порівняння таксономічного складу та структури природної та техногенних парціальних бріофлор дало змогу виявити їх характерні риси, зумовлені екологічними умовами техногенних екосистем. Як контроль розглядали зональну (сильвапалеарктичну) бріофлору природних буково-дубових лісів *Fagion sylvaticae* R.Tx. et Diem. 1936 в межах Яворівського національного природного парку.

Найбільш спорідненою із нативною виявилась бріофлора глинистих відслонень ( $K_s = 0,69$ ), що наближається до неморального варіанту сильвапалеарктичних бріофлор. Відмінності між нативною та аналізованою бріофлорами проявляються через незначне зменшення видового багатства та зростання індексу ксерофітизації ( $I_{xer}$ ) від 5,0 до 10,5. Також спостерігається збільшення частки участі полізональних родин *Ditrichaceae* та *Funariaceae*, репрезентованих піонерними видами, натомість, спадає частка сильванічних родин *Hypnaceae*, *Thuidiaceae* та *Plagiotheciaceae*. Бріофлора піщаних відслонень за складом значно відрізняється від зональної ( $K_s = 0,46$ ) і є відносно неї помітно ксерофітизованою ( $I_{xer} = 13,7$  проти 7,5). За флористичною композицією бріофлора піщаних відслонень тяжіє до бореального варіанту бріофлор сильвапалеарктичного типу: найвищі позиції спектру у ній посідають родини *Dicranaceae*, *Bryaceae*, *Polytrichaceae*, *Amblystegiaceae*, *Hylocomiaceae*, *Sphagnaceae*. Бріофлори мергелевих та гіпсових відслонень (МТВ та ГпТВ) виявляють слабкий зв'язок із нативною флорою ( $K_s = 0,28$  та 0,23 відповідно) та є доволі бідними (36 та 34 види відповідно). У їхньому складі зі значним відривом лідирує аридна родина *Pottiaceae*, наступні позиції посідають мультізональні *Brachytheciaceae* та *Bryaceae*. Зональний компонент у спектрі провідних родин репрезентують *Hypnaceae* та *Thuidiaceae*.



**Порівняння природної та техногенних парціальних бріофлор Волино-Поділля та Передкарпаття**

| БРІОФЛОРИ                             |                 |            |                 |            |            |            |            |            |   |
|---------------------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|---|
|                                       | Н               | ГТВ        | ПТВ             | ПсТВ       | ВТВ        | МТВ        | ГпТВ       | ГрТВ       |   |
| <b>N</b>                              | 79              | 57         | 51              | 69         | 69         | 36         | 34         | 27         |   |
| <b>I<sub>хер</sub></b>                | 5,0             | 10,5       | 13,7            | 18,8       | 23,1       | 36,1       | 38,2       | 40,7       |   |
| <b>K<sub>s</sub></b>                  | 1               | 0,69       | 0,46            | 0,48       | 0,40       | 0,28       | 0,23       | 0,23       |   |
| Провідні родини (положення у спектрі) |                 |            |                 |            |            |            |            |            |   |
| <i>Brachytheciaceae</i>               | <b>1</b>        | <b>1</b>   | <b>1</b>        | <b>1</b>   | <b>1</b>   | <b>2</b>   | <b>2</b>   | 4-6        |   |
| <i>Dicranaceae</i>                    | <b>2-3</b>      | <b>2-4</b> | <b>3-5</b>      | 5-8        | ↓          | ↓          | ↓          | ↓          |   |
| <i>Amblystegiaceae</i>                |                 |            | 6-7             | 5-8        | 3          | 5-10       | -          | 6-7        |   |
| <i>Bryaceae</i>                       | <b>4</b>        | <b>5-6</b> | <b>3-5</b>      | <b>3-4</b> | <b>4-5</b> | <b>3-4</b> | <b>3-5</b> | <b>3-5</b> |   |
| <i>Hypnaceae</i>                      | 5-11            | ↓          | ↓               | 5-8        | 4-5        | 5-10       | 3-5        | 3-5        |   |
| <i>Pottiaceae</i>                     |                 | 7-10       | 8-9             | <b>2</b>   | <b>2</b>   | <b>1</b>   | <b>1</b>   | <b>3-5</b> |   |
| <i>Ditrichaceae</i>                   |                 | 2-5        | 8-9             | ↓          | ↓          | 5-10       | ↓          | ↓          |   |
| <i>Polytrichaceae</i>                 |                 | 7-10       | <b>2</b>        | ↓          | -          | ↓          | -          | <b>1-2</b> |   |
| <i>Plagiomniaceae</i>                 |                 | 5-6        | ↓               | 3-4        | ↓          | 5-10       | -          | -          |   |
| <i>Plagiotheciaceae</i>               |                 | ↓          | -               | 9-10       | 7-8        | -          | -          | -          |   |
| <i>Thuidiaceae</i>                    |                 | ↓          | ↓               | ↓          | 6          | 5-10       | 3-5        | ↓          |   |
| <i>Hylocomiaceae</i>                  |                 | ↓          | ↓               | 3-5        | -          | ↓          | -          | -          | ↓ |
| <i>Sphagnaceae</i>                    |                 | ↓          | -               | 6-7        | -          | -          | -          | -          | - |
| <i>Funariaceae</i>                    | ↓               | 7-10       | ↓               | ↓          | ↓          | 3-4        | ↓          | ↓          |   |
| <i>Grimmiaceae</i>                    | ↓               | -          | -               | ↓          | 7-8        | 5-10       | 6          | <b>1-2</b> |   |
| <i>Encalyptaceae</i>                  | ↓               | -          | -               | 9-10       | ↓          | ↓          | ↓          | -          |   |
| Тип флори                             | СП <sub>н</sub> |            | СП <sub>б</sub> | ПдП        |            |            |            | ПнП        |   |

Примітки: Н – нативна бріофлора, ГТВ – бріофлора глинистих відслонень, ПТВ – бріофлора піщаних відслонень, ПсТВ – бріофлора пісковикових відслонень, ВТВ – бріофлора вапнякових відслонень, МТВ – бріофлора мергелевих відслонень, ГпТВ – бріофлора гіпсових відслонень, ГрТВ – бріофлора гравійних відслонень; N – число видів у флорі; I<sub>хер</sub> – індекс ксерофітизації, K<sub>s</sub> – коефіцієнт спорідненості нативної та відповідної техногенної флори, ↓ - ранги родини є меншими за 10, - родина відсутня або представлена 1 видом; **1-2** – діагностичні для визначення типу бріофлор родини; СП<sub>н</sub> – сільвапалеарктичний тип флори (н – неморальний варіант, б – бореальний), ПдП – південнопалеарктичний, ПнП – північнопалеарктичний.

Характерними рисами аналізованих бріофлор є зростання частки участі літофільної родини *Grimmiaceae*, що потрапляє до першої десятки родинного спектру. Обидві флори мають яскраво виражений ксерофільний характер (I<sub>хер</sub> = 36,1 та 38,2). Бріофлора гравійних відслонень характеризується найслабшим зв'язком із природною флорою (K<sub>s</sub> = 0,23) та найнижчим видовим багатством (27 видів). З-поміж інших техногенних бріофлор вона виділяється найвищим ступенем ксерофітизації (I<sub>хер</sub> = 40,7) та специфічною структурою флористичного спектру, що споріднює її з природними флорами північнопалеарктичного типу.

Найтісніше пов'язаною із нативною флорою, з-поміж бріофлор усіх типів кам'янистих техногенних відслонень, виявились бріофлори пісковикових (ПсТВ) ( $K_s = 0,48$ ) та вапнякових ( $K_s = 0,40$ ) відслонень. Пріоритетні положення родин *Brachytheciaceae*, *Pottiaceae*, *Bryaceae*, *Amblystegiaceae* надають цим бріофлорам характерних південних рис, проте в них виразно проявляються зональні ознаки через високі ранги родин *Plagiomniaceae*, *Dicranaceae*, *Hypnaceae*, *Thuidiaceae* та *Plagiotheciaceae*. Обидві флори є помітно ксерофітизованими відносно зонального варіанту ( $I_{\text{сер}} = 18,8$  та  $23,1$  відповідно). Це дає підставу охарактеризувати бріофлори пісковикових та вапнякових відслонень як неморалізовані синантропні відміни бріофлор, що тяжіють до південнопалеарктичного типу. Загалом, проаналізовані техногенні бріофлори є різною мірою синантропізованими дериватами природних аналогів сільва-, південно- чи північнопалеарктичного типів, що мають для регіону досліджень зональну, екстра- або інтразональну приуроченість.

### ТЕНДЕНЦІЇ САМОВІДНОВЛЕННЯ ПОКРИВУ МОХОПОДІБНИХ НА ТЕХНОГЕННИХ ВІДСЛОНЕННЯХ

Покрив мохоподібних на техногенних відслоненнях починає відновлюватись у перші роки (1-5-ий) після припинення видобувних робіт. Риси регенераційних бріоугруповань головно визначаються специфікою едафотопів їх оселищ: становлення мохового покриву на різних за породним складом техногенних відслоненнях – глинистих, піщаних та кам'янистих має свої особливості. Тому виділяли відповідно три типи сукцесій мохового покриву: аргіло-, псамо- та літофільну.

**Сукцесія мохового покриву на глинистих техногенних відслоненнях.** Типовий екологічний ряд під час заростання глиняних відслонень має такий вигляд: *Funarietum hygrometricae* (Gams 1927) Engel 1949 (Проекційне вкриття 5-25%) → *Pogonato urnigeri-Atrichetum undulativ.* Krus. 1945 (25-50%) → *Brachythecietum salebroso-albicantis* Gillet 1986 (50-95%) → *Brachythecio-Hypnetum cupressiformis* Norr. 1969 + *Brachythecio salebrosi-Amblystegietum juratzkani* (Sjog. ex Marst. 1987) Marst. 1989. (5-25%). Формування на термінальних ланках аргілофільної серії бріоугруповань союзу *Bryo-Brachythecion* Lec. 1975 em. Marst. 1987, класу *Frullanio dilatatae-Leucodontetea sciuroidis*, топічно приуроченого до неморально-лісової рослинності класу *Quercus-Fagetea* Br.-Bl. Et Vliegerin Vlieger 1937 em Klika, з високою часткою однодомних видів та переважання мезофільних біоморф є свідченням поступового відновлення фітокомпоненту пост-техногенних екосистем із глинистими субстратами за зональними типом.

**Сукцесія мохового покриву на піщаних техногенних відслоненнях.** Типовий екологічний ряд під час заростання піщаних відслонень має такий вигляд: *Polytrichetum piliferi* Klika 1931 (5-25%) → *Polytrichetum juniperini* v. Krus. 1945 (25-50%) → *Brachythecietum albicantis* Gaume 1931 (55-80%) → *Pleurozietum schreberi* Wiśn. 1930 (85-90%). Псамофільна сукцесія завершується формуванням екстразональних ксеромезофільних бріоугруповань союзу *Pleurozium schreberi* Wiśn. 1930, класу мохової рослинності *Hylocomietea splendidis* Gillet 1986, топічно підпорядкованого класу сільвабореальної рослинності *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. 1939, у яких переважають дводомні види із скороченим вегетативним життєвим

циклом. За цими ознаками моховий покрив досліджуваних піщаних відслонень наближається до природних аналогів бореальної рослинності, що свідчить про високу регенераційну спроможність пост-техногенних екосистем із піщаними субстратами щодо саморегенерації за екстразональним типом.

**Сукцесія мохового покриву на кам'янистих техногенних відслоненнях.** Типовий екологічний ряд під час заростання піщаних відслонень має такий вигляд: *Aloinetum rigidae* Stod. 1937 + *Barbuletum convolutae* Had. et Šm. 1944 + *Didymodonto vinealis–Tortuletum muralis* Privitera, Puglisi 1996 (5-25%) → *Encalypto streptocarpae–Fissidentetum dubii* Neumayr 1971 (25-50%) → *Homalothecietum lutescentis* Gillet 1986 + *Brachythecietum glareosi* Demaret 1944 (50-75%) → *Ctenidietum mollusci* Stef. 1941 + *Abietinellum abietinae* Stod. 1937 (75-80%). Перебіг літофільної сукцесії на вапнякових техногенних відслоненнях завершується утворенням ксеро-мезофільних бріоасоціацій порядку *Ctenidietalia mollusci* Hadac&Smardain Klika&Hadac 1944, приурочених до виходів карбонатних порід та підпорядкованих наскельній рослинності класу *Asplenieta rupestris* Br.-Bl.1939 in Meieret Br.-Bl.1934, у яких переважають дводомні види із скороченим вегетативним життєвим циклом. За цими ознаками самовідновлюваний фітокомпонент пост-техногенних екосистем із кам'янистими карбонатними субстратами наближається до природних аналогів, приурочених у досліджуваних регіонах до рослинності інтразонального типу.

**Загальні особливості перебігу сукцесій мохового покриву на техногенних відслоненнях.** Закономірності становлення мохового покриву на досліджуваних техногенних відслоненнях простежуються через зміни його окремих характеристик за часовим градієнтом. Кожна з чотирьох стадій (піонерна, пост-піонерна, стабілізаційна, термінальна) регенераційної сукцесії може бути охарактеризована за синтаксономічною та біоморфологічною структурами відповідних серійних угруповань, їх субстратною диференціацією та особливостями репродуктивних циклів.

Перша стадія (піонерна) розпочинається з появи поодиноких колоній рудеральних видів мохоподібних, що мають вигляд просторово відокремлених плям (5-25%). Відбувається паралельно до стадії формування піонерних угруповань судинних рослин, або дещо передує їй. На II сукцесійній стадії поширення набувають пост-піонерні асоціації, топічно приурочені до слабкозадернованих місцевиростань. Утворюється нерівномірно-плямистий полівидовий покрив за панування верхоплідних видів бріофітів (25-50%). На III стадії вони заміщуються мезоксерофільними, умовно-стабілізованими бріоугрупованнями (до 95%), за характером поширення прив'язані до епігейного ярусу лучно-степової рослинності помірнозволожених місцевиростань на слабкогумусованих субстратах. Відбувається одночасно з закладанням трав'яного ярусу судинної рослинності (злакової або різнотравної). Для подальших стадій відновних сукцесій (стабілізаційна, термінальна) характерне усталення видового складу мохового покриву із пануванням сціотолерантних, субстратно-диференційованих бріоугруповань, що тяжіють до непорушених природних місцевиростань. За часом збігається з формуванням чагарниково-деревного ярусу судинної рослинності.

Загалом у динаміці перебігу відновних сукцесій мохового покриву на досліджуваних техногенних відслоненнях виявлено такі закономірності: послідовне заміщення піонерних рудеральних бріоугруповань, пост-піонерними лучними бріоугрупованнями та стабілізованими бріоасоціаціями, які є константними складовими неморально-бореальнолісового або лучно-петрофільного типів природної рослинності; поступове зростанням видового різноманіття; диференціація субстратних груп; заміна геліофільно-ксерофільних бріоугруповань, сформованих верхоплідними мохами на сціотолерантні мезофільні (аргіло- та псамосерія) або ксеромезофільні (літосерія) бріоугруповання; заміщення короткоживучих та суперфертильних видів багаторічними видами, що тяжіють до непорушених ценозів та зменшення частки пропагулоносних видів. Моховий покрив техногенних відслонень у досліджуваних регіонах успішно самовідновлюється природним чином та еволюціонує у напрямку до своїх природних аналогів. Процеси синантропізації мохового покриву проявляються через слабку диференціацію субстратних груп та відсутність антропофобних субстрат-специфічних видів.

### **РОЛЬ МОХОПОДІБНИХ У СТАБІЛІЗАЦІЇ СЕРЕДОВИЩА ТЕХНОГЕННО ЗМІНЕНИХ ЕКОСИСТЕМ ВОЛИНО-ПОДІЛЛЯ ТА ПЕРЕДКАРПАТТЯ**

**Участь мохоподібних у стабілізації температурного мікрорежиму техногенних відслонень.** Моховий покрив виконує роль термоізоляційного шару на поверхні ґрунту. У спекотні дні мохові дернини (*Ceratodon purpureus*) завжди нагріваються менше, аніж поверхня незадернованого субстрату. Різниця температур ( $\Delta t$ ) між поверхневим та глибшим ґрунтовими шарами (ГШ<sub>0-1cm</sub> та ГШ<sub>5-10cm</sub>) у мохових колоніях є у два-три рази меншою за різницю температур на оголених ділянках (табл.2). Натомість, після різкого зниження температури повітря, температура мохових дернин (ГШ<sub>0-1cm</sub> та ГШ<sub>5-10cm</sub>) залишається вищою за температуру оголеної ділянки. Зростання потужності мохової дернини покращує її термоізоляційні властивості: найбільша позитивна амплітуда температури повітря (П) та ГШ<sub>5-10cm</sub> (7,1°C) була зафіксована під потужними дернинами пірчастого моху *Pleurozium schreberi* на термінальній стадії регенерації піщаних техновідслонень. Таким чином, моховий покрив суттєво звужує температурний діапазон біологічно активного шару субстрату техногенних відслонень та вирівнює добові та сезонні екстремуми (як «плюсові», так і «мінусові») ходу температур. Це полегшує протікання регенераційних процесів завдяки формуванню мікрооселищ з особливими терморегімами, сприятливих для різних груп біоти.

**Участь мохоподібних у стабілізації водного мікрорежиму техногенних відслонень.** Наземний моховий покрив сприяє накопиченню й збереженню вологи у верхніх шарах ґрунту. На ранніх етапах відновлення техногенних відслонень у сухий літній період зволоженість поверхневого шару піщаного субстрату (визначена за польовою вологістю), є мізерною і не перевищує 0,75%. Водночас, вміст вологи в ґрунті під моховими дернинами (ГШ<sub>5-10cm</sub>) був у 7 разів більшим за її вміст, зафіксований на відповідній глибині у субстраті незадернованих ділянок (таблиця 3).

Таблиця 2

**Температурні режими ґрунтових субстратів на оголених і вкритих мохом ділянках різних стадій регенерації (денна температура, °С)**

| Шар субстрату                 | I стадія   |           | II–III стадії |           | IV стадія |           |
|-------------------------------|------------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|
|                               | ОС         | МД        | ОС            | МД        | ОС        | МД        |
| Літній період (серпень 2009)  |            |           |               |           |           |           |
| П                             | 33,7       |           | 28,8          |           |           |           |
| ГШ <sub>0-5см</sub>           | 42,1±0,07* | 34,2±0,02 | 36,0±0,07     | 28,4±0,09 | 31,7±0,14 | 28,9±0,07 |
| ГШ <sub>5-10см</sub>          | 20,8±0,09  | 21,9±0,05 | 19,2±0,09     | 20,1±0,09 | 21,3±0,16 | 22,7±0,11 |
| Δt                            | 21,3       | 12,3      | 16,8          | 8,3       | 10,4      | 6,2       |
| Зимовий період (грудень 2008) |            |           |               |           |           |           |
| П                             | - 2,0      |           |               |           |           |           |
| ГШ <sub>0-5см</sub>           | 0,0±0,05   | 0,8±0,05  | 0,4±0,03      | 1,3±0,07  | 1,1±0,07  | 2,2±0,09  |
| ГШ <sub>5-10см</sub>          | 1,6±0,05   | 2,1±0,07  | 1,8±0,05      | 2,3±0,07  | 2,8±0,05  | 5,1±0,05  |
| Δ t                           | 3,6        | 4,1       | 3,8           | 4,3       | 4,8       | 7,1       |

П – приземний шар повітря; ГШ<sub>0-1см</sub> – поверхневий шар субстрату / мохової дернини (0-5 см); ГШ<sub>5-10см</sub> – шар субстрату (5-10 см); ОС – оголений субстрат; МД – мохова дернина, \* – М±m

Таблиця 3

**Польова вологість (%) оголених і вкритих мохом ґрунтових субстратів на різних етапах регенерації техногенних відслонень (серпень 2009)**

| Шар субстрату        | I стадія   |           | II–III стадії |           | IV стадія |            |
|----------------------|------------|-----------|---------------|-----------|-----------|------------|
|                      | ОС         | МД        | ОС            | МД        | ОС        | МД         |
| ГШ <sub>0-5см</sub>  | 0,32±0,01* | 0,75±0,01 | 0,35±0,01     | 0,61±0,01 | 10,5±0,21 | 25,50±0,21 |
| ГШ <sub>5-10см</sub> | 0,45±0,01  | 3,21±0,01 | 2,04±0,01     | 4,22±0,01 | 13,2±0,02 | 26,80±0,14 |

Позначення – як у табл. 2

Це є можливим через високу поглинаючу здатність ризоїдної повсті мохів, яка ефективно утримує вологу у поверхневому шарі ґрунтового субстрату. В процесі розвитку мохового покриву його акумулятивна роль зростає: на IV стадії регенерації відслонень моховий покрив забезпечує до 26% польової вологості на всю глибину біологічно активного шару. Розвиток мохового покриву на відслонених субстратах підвищує їх водоутримувальну здатність і сприяє ранньому прояву середовищних функцій техноґрунтів. Також формування запасу активної вологи є важливою передумовою для повноцінного функціонування ґрунтової мікро- та зообіоти.

**Участь мохоподібних у процесах ініціального ґрунтоутворення.** Мохоподібні, оселяючись на рухомому субстраті техногенних піщаних відслонень, механічно фіксують його, пронизуючи ризоїдами. Вже через 3-5 років під піонерними бріоугрупованнями виявляються перші ознаки ґрунтоутворення, які візуалізуються за малопотужним (2-3 см) органно-акумулятивним шаром сірувато-бурого кольору. На II–III стадії утворюється зародковий гумусовий горизонт (7-8 см), складений слабко- та середньорозкладеними органічними рештками і рясно переплетений ризоїдами, а сам субстрат набуває нестійкої великогрудкуватої структури. Вміст гумусу у свіжорозкритому субстраті становив лише 0,14%, а у зародковому органно-

аккумулятивному горизонті під моховою дерниною – 0,58%; в процесі розвитку угруповань бріофітів збагачення субстрату гумусом продовжувало зростати (табл.4).

Таблиця 4

**Зміни вмісту гумусу та значення рН ґрунтового субстрату відповідно до стадії відновної сукцесії на піщаних техногенних відслоненнях**

| Стадія сукцесії | Період відновлення, роки | Вміст гумусу, %<br>M±m | Значення рН (водне)<br>M±m |
|-----------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|
| 0               | 0                        | 0,14±0,13              | 7,75±0,08                  |
| I               | 1-5                      | 0,58±0,03              | 7,57±0,17                  |
| II              | 5-25                     | 1,45±0,12              | 7,10±0,13                  |
| III             | 25-50                    | 3,98±0,35              | 6,60±0,07                  |

Також мохоподібні відчутно впливають на реакцію ґрунтового субстрату своїх мікрооселищ. Реакція ґрунтового розчину (водне рН) ризоїдального шару моху (*Ceratodon purpureus*) вже на I стадії відрізнялась від хімічної реакції незаселеного субстрату та становила 7,57 проти 7,75. Надалі значення рН продовжувало спадати: під добре розвиненими дернинами *Thuidium erectum* на III стадії досягло значення 6,60. Тобто реакція середовища змінилася від середньолужної до нейтральної. Індукована мохоподібними зміна реакції середовища субстратів піщано-карбонатних відслонень має важливе значення для активації механізмів гуміфікації органічної речовини.

У цілому, заселяючи техногенні відслонення, мохоподібні чинять комплексну дію на процеси первинного педогенезу: ініціюють процеси первинного оструктурування у профілі техноґрунту, нагромаджують органічну речовину та виступають у ролі ацидифікаторів поверхневого шару субстрату в межах своїх місцевиростань.

**МОХОПОДІБНІ ЯК ІНДИКАТОРИ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ САМОВІДНОВЛЕННЯ У ТЕХНОГЕННИХ ЕКОСИСТЕМАХ ТА ЇХНЄ СОЗОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ**

**Основні підходи бріоіндикації та критерії оцінки стану техногенних екосистем.** Мохоподібні дуже чутливо реагують на зміни стану довкілля, що відбуваються під дією як природних, так і антропогенних чинників. Ці зміни можна діагностувати на різних рівнях.

**Аутекологічний рівень:** індикація за видами з різною чутливістю до дії антропогенного фактора, придатними для діагностування стану екосистеми за ступенем порушення. Індикаторами ініціальних стадій відновних сукцесій (I) є рудеральні космополітні види (*Funaria hygrometrica*, *Ceratodon purpureus*, *Barbula unguiculata*, *Bryum argenteum*, *B. caespiticium*), які діагностують сильно порушені місце виростання. Індикаторами перехідних стадій відновних сукцесій (II-III) є види мохоподібних, топічно пов'язані із трав'яними угрупованнями, характерні для слабо- та середньо порушених місцевиростань: *Atrichum undulatum*, *Abietinella abietina*, *Oxyrrhynchium hians*, *Brachythecium glareosum*, *B. salebrosum* та *Hypnum cupressiforme*. Індикаторами термінальної стадії відновних сукцесій є види,

приурочені до місцевиростань зі сталим екологічним режимом. Для оселищ сільванічної зони це є види бріобіонтів, фітоценотично приурочені до лісової рослинності: *Plagiomnium undulatum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* тощо.

**Синекологічний рівень:** індикація за синтаксонами із різними екологічними вимогами вздовж градієнта певного фактору та врахуванням їхнього сукцесійного статусу, що виражає просунутість угруповань від піонерної до клімаксової стадії. На синтаксономічному рівні зменшення інтенсивності антропопресингу у регенераційній екосистемі проявляється через: витіснення ініціальних бріоасоціацій стабілізованими бріоугрупованнями неморально- та бореальнолісового, лучно-степового та петрофільного типів природної рослинності; заміну евритопних видів субстрат-специфічними представниками та диференціація субстратних груп; заміщення у складі бріоугруповань аридних ксероморфних видів мезоморфними видами, які визначають характер зональних угруповань.

На основі аналізу біокомпонента, досліджувані кар'єри можуть бути визначені як самовідновні, які за відсутності заходів фіторекультивациї можуть успішно відновитися за рахунок внутрішнього потенціалу.

**Созологічна оцінка бріорізноманіття техногенних екосистем Волино-Поділля та Передкарпаття.** На досліджуваних відслоненнях виявлено 20 видів бріобіонтів – 2 печіночники та 18 брієвих мохів (12,4 %), що охороняються на різних рівнях. З них два види – *Physcomitrium eurystomum* та *Amblystegium radicale* занесено до Червоної книги бріофітів Європи та 18 видів є регіонально-рідкісними для області Розточчя-Опілля або для неморально лісової зони України в цілому. Найбільше загрожуваних видів мохоподібних (10) виявлено на відслоненнях пісковикових каменярень. В оселищах вапнякових каменярень знайдено сім раритетних видів, глиняних кар'єрів – шість, мергелевих – два види, гіпсових та піщаних – по одному виду. Отже, найбільше природоохоронне значення мають відслонення старих каменярень із видобутку пісковиків і вапняків, де зосереджено 80,0% видів раритетної фракції. Такі відслонення заслуговують на надання їм природоохоронного статусу і можуть бути рекомендовані до включення у природно-заповідний фонд України у статусі заповідних урочищ, пам'яток природи або елементів регіональної екомережі (як відновні території) тощо. Також ці об'єкти мають історичну цінність і можуть становити інтерес як регіональні пам'ятки гірничовидобувної діяльності XIX-XX ст.

## ВИСНОВКИ

На підставі виконаного дисертаційного дослідження визначено функціональну роль мохового покриву у ренатуралізації техногенно змінених екосистем Волино-Поділля та Передкарпаття, складено інтегральні схеми екологічних сукцесій бріобіонтів у різних типах оселищ і зроблено наступні висновки:

1. Під впливом техногенезу у структурі мохового покриву формуються окремі типи синантропних відмін, різною мірою споріднених із зональною бріофлорою. Основні екофлористичні та синтаксономічні характеристики мохового покриву техногенних відслонень репрезентують тенденції його формування за умов природного

відновлення та свідчать про значну функціональну роль бріобіонтів у регенерації техногенно порушених екосистем.

2. Техногенні відслонення Волино-Поділля та Передкарпаття заселяє 161 вид мохоподібних (Bryobionta), що належать до 88 родів 39 родин 4 класів, з яких до відділу Marchantiophyta належить 11 видів 10 родів 9 родин, до відділу Bryophyta – 150 видів 77 родів 30 родин. З них новими для синантропної фракції бріофлори України є 36 видів мохоподібних.

3. За своєю екофлористичною структурою досліджувана бріофлора є ксерофітизованим синантропним варіантом природних бріофлор сильвапалеарктичного типу. Домінування у флористичному спектрі родин *Brachytheciaceae*, *Potticeae*, *Bryaceae* та *Amblystegiaceae* надає досліджуваній бріофлорі характерних рис бріофлор південно-палеарктичного типу, на які накладаються зональні ознаки через високі позиції родин *Plagiomniaceae*, *Mniaceae*, *Dicranaceae*, *Hypnaceae* та *Plagiotheciaceae*.

4. Залежно від конкретних екологічних умов, парціальні бріофлори окремих техногенних комплексів відрізняються за структурою та складом: бріофлора глинистих техногенних відслонень є найтісніше спорідненою із зональною та наближається до природних аналогів неморально-сильвапалеарктичних бріофлор; бріофлора піщаних відслонень відновлюється за екстразональним типом та прямує до бріофлор бореально-сильвапалеарктичного типу; бріофлори пісковикових та вапнякових відслонень поєднують риси аридних та неморальних бріофлор, що дає підставу охарактеризувати їх як помірно ксерофітизовані (петрофільні) відміни зональних бріофлор; бріофлори мергелевих, гіпсових та гравійних кар'єрів є крайніми, найбільш антропогенно трансформованими синантропними варіантами неморальних бріофлор, у яких дуже слабо простежуються зональні риси.

5. Упродовж становлення мохового покриву на досліджуваних техногенних відслоненнях відбувається послідовна зміна його еко-флористичної структури через: поступове зростання видового різноманіття; диференціацію субстратних груп; заміну геліофільно-ксерофільних бріоугруповань сціотолерантними мезофільними бріоугрупованнями; заміщення піонерних короткоживучих та суперфертильних видів багаторічними видами.

6. Екологічні сукцесії мохового покриву закономірно простежуються на різних типах техногенних субстратів від формування ініціальних бріоугруповань до становлення стабілізованих бріоасоціацій, як константних складових неморально-бореальнолісового або лучно-петрофільного типів природної рослинності Волино-Поділля та Передкарпаття.

7. Колонізація техногенних відслонень представниками бріобіоти стабілізує показники водного та температурного мікрорежимів у поверхневих шарах ґрунтових субстратів: підвищує їх водоутримувальну здатність, вирівнює добові та сезонні екстремуми ходу температур.

8. Заселяючи техногенні відслонення, мохоподібні чинять комплексну дію на процеси первинного педогенезу: сприяють механічній фіксації рухомих часток; нагромаджують органічну речовину; ацидифікують поверхневий шар лужних субстратів у межах своїх оселищ.



9. Види та синтаксони мохоподібних є цінними інтегральними індикаторами стану самовідновлюваних екосистем. Основні критерії бріоіндикаційної оцінки базуються на системному аналізі змін структури мохового покриву впродовж його становлення на досліджуваних техногенних відслоненнях на аутокологічному (за індикаторними видами), синекологічному (за індикаторними синтаксонами) та фітоценотичному (за змінами парціальних бріофлор відносно еталонної) рівнях.

10. На основі аналізу бріокомпоненту досліджувані техногенні екосистеми Волино-Поділля та Передкарпаття за здатністю до природного відновлення визначені як самовідновні. Вони характеризуються нетоксичними, потенційно родючими ґрунтовими субстратами, що належать до природних ґрунтоутворювальних порід регіону, або є близькими до них. За умов саморегенерації у посттехногенний період ці відслонення еволюціонують за зональним, екстра- чи інтразональним типом та відновлюють свої екологічні функції природним шляхом.

11. Техногенні відслонення Волино-Поділля та Передкарпаття за созологічними критеріями мохового покриву виступають вагомим чинником підтримання регіонального бріорізноманіття та збереження рідкісних видів та угруповань мохоподібних. Такі техногенні оселища можуть бути рекомендовані як відновні території для включення в структуру регіональної екомережі. Найбільше природоохоронне значення мають оселища старих пісковикових і вапнякових каменярень, на яких зосереджено 80% видів раритетної фракції бріофлори техногенних відслонень.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

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

1. Рагуліна М.Є. *Syntrichia laevipila* Brid. – новий вид моху для флори України / М.Є. Рагуліна, В.П. Ісіков // Чорноморськ. ботан. журн. – Херсон, 2012. – Т. 8 (2). – С. 241-244. (Дисертантом проведено збір польового матеріалу, аналіз одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 80%) – *Index Copernicus, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory*

2. Пікулик Л. Мохоподібні (Bryobionta) скельних виходів урочища Бубнище (Сколівські Бескиди) / Л. Пікулик, М. Рагуліна // Біологічні студії. – 2013. – Т. 7, № 3. – С. 189-196. (Дисертантом проведено наукове опрацювання одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 50%) – *Index Copernicus*

Статті у фахових виданнях України, які входять до переліку МОН України

3. Рагуліна М.Є. Формування покриву мохоподібних на техногенних відслоненнях / М.Є. Рагуліна // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2002. – Т. 17. – С. 185-189.

4. Рагуліна М.Є. Кам'янисті техногенні відслонення як осередки підтримання різноманітності бріофлори Розточчя-Опілля / М.Є. Рагуліна // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2004. – Т. 19. – С. 123-128.

5. Рагуліна М.Є. Функціональна роль бріофітів у ренатуралізації техногенно змінених екосистем Волино-Поділля / М.Є. Рагуліна., О.Б. Вовк, О.Л. Орлов // Наук.

зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2009. – Вип. 25. – С. 117-124. *(Дисертантом проведено збір польового матеріалу, аналіз одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 50%).*

6. **Рагуліна М.Є.** Мохоподібні (Bryobionta) настінних обростань Великої Ялти / М.Є. Рагуліна, В.П. Ісіков // Бюл. Держ. Нікітського ботан. саду. – Вип. 103. – Ялта, 2011. – С. 20-24. *(Дисертантом проведено збір польового матеріалу, аналіз одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 80%).*

7. **Рагуліна М.Є.** Мохоподібні (Bryophyta) як агенти ініціального ґрунтоутворення в техногенних екосистемах / М.Є. Рагуліна, О.Л. Орлов // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2011. – Вип. 27. – С. 89-94. *(Дисертантом проведено збір польового матеріалу, аналіз одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 80%).*

8. **Рагуліна М.Є.** Мохоподібні (Bryobionta) скельних відслонень лісового заказника “Чортова Скеля” / М.Є. Рагуліна, О.Т. Кузярін // Наукові основи збереження біотичної різноманітності: Темат. зб. Ін-ту екології Карпат НАН України. – Т.5 (12), № 1. – Львів: 2014. – С. 81-88. *(Дисертантом проведено збір польового матеріалу, аналіз одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 70%).*

Праці в інших виданнях, матеріали та тези конференцій

9. **Рагуліна М.Є.** Бріофіти техногенних кам'янистих відслонень Розточчя-Опілля (Львівська область) / М.Є. Рагуліна // Екологічні проблеми міст і промислових зон: шляхи їх вирішення: тези доповідей міжнар. конф. студентів і молодих вчених (м. Львів, 11-13 квітня 2003 р.) – Львів: Сполом, 2003. – С. 52-53.

10. **Рагуліна М.Є.** Колонізація мохообразними технокомплексів Волино-Подолля / М.Є. Рагуліна // Біологія – наука ХХІ века: 7-ая Пушчинская школа – конф. молодых учёных: сб. тезисов (г. Пушино, 14-18 апреля 2003 г.) – Пушино, 2003. – С. 207.

11. **Рагуліна М.Є.** Особливості екології мохоподібних техногенних відслонень Волино-Поділля і Передкарпаття / М.Є. Рагуліна // Биоразнообразие. Экология. Эволюция. Адаптация.: м-лы юбилейной науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 180-летию со дня рождения Л.С. Ценковского (г. Одесса, 28 марта 2003 г.) – Одесса, 2003. – С. 134.

12. **Рагуліна М.Є.** Бріофіти у складі рослинного покриву техногенних піщаних відслонень / М.Є. Рагуліна // Наукові основи збереження біотичної різноманітності: Темат. зб. Ін-ту екології Карпат НАН України. – Вип. 5. – Львів: Ліга-Прес, 2004. – С. 156-160.

13. Балух О.В. Субстратні групи листяних мохів (Bryopsida) Яворівського національного природного парку / О.В. Балух, **М.Є. Рагуліна** // Наукові основи збереження біотичної різноманітності: м-ли восьмої наук. конф. молодих вчених (Львів, 5-6 листопада 2007) – Львів, 2007. – С. 36-37. *(Дисертантом проведено науковий аналіз одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 50%).*

14. **Рагуліна М.Є.** Етапи трансформації ландшафтів Волино-Поділля внаслідок діяльності людини / М.Є. Рагуліна, О.О. Андреева // Різноманіття

фітобіоти: шляхи відновлення, збагачення і збереження. Історія та сучасні проблеми: м-ли міжнар. конф. присвяченої 200-річчю заснування Кременецького ботанічного саду (м. Кременець, 18-23 червня 2007 р.) – Кременець-Тернопіль: Підручники та посібники, 2007. – С. 183. *(Дисертантом проведено збір та аналіз одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 50%)*.

15. **Рагуліна М.Є.** Етапи трансформації ландшафтів Волино-Поділля внаслідок діяльності людини та їх здатність до самовідновлення / М.Є. Рагуліна, О.О. Андреева // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку: м-ли V міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 24-26 вересня 2007 р.) – Донецьк, 2007. – С. 364-365. *(Дисертантом проведено збір матеріалу та аналіз одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 50%)*.

16. **Рагуліна М.Є.** Специфіка бріофлори техногенних відслонень Волино-Поділля внаслідок діяльності людини / М.Є. Рагуліна // Наукові основи збереження біотичної різноманітності: м-ли восьмої наук. конф. молодих вчених (м. Львів, 5-6 листопада 2007). – Львів, 2007. – С. 69-70.

17. **Рагуліна М.Є.** Становлення бріофлор техногенних комплексів Волино-Поділля та Передкарпаття // Відновлення порушених природних екосистем: м-ли третьої міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 7-9 жовтня, 2008 р.). – Донецьк, 2008. – С. 486-488.

18. Андреева О.О. Видовий склад і структура комплексу вищих рослин настінних обростань у м. Львові / **М.Є. Рагуліна**, О.О. Андреева // Природничий альманах. Біологічні науки. – Вип. 12. – Херсон: ПП Вишемирський, 2009. – С. 6-18. *(Дисертантом проведено збір матеріалу та аналіз одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 50%)*.

19. **Рагуліна М.Є.**, Балух О.В. Епігейні обростання мохів як індикатори рекреаційних впливів на охоронювані екосистеми / М.Є. Рагуліна, О.В. Балух // Наукові основи збереження біотичної різноманітності: м-ли дев'ятої наук. конф. молодих учених (м. Львів, 1-2 жовтня 2009 р.). – С. 82-84. *(Дисертантом проведено збір польового матеріалу, аналіз одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 50%)*.

20. **Рагуліна М.Є.** Мохоподібні (Bryophyta) Яворівського національного природного парку / М.Є. Рагуліна // Природно-заповідний фонд України – минуле, сьогодення, майбутнє: м-ли міжнар. наук-практ. конф. до 20-ти річчя природного заповідника «Медобори» (смт. Гримайлів, 26-28 травня 2010 р.). – Тернопіль: Підручники та посібники, 2010. – С. 489-491.

21. **Рагуліна М.Є.** Мохоподібні (Bryophyta) гравійних кар'єрів Передкарпаття / М.Є. Рагуліна // Наукові основи збереження біотичної різноманітності: м-ли десятої наук. конф. молодих учених (Львів, 7-8 жовтня 2010 р.). – Львів, 2010 – С. 61-63.

22. **Рагуліна М.Є.** Наземні мохи (Bryophyta) як індикатори рекреаційних впливів на лісові екосистеми (на прикладі Яворівського національного парку) / М.Є. Рагуліна // Наукові основи збереження біотичної різноманітності: Темат. зб. Ін-ту екології Карпат НАН України. – Т. 1(8), № 1. – Львів, 2010. – С. 117-124.

23. Рагуліна М.Є. Мохоподібні мергелевих техногенних відслонень Волино-Поділля та Передкарпаття / М.Є. Рагуліна // Промислова ботаніка: Стан та перспективи розвитку: м-ли VI міжнар. наук. конф. (Донецьк, 4-7 жовтня 2010 р.) – Донецьк, 2010. – С. 393-396.

24. Рагуліна М.Є. Сукцесії мохового покриву на техногенних піщаних відслоненнях Волино-Поділля // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2012. – Вип. 28. – С. 63-68.

25. Рагуліна М.Є. Созологічна оцінка фітобіотичного та ландшафтного різноманіття лісового заказника «Чортова Скеля» / М.Є. Рагуліна., О.Т. Кузярін, О.Л. Орлов // Актуальні проблеми дослідження довкілля: Зб. наук. праць. – Суми: Винниченко М.Д., 2011. – С. 132-136. (Дисертантом проведено збір польового матеріалу, аналіз одержаних результатів, участь у написанні тексту, особистий внесок здобувача 35%)

## АНОТАЦІЯ

**Рагуліна М.Є. Участь мохоподібних (Bryophyta) у процесах самовідновлення техногенно порушених екосистем Волино-Поділля та Передкарпаття.** – Рукопис

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Інститут екології Карпат НАН України, Львів, 2015.

Здійснено комплексну оцінку функціональної ролі мохоподібних у саморегенерації техногенно змінених екосистем Волино-Поділля та Передкарпаття. Встановлено видове різноманіття та екологічний розподіл мохоподібних на техногенних відслоненнях різного гірничо-породного складу. На досліджуваних техногенних комплексах виявлено 161 вид бріобіонтів, приналежних до 88 родів 39 родин 4 чотирьох класів та наступним чином приурочених до 7 типів субстратів: глинисті відслонення – 57 видів, піщані – 51 вид, пісковикові – 69, вапнякові – 69, мергелеві – 36, гіпсові – 34, гравійні – 27 видів. Визначено особливості становлення мохового покриву за основними типами субстратів (глинистих, піщаних та кам'янистих) та складено відповідні інтегральні схеми перебігу трьох типів сукцесій – аргіло-, псамо- та літофільної.

Досліджено особливості структурно-функціональної організації бріоугруповань за показниками таксономічного складу, спектрів екоморф, екологічних груп та життєвих циклів, а також динаміку їхніх змін. Показано участь бріофітів у стабілізації специфічних водного та температурного мікрорежимів техновідслонень та участь в актах ініціального ґрунтоутворення, а саме вплив на хімічну реакцію середовища та вміст гумусу в умовах Волино-Поділля та Передкарпаття. Запропоновано використання видів та угруповань мохоподібних як фітоіндикаційного об'єкту для оцінки стану та спроможності техногенних екосистем до самовідновлення. Проведено созологічну оцінку бріорізноманіття техногенних відслонень Волино-Поділля та Передкарпаття.

**Ключові слова:** мохоподібні, моховий покрив, сукцесії мохоподібних, техногенно порушені екосистеми, біоіндикація, созологічна оцінка

## АННОТАЦИЯ

**Рагулина М.Е. Участие мохообразных (Bryophyta) в процессах самовосстановления техногенно нарушенных экосистем Волино-Подолья и Предкарпатья.** – Рукопись. – Институт экологии Карпат НАН Украины, Львов, 2015.

Диссертация на соискание научной степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 – экология.

Осуществлена комплексная оценка функциональной роли мохообразных в саморегенерации техногенно измененных экосистем Волино-Подолья и Прикарпатья. Установлено видовое разнообразие и экотопическое распределение мохообразных на техногенных обнажениях различного горно-породного состава. На исследуемых техногенных комплексах выявлен 161 вид бриобионтов, принадлежащих к 88 родам 39 семейств четырех классов и следующим образом распределенные по 7 типам субстратов: глинистые обнажения – 57 видов, песчаные – 51 вид, песчаниковые – 69 видов, известняковые – 69, мергельные – 36, гипсовые – 34, гравийные – 27 видов. Определены особенности становления мохового покрова по основным типам субстратов (глинистых, песчаных и каменистых) и составлены соответствующие интегральные схемы развития трех типов сукцессий: аргило-, псамо- и литофильные.

Исследованы особенности структурно-функциональной организации бриосообществ по показателям таксономического состава, спектров екоморф, экологических групп и жизненных циклов, а также динамику их изменений. Показано участие бриофитов в стабилизации специфического водного и температурного микроклимата техногенных обнажений и их участие в актах инициального почвообразования, а именно влияние на химическую реакцию среды и содержание гумуса в условиях Волино-Подолья и Прикарпатья. Предложено использование видов и сообществ мохообразных как фитоиндикационного объекта для оценки состояния и способности техногенных экосистем к самовосстановлению. Проведено соэкологичну оцінку бриорознообразия техногенних обнажень Волино-Подолья і Прикарпаття.

**Ключевые слова:** мохообразные, моховой покров, сукцессии мохообразных, техногенно нарушенные экосистемы, биоиндикация, соэкологическая оценка

## SUMMARY

**Ragulina M.E. Participation of the Bryophytes in the process of self-regeneration of technogenic-disturbed ecosystems of Volyno-Podillia and Precarpathians.** – 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, 2015.

The complex evaluation of functional role of Briobiontes in self-regeneration technogenic-disturbed ecosystems of Volyno-Podillia and Precarpathians was carried out. Species diversity and ecotope distribution of bryophytes on man-made outcrops of various rock-formation compositions were found. In the studied technogenic complexes were identified 161 species of Bryobionta, belonging to 88 genera, 39 families and 4 that

consequently – confine to the 7 types of substrates: clay outcrops – 57 species, sand – 51 species, sandstone – 69 species, limestone – 69 species, marl – 36 species, gypsum – 34 species and gravel – 27 species. Bryoflora of clay-pits is the most related to the natural flora and has the nemoral type of the structure. Bryoflora of gravel-pit is characterized to the weakest connection with the natural flora and has a structure similar to north-paleartic type. In general, analyzed technological bryofloras have varying degrees of natural analogues: they are derivatives of natural bryofloras with sylva-, south- or north-paleartic types.

Features of the formation of moss cover on the basic types of substrates (clay, sandy and rocky) were determined and the corresponding integrated schemes of progress of the three types of succession – argilo-, psammo- and lithophilous were drawn. Each succession has been divided into 4 stages (pioneer, post-pioneer, stabilizing and terminal) which differ in species composition and were represented by different bryoassociations. Specifics of structural and functional organization of bryophytic communities on indexes of taxonomic composition, ecomorphological spectrum, ecological groups and life cycles, as well as the dynamics of their changes were investigated. It has shown that moss cover on clay quarries is recovered by zonal (nemoral) type by the following scheme (argilophilous succession): *Funarietum hygrometricae* (Gams 1927) Engel 1949 → *Pogonato urnigeri-Atrichetum undulati* v. Krus. 1945 → *Brachythecietum salebroso-albicantis* Gillet 1986 → *Brachythecio-Hypnetum cupressiformis* Norr. 1969 + *Brachythecio salebroso-Amblystegietum juratzkani* (Sjog. ex Marst. 1987) Marst. 1989. Bryophytes cover on sand quarries formed by extrazonal type (boreal) under the following scheme (psammophilous succession): *Polytrichetum piliferi* Klika 1931 → *Polytrichetum juniperini* v. Krus. 1945 → *Brachythecietum albicantis* Gaume 1931 → *Pleurozietum schreberi* Wiśn. 1930. Moss cover on rocky quarries of limestone extraction developing by intrazonal type by the scheme: *Aloinetum rigidae* Stod. 1937 + *Barbuletum convolutae* Had. et Šm. 1944 + *Didymodonto vinealis-Tortuletum muralis* Privitera, Puglisi 1996 → *Encalypto streptocarpae-Fissidentetum dubii* Neumayr 1971 → *Homalothecietum lutescentis* Gillet 1986 + *Brachythecietum glareosi* Demaret 1944 → *Ctenidietum mollusci* Stef. 1941 + *Abietinellum abietinae* Stod. 1937.

Bryobionta's role in stabilization of specific water and temperature micro-regimes of technogenic outcrops and their participation in acts of initial pedogenesis, such as effects on chemical reaction and humus content in conditions of the Volyno-Podillia and Precarpathians were shown. Application of bryophytes as the phytoindication objects for evaluation of condition and self-regeneration ability of technogenic ecosystems was proposed. Sozological evaluation of the bryodiversity of man-made outcrops of Volyno-Podlilia and Precarpathians was assessed. In the studied outcrops 20 species (12.4% of total number) of Bryophytes which are protected at different levels have been defined. Two of them – *Physcomitrium eurystomum* and *Amblystegium radicale* listed as endangered in Europe and 18 other species have a regional rarity. The largest number of species which require a protection were found in sandstone (10) and limestone (7) quarries.

**Keywords:** bryophytes, moss cover, bryophytes succession, man-disturbed ecosystems, bioindication, sozological evaluation