

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МІКОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ТЕХНОЗЕМІВ СІРЧАНИХ КАР'ЕРІВ ЛЬВІВЩИНИ

Встановлено, що видобуток корисних копалин на Львівщині супроводжувався низкою негативних екологічних наслідків: забрудненням атмосфери сірководнем, сірчистим газом, сірчанним пилом; вилученням із господарського використання тисяч гектарів земель; скиданням у річки мінералізованих вод; виснаженням запасів питної води; активізацією карстових процесів; зсувами поблизу населених пунктів; підтопленням та накопиченням відходів. Досліджено, що закриття Новороздільського, Подороженського та Яворівського сірчаних кар'єрів, де за прийнятої технології з видобування сірки, родючий шар різних типів ґрунтів був повністю розпоршений і захоронений у товщі відвалів та гідровідвалів, а на поверхню були винесені четвертинні та неогенові відклади третинного віку та глини, під впливом проходження процесів природного відтворення ґрунтового й рослинного покривів тут сформувались унікальні ландшафти, із своєрідною флорою і фауною. Відзначено, що системна рекультивація породних відвалів є основою для проведення фітомеліоративних заходів з озеленення техногенних територій та підвищення родючості земель. Для оцінювання активності відновних процесів у сформованих ґрунтах на дослідних об'єктах, у межах території аналізованих сірчаних кар'єрів, проведено порівняльну оцінку подібності видового складу мікобіоти і відзначено найбільшу відмінність за цим показником між едафотопами Подороженського та Новороздільського сірчаних кар'єрів. Встановлено, що на території Яворівського та Новороздільського сірчаних кар'єрів сформувались високоорганізовані комплекси ґрунтових мікроміцетів порівняно із Подороженським сірчанним кар'єром. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між мікроміцетами у ґрунті Новороздільського сірчаного кар'єру, де міцними зв'язками об'єднано 14 видів грибів, більшість з яких належать до Ascomycota.

Ключові слова: техногенні території; мікроміцети; сірчані кар'єри; видовий склад; високоорганізовані комплекси ґрунтових грибів.

Вступ. Найбільші за розмірами техногенні території у Західному регіоні України було сформовано під час видобування самородної сірки у Передкарпатському сірконосному басейні. Видобування сірки проводили в межах Роздільського, Подороженського, Язівського і Немирівського родовищ. Поклади цих родовищ розробляли Роздільське та Яворівське державні гірничо-хімічні підприємства (ДГХП) "Сірка". Вперше самородну сірку виявлено у 1950 р. поблизу смт Розділ (Миколаївський р-н Львівської обл.), що поклато початок інтенсивному розвідуванню інших осередків залягання сірки. Освоєння Роздільського родовища розпочато у 1956 р. на базі Роздільського ДГХП "Сірка", а у 1972 р. побудовано Подороженський рудник. У 1954-1958 рр. було також розвідано Язівське родовище, яке в подальшому розробляло Яворівське ДГХП "Сірка". З огляду на низьку рентабельність видобування самородної сірки, наприкінці 1990-х років гірничі роботи у Передкарпатському сірчаному басейні було припинено. Тільки у 2003 р. розпорядженням Кабінету Міністрів України затверджено проекти відновлення екологічної рівноваги і ландшафтних систем у межах Яворівського і Роздільського ДГХП "Сірка". На місці гірничопромислових комплексів (кар'єрів, відвалів, відстійників тощо) виникали постехногенні ландшафти. Відповідно до розроблених проектів інститутом гірничо-хімічної промисловості було передбачено провести ліквідацію Новороздільського, Подороженського та Яворівського сірчаних кар'єрів і запроєктовано створення рекреаційних зон "Яворівське озеро", "Озера Опілля" і регіональний ландшафтний парк "Подорожне" (Haidin & Zozulia, 2009).

Подороженський кар'єр у Жидачівському р-ні Львівської обл. займає 5,7 км², площа відведених для кар'єру земель становить 15 км², зовнішні відвали – 6 км². У 1998 р. Кабінетом Міністрів України було прийнято рішення про закриття кар'єру внаслідок нерентабельності видобутку сірки на території України. Комплексним проектом закриття сірчаного кар'єру і відновлення ландшафту в зоні діяльності ДГХП "Подороженський рудник" було передбачено затоплення кар'єрної виїмки річковими й атмосферними водами та консервація території для її самовідновлення. На місці кар'єру створено водойму, придатну для рекреаційного використання, а також близько 30 малих водойм у межах зовнішніх відвалів у безстічних виїмках. Унаслідок перебігу природних процесів відтворення природного поновлення ґрунтового й рослинного покривів, тут сформувався унікальний ландшафт, із своєрідною флорою і фауною (Haidin & Zozulia, 2009).

