

УДК 582.32:581.524.33 (477.8)

М.Є. Рагуліна, О.Л. Орлов

## **МОХОПОДІБНІ (БРЮОРНУТА) ЯК АГЕНТИ ІНІЦІАЛЬНОГО ГРУНТОУТВОРЕННЯ В ТЕХНОГЕННИХ ЕКОСИСТЕМАХ**

*Ключові слова:* мохоподібні, ґрунтоутворення, гумосоагромадження, техногенні екосистеми.

Руйнівне втручання людини у ландшафти, наслідки якого протягом ХХ-ХХІ сторіч досягли критичного рівня, за масштабами змін може бути прирівняне до орогенетичних процесів. Вилучення з надр значних обсягів корисних копалин лишає по собі техногенно відслонені глибинні породи, стерильні у біологічному відношенні. У таких неоекотопах, що докорінно відрізняються від вихідних екосистем за гідрологічним, біогеохімічним та мікрокліматичним режимами, формування рослинного та ґрунтового покривів розпочинається з нульового старт-моменту і нерідко є помітно утрудненим.

Первинні фіто- та едафокомплекси тісно взаємопов'язані у своєму розвитку: представники різних груп біоти, оселяючись на опустелених територіях, виступають в ролі чинників ґрунтоутворення, тоді як у процесі набуття кар'єрними субстратами властивостей ґрунту, на них поширюються вибагливіші щодо умов трофності рослини.

Першими рослинами, які заселяють техногенні відслонення, є водорості. Становлення альгогруповань позитивним чином відбивається на властивостях субстратів, насамперед спричинюючи зростання родючості [3, 8]. Далі з'являються вищі рослини: бріо- та трахеофіти. Серед судинних піонерами заростання є, як правило, представники рудерально-синантропної флори, які формують нестійкі примітивні угруповання з сильно розрідженим покривом. Натомість, функціональна роль бріоугруповань з доброю структурованістю та значним проективним вкриттям на початкових етапах регенерації техновідслонень видається більш значущою: мохові дернини зменшують випаровування вологи з ґрунту та запобігають розвіюванню його часток. Проте участь цієї групи рослин у становленні ґрунтів є надзвичайно слабо вивченою: є лише окремі дані про вплив мохоподібних на первинне ґрунтоутворення в арктичних, тундрових та високогірних екосистемах, де, з огляду на крайню суворість умов, хід педогенезу є доволі специфічним. Зокрема, провадилися дослідження щодо накопичення бріофітами органічної речовини внаслідок декомпозиції дернин [7, 10, 13] та функціонування бріо-ціанобактеріальних асоціацій, які відіграють важливу роль у збагаченні примітивних ґрунтів азотом [11, 12]. Зауважимо, що питання ролі бріофітів у процесах регенерації техногенних відслонень до зараз лишаються цілком не з'ясованими.

Таким чином, метою нашої роботи було виявлення основних тенденцій та напрямків змін у ґрунтових субстратах техногенних комплексів за умови розвитку на них мохового покриву.

### Матеріал і методика досліджень

Дослідження проводили протягом 2003-10 рр. на території кар'єрних комплексів з видобутку піску в межах фізико-географічної області Розточчя-Опілья. Як модельні було обрано кар'єри Ясницького та Глуховецького піщаних родовищ (Львівська обл.).

З метою з'ясування участі мохоподібних у процесах первинного ґрунтоутворення у техногенних екосистемах було проаналізовано репрезентативну вибірку ґрунтових проб. Було закладено 2 серії різновікових пробних площ за п'ятьма реперними точками – 0 (старт-момент, незаселений субстрат) → I (1-5 років по припиненню видобутку) → II (5-10 років) → III (10-15 років) → IV (15-25 років), за якими було реконструйовано просторово-часовий (сукцесійний) ряд регенерації ґрунтово-рослинного покриву.

З кожної точки (площею 1x1 м) було відібрано зразки ґрунту з-під мохових дернин, так званого підризоїдного шару субстрату потужністю 1-5см (в залежності від віку дернини) [4]. Ґрунтові проби відбирали у 3-разовій повторності.

Для відібраних зразків визначали індикаторні фізико-хімічні параметри. Кислотність зразків оцінювали за значенням рН водної витяжки за допомогою рН-метра типу СВЛ-14 [1]. Вміст гумусу в ґрунтових зразках визначали за методом Тюріна у модифікації Нікітіна [5]. Обробку зразків проводили у Лабораторії хімічного аналізу ґрунтів та природних вод кафедри ґрунтознавства та географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка.