Новороздільське ДГХП "Сірка" займає значну територію, що характеризується різноманітним рельєфом та різними видами ґрунтів. Територія колишнього родовища сірки розташована в зоні Стрийсько-Жидачівської котловинної рівнини. Згідно із геоморфологічним районуванням ця територія представляє собою Придністровське Опілля, яке на півночі охоплює Малиполюську височину, а на півдні – Придністровську улоговину. Південна частина території, на якій фактично розташований Роздільський сірчаний кар'єр, займає добре сформовану долину річки Дністер (Наддністерський агроґрунтовий район) (Saban et al., 1990).

Цитування за ДСТУ: Копій М. Л. Порівняльна характеристика мікологічної структури техноземів сірчаних кар'єрів Львівщини / М. Л. Копій, В. П. Оліферчук, Л. І. Копій // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27(3). – С. 99–104

Citation APA: Kopyi, M. L., Oliferchuk, V. P., & Kopyi, L. I. (2017). The Comparative Characteristic of Mycological Structure of Technogenic Territories of Sulfuric Quarries in Lviv Region. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(3), 99–104. Retrieved from: <http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/379>

Унаслідок прийнятої технології з видобування сірки, родючий шар різних типів ґрунтів був повністю розпорошений і захоронений у товщі відвалів та гідровідвалів, унаслідок чого на поверхню були винесені четвертинні та неогенові відклади третинного віку та глини.

Видобуток корисних копалин супроводжувався низкою негативних екологічних наслідків: забрудненням атмосфери сірководнем, сірчистим газом, сірчанним пилом; вилученням із господарського використання тисяч гектарів земель; скиданням у річки мінералізованих вод; виснаженням запасів питної води; активізацією карстових процесів; зсувами поблизу населених пунктів; підтопленням, накопиченням відходів (Saban et al., 1990). Тому після закриття кар'єру основним завданням було усунення негативних процесів на цій території та відновлення дегазованих земель, внаслідок гірничих робіт, методом технічної та біологічної рекультивациі. Така схема системної рекультивациі породних відвалів є основою для проведення фітомеліоративних заходів для озеленення техногенних територій та підвищення родючості земель.

Мета дослідження – провести порівняльний аналіз впливу сформованих на різних ділянках техноземів мікологічних комплексів, на відтворення дегазованих земель у межах Подорожненського, Яворівського та Новороздільського сірчаного кар'єрів.

Актуальність дослідження. Ґрунтові грибні комплекси активно взаємодіють із корінням вищих рослин, бактеріями та сприяють пришвидшенню процесів руйнування органічних речовин у поверхневих прошарках техноземів, зумовлюючи посилення стійкості рослинних угруповань до впливу різноманітних негативних чинників, що створює сприятливі умови для виконання рослинами важливих фітомеліоративних функцій.

Об'єкти і методи дослідження. Об'єктами наших досліджень є території Подорожненського (I), Яворівського (II) та Новороздільського (III) сірчаних кар'єрів Львівської обл.

Зразки ґрунту аналізували впродовж 2014-2016 рр., згідно з наявними методами та чинними ДСТУ. Проби ґрунту відбирали у поверхневому шарі на глибині 0-5 см (Dosphehov, 1979). Зразки перед посівом розводили у 10 разів у чотири пасажі й останнє розведення висівали на відповідні середовища. Ґрунтові суспензії висівали на агаризоване живильне середовище: сусло-агар (СА) із додаванням амоксициліну (50 мг на 0,5 л середовища) для гальмування розвитку бактеріальної мікрофлори. Повторність кожного посіву була триразовою. Кількісний і якісний склад грибів визначили за загальноприйнятими методиками. Тривалість культивування грибів 4-14 днів за температури 28 °С.

Кількість мікроміцетів виражали в одиницях КУО (колонієутворювальні одиниці) на 1 г ґрунту чи маси сирої речовини. Ідентифікацію виділених ізолятів грибів проводили за мікоморфологічними та фізіолого-культуральними ознаками, користуючись визначниками. Систематичну належність мікроміцетів визначали згідно з опублікованим 9-м виданням "Ainsworth and Bisby's Dictionary of the fungi", а в окремих випадках – за іншими сучасними літературними джерелами.

Еколого-систематичний аналіз стану мікобіоти ґрунтів визначали з використанням відповідних екологічних

показників: частоти трапляння мікроміцетів, коефіцієнта подібності Соренсена-Чекановського, коефіцієнта різноманіття Шенона, індексу домінування Сімпсона, а також індексу механізації мікобіоти, які є основними універсальними показниками реакції біоти на різні фактори впливу (Blagoveshhenckaja, 2008).

Частоту трапляння виду розраховуємо за формулою

$$C = \frac{A}{B} \cdot 100,$$

де: C – частота трапляння, %; A – кількість зразків, у яких виявлено даний вид; B – загальна кількість виявлених зразків.

Якщо частота трапляння мікроскопічних грибів становить понад 50 %, то вважаємо, що ці види є доміантними якщо 30-50 % – ті, що часто трапляються, трапляння на рівні 10 % і менше – рідкісні види.

Для порівняння ступеня подібності й відмінності списку видів мікроскопічних грибів, виділених з різних ґрунтів, використовуємо коефіцієнт Соренсена-Чекановського

$$S = \frac{2C}{A+B},$$

де: S – коефіцієнт Соренсена-Чекановського; C – кількість спільних видів грибів для двох пунктів; A і B – загальна кількість видів грибів, виділених з першого (A) та другого (B) пунктів дослідження.

Розраховуємо також коефіцієнт біологічного різноманіття (коефіцієнт Шенона) – чим вищий цей коефіцієнт, тим видовий склад мікроскопічних грибів ґрунту є різноманітніший

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i, \quad p_i = n_i / N,$$

де: H – коефіцієнт Шенона; p_i – ймовірність значущості для кожного виду гриба в певному типі ґрунту; n_i – значущість кожного виду гриба в певному типі ґрунту; N – значущість всіх видів грибів у певному типі ґрунту.

Індекс домінування Сімпсона розраховуємо за формулою

$$C = \sum (n_i / N)^2 = \sum (p_i)^2,$$

де: C – індекс домінування Сімпсона; p_i – ймовірність значущості для кожного виду гриба в певному типі ґрунту; n_i – значущість кожного виду гриба в певному типі ґрунту; N – значущість всіх видів грибів у певному типі ґрунту.

З метою обґрунтування потенційної моделі відновлення сірчаних кар'єрів Львівщини протягом значного періоду часу (2008-2016 рр.) та для порівняння основних екологічних показників мікобіоти сірчаних кар'єрів Львівщини, використано дані основних екологічних індексів Подорожненського кар'єру, які визначила дослідниця У.Р. Назаровець (Oliferchuk et al., 2013).

Колір колоній, який потрібний для опису ізолятів, визначали за допомогою шкали Бондарцева і за допомогою адитивної моделі RGB. Adobe Photoshop CS5. Статистичне оброблення отриманих результатів здійснювали з використанням загальноприйнятих методів за допомогою програм Microsoft Excel та Statistica 9.0 (Blagoveshhenckaja, 2008).

Метод кореляційних плеяд застосовуємо для виявлення кореляційних ознак між видами мікроміцетів та ознаками зовнішнього середовища, зокрема ґрунтовими умовами Подорожненського, Яворівського та Новороз-

дільського сірчаного кар'єрів. Метод полягає в обчисленні парних кореляцій між ознаками і побудові умовної моделі "кореляційного циліндру", перпендикулярна вісь якого градуйована наростаючою знизу вверху величиною коефіцієнта кореляції. Кореляційний циліндр умовно розділили на різні рівні ($r=0,1$; $r=0,5$ і т.д.), де на кожному розтині отримали "кореляційне кільце". Розмістили ознаки по колу, з'єднали їх хордами і отримали графічне відображення грибних комплексів, які сформувались у вивчених типах ґрунту (Zhdanova & Vasilevskaia, 1988). На нульовому рівні всі типи для угруповання ознаки завжди зв'язані між собою. Із підвищенням рівня розтину дедалі більша кількість зв'язків випадає. Поступово будуть вимальовуватися плеяди і цей процес є специфічним для конкретної сукупності. Швидкість його вимірюємо відношенням числа зв'язків, котрі залишилися, до загального числа зв'язків між ознаками (E – коефіцієнт гомогенності). Рівень, на якому плеяди зрозумілі, слугував ступенем гомогенності або інтегрованості (Zhdanova & Vasilevskaia, 1988). Для кожного з виділених родів (видів) вивчених екотопів визначаємо частоту трапляння. Побудову кореляційних плеяд здійснюємо з урахуванням типу ґрунту і сезонності. Графічно результати представлені у вигляді дендрограм і кореляційних плеяд. Це дає змогу виявити структурні роди (види), які відповідають за формування конкретного грибного комплексу. Статистичне оброблення отриманих результатів виконували за програмою, розробленою в Інституті мікробіології та вірусології НАН України.

Метод головних компонент використано з метою виявлення зв'язку між частотою трапляння видів і техногенно перетвореним ґрунтом для оброблення за допомогою багатомірного статистичного аналізу. Суть методу полягає в тому, що матриця парних коефіцієнтів кореляції між ознаками у вибірці, після відповідних перетворень, дає змогу