### Результати досліджень

Кар'єрні комплекси з видобутку пісків є одними з найпоширеніших на теренах Волино-Поділля, що й обумовило вибір їх в якості об'єкта досліджень. Піщані поклади регіону в своїй більшості перекриваються щільними карбонатомістними породами, що визначає специфіку відслонень зазначених комплексів: значний вміст дрібнозему цих порід спричинює лужність реакції середовища (середнє значення рН – 7,75) (табл.) Високі значення рН вважаються несприятливими для розвитку техноґрунтів через сповільнення гумусонагромадження, оскільки лужна реакція середовища (7,0-8,5) погіршує сорбційні властивості субстрату та утруднює закріплення органічних речовин у ньому [2].

Свіжі техногенно розкриті субстрати (0) представляють собою недиференційовану безструктурну товщу піску біляно-сірого кольору з включеннями уламків вапняків, позбавлену рослинного покриву (табл.).

Моховий покрив на відслоненнях починає розвиватися вже у перші роки по припиненню видобутку та представлений поодинокими полівидовими плямами з загальним проективним вкриттям до 5-15% за домінування *Bryum caespiticium* Hedw. у супроводі *B. argenteum* Hedw. або *Didymodon fallax* (Hedw.) Zander, до яких домішуються *Barbula unguiculata* Hedw., *B. convoluta* Hedw., *Tortula muralis* Hedw., *Aloina rigida* (Hedw.) Limpr., *Dicranella heteromalla* (Hedw.) Schimp, *Funaria hygrometrica* Hedw. та *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. За участі зазначених видів формуються геліо-ксерофільні піонерні бріоугруповання союзу *Grimmaldion fragrantis* Šm. et Nad. 1944, приурочені до оселищ на не- або слабкозадернованих карбонатних субстратах [9]. За цей період (I) під колоніями бріофітів виявляються

перші ознаки ґрунтоутворення, які візуалізуються за появою малопотужного (2-3 см) органно-аккумулятивного шару сірувато-бурого кольору.

Наступний етап (II) характеризується інтенсивним розростанням мохових колоній (до 15-25% проективного вкриття) та поступовою елімінацією з бріоугруповань піонерних ценофобних видів (*Dicranella heteromalla*, *Funaria hygrometrica* та *Ceratodon purpureus*) та вселенням ксеромезофільних видів. Потужність органно-аккумулятивного шару ініціальних техноґрунтів поступово збільшується до 5-6 см та змінюється його гранулометричний склад (з піщаного на супіщаний).

Надалі (III) окремі колонії мохів поступово зникають, утворюючи плямисто-неоднорідну дернину з проективним вкриттям 25-50%. Поширення набуває пост-піонерна асоціація *Encalypto streptocarpae* - *Fissidentetum dubii* Neumaуг 1971 (*Encalypta streptocarpa* Hedw., *Fissidens dubius* P.Beauv., *F. taxifolius* Hedw., *Didymodon fallax*), яка тяжіє до геліо-ксеромезофільних оселищ на слабкогумусованих карбонатних субстратах [9]. Потужність органно-аккумулятивного шару сягає 7-8 см, формується нестійка крупногрудкувата структура з утворенням темно-сірих затьоків.

Подальші зміни у структурі бріоугруповань індукуються, окрім внутрішніх чинників міжвидової взаємодії, впливом судинного компоненту, який, досягнувши помітного розквіту, стає головним середовищеформуючим фактором для мохів, що опиняються під його наметом. Ущільнення шатра трав'яних рослин (понад 25% проективного вкриття) змінює умови освітлення в епігейному ярусі та сприяє утриманню вологи у поверхневих шарах субстрату: ксеро-геліофільні види піонерних бріоугруповань, що почали своє формування в умовах інтенсивного освітлення, поступово заміщуються тіньовитривалими мезофільними мохами за панування представників родини *Brachytheciaceae* (IV). Під моховою дерниною спостерігається ускладнення профілю кар'єрних техноґрунтів, що виявляється у формуванні перехідного до породи горизонту Ph.

Було показано, що реакція субстрату (рН<sub>H<sub>2</sub>O</sub>) ризоїдального шару в піонерному угрупованні змінюється від лужної до нейтральної, внаслідок підкислюючої дії мохових дернин на підстилаючий субстрат [6].

Таблиця

#### Зміни вмісту Сорґ та значення рН субстрату відповідно до віку відслонень

| Номер реперу | Вік відслонення, роки | Проективне вкриття мохового покриву, % | Вміст Сорґ, % | Значення рН |
|--------------|-----------------------|--|---------------|-------------|
| 0            | 0                     | 0                                      | 0,08          | 7,75        |
| I            | 1-5                   | < 5-15                                 | 0,34          | 7,57        |
| II           | 5-10                  | 15-25                                  | 0,46          | 7,43        |
| III          | 10-15                 | 25-50                                  | 0,84          | 7,10        |
| IV           | 15-25                 | > 50                                   | 1,81          | 6,85        |

Щодо вмісту органічного вуглецю, то в контрольних пробах (0) його можна охарактеризувати як мізерний (0,08%), проте вже на ділянках 5-річного віку (I) формування мохового покриву вміст органіки у субстраті становив 0,34%, тобто зріс

більш як у чотири рази. В процесі розвитку угруповань бріофітів збагачення субстрату органічним вуглецем продовжувало зростати і після 15-25-річної регенерації відслонень досягло 1,81% (IV). В цілому аналізований показник зріс у 25 разів порівняно з контролем і наблизився до значення гумусованості, притаманної природним ґрунтам [6].

Зауважимо, що дія мохових дернин на підстилаючий субстрат є досить обмеженою. Через відсутність кореневої системи бріофіти навряд чи спроможні докорінно змінити фізико-хімічні властивості субстрату, на якому вони розвинулись. З огляду на малі розміри та повільність ростових процесів маса відмерлих решток, що здатне продукувати бріоугруповання (тим більше не цілком сформоване), не є значною. Безперечно, на пізніших стадіях відновлення техновідслонень основним джерелом органіки стають судинні, хоча угруповання мохоподібних на досліджуваних відслоненнях в якості епігейного ярусу рослинності продовжують свій розвиток, нерідко досягаючи 99% ПВ.

Проте роль мохоподібних як одного з ініціаторних чинників первинного ґрунтоутворення не можна недооцінювати. На наш погляд, моховий покрив на початкових етапах ґрунтоутворення на карбонатних субстратах виступає радше як "консервант" органічних сполук у поверхневих шарах ґрунту, ніж як їх безпосереднє джерело.

Отримані результати дозволили встановити взаємозв'язок змін значень рН та вмісту гумусу під впливом мохових дернин на техновідслоненнях. Встановлена лінійна залежність, яка описується формулою  $y = -0,4603x + 7,7075$  з рівнем апроксимації  $R^2 = 0,9331$ , де  $y$  – значення рН, а  $x$  – вміст Сорґ (рис.).

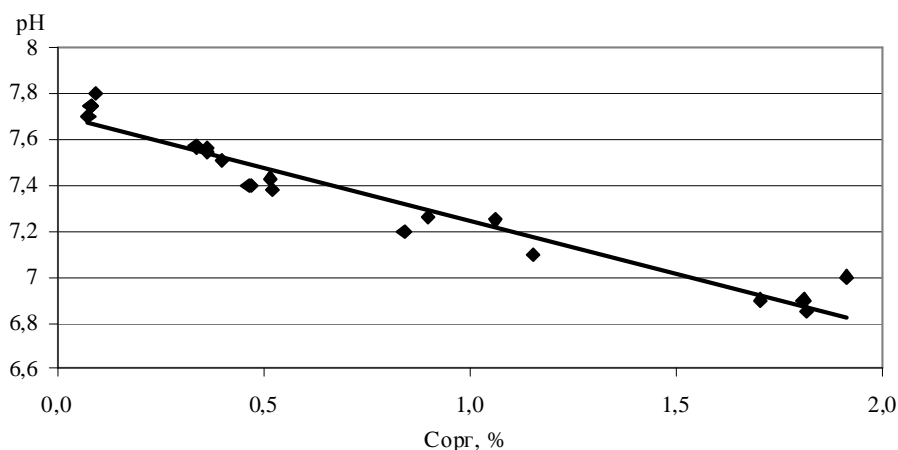


Рис. Зміни рівня рН та вмісту органічного вуглецю під впливом мохової дернини у техногрунтах кар'єрних комплексів.

На жаль, подальшу участь бріоугруповань у генезисі техноґрунтів дослідити не вдалось через низку причин. Насамперед, поступове ущільнення верхніх за відношенням до мохового покриву ярусів рослинності обумовлює відсутність

просторово відокремлених мохових угруповань на пізніших етапах регенерації відслонень, що унеможливило експериментальне вичленування сфер впливу окремих груп фітобіоти на субстрат.

### Висновки

Заселення мохоподібними техногенних відслонень сприяє процесам ініціального педогенезу. Участь бріофітів в актах первинного ґрунтоутворення є як прямою, так і опосередкованою. Зокрема, розвиток мохового покриву сприяє первинному гумосонагромадженню через безпосереднє постачання органіки внаслідок поступового відмирання частин дернини. Водночас, наземні обростання бріофітів змінюють хімічну реакцію середовища мікрооселищ в бік підкислення, що активізує акумуляцію органіки в мінеральних комплексах поверхневих шарів ґрунтових субстратів.

1. Аринушкіна Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. Вовк О.Б. Оцінка екологічного стану ґрунтів урботехноекосистем Розточчя та Опілля // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2000. – Т. 15. – С. 139-146.
3. Мальцева И.А. Почвенные водоросли как один из дополнительных факторов регенерации почвенных процессов в лесных рекультивационных системах Западного Донбасса // Ґрунтознавство. – 2001. – Т. 1, № 1. – С. 81-86.
4. Мельничук В.М. Матеріали до визначення рН у листяних мохів // Наук. зап. Львів. наук.-природозн. музею. – Львів, 1951. – Т. 10. – С. 91-113.
5. Практикум по агрохимии / Под ред. В. Г. Минева. – М: Изд-во МГУ, 1989. – 304 с.
6. Рагуліна М.Є., Вовк О.Б., Орлов О.Л. Функціональна роль бріофітів у ренатуралізації техногенно змінених екосистем Волино-Поділля // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2009. – Вип. 25. – С. 117-124.
7. Тишков А.А. Первичные сукцессии арктических тундр и проблемы устойчивости их растительного покрова // Новые аспекты исследования флоры и фауны СССР. – Докл. МОИП. Зоология, ботаника, 1988. – С. 11-15.
8. Шушуева М.Г. Водоросли на отвалах угольных разработок в Кузбассе и их роль в почвообразовании // Развитие и значение водорослей в почвах Нечерноземной зоны: материалы межвуз. конф. – Пермь, 1977. – С. 52-54.
9. Bardat, J., Hauguel J-C. Synopsis bryosociologique pour la France // Cryptogamie Bryologie, 2002. – Vol. 23 – P. 279-343.
10. Davis R.S. Environmental factors influencing decomposition rates in two Antarctic moss communities // Polar Biology, 1986. – Vol. 5, № 2. – P. 95-103.
11. Henriksson E., Henriksson L., Norrman J., Nyman P. Biological Dinitrogen Fixation (Acetylene Reduction) in Association with Mosses Gathered on Surtsey, Iceland // Arctic and Alpine Research, 1987. – V. 19, № 4. – P. 432-436.
12. Lambert R.L., Reiners W.A. Nitrogen-Fixing Moss Associations in Subalpine Zone of the White Mountains, New Hampshire // Arctic and Alpine Research, 1979. – V. 11, № 3. – P. 325-333.
13. Russell S. Bryophyte production and decomposition in tundra ecosystems // Biological Journal of the Linnean Society, 1990. – Vol. 14, № 1. – P. 39-49.

Державний природознавчий музей НАН України, м. Львів  
e-mail: funaria@ukr.net, orlov\_oleg@mail.ru

*Рагуліна М.Е., Орлов О.Л.*

**Мохообразные (Bryophyta) как агенты инициального почвообразования в техногенных экосистемах**

Поселение мохообразных на техногенных обнажениях позитивно влияет на процессы инициального педогенеза. Показано, что формирование мохового покрова способствует первичному гумусонакоплению в техногрунтах, непосредственно являясь источником органических веществ, а также способствует удержанию органики в поверхностных слоях субстрата в результате подкисления реакции среды.

**Ключевые слова:** мохообразные, почвообразование, гумусонакопление, техногенные экосистемы.

*Ragulina M.Ye., Orlov O.L.*

**The Mosses (Bryophyta) as agents of the initial pedogenesis in technogenic ecosystems**

The settling of the mosses on the technogenic outcrops influences positively on the processes of initial pedogenesis. The forming of a moss cover activates a humus accumulation in technogrounds. At the first, dead parts of mosses are direct source of organic substances. At the second, moss wefts products promote to organic matters conservative in substrate superficial layers by way of acidity increasing.

**Key words:** mosses, pedogenesis, humus accumulation, technogenic ecosystems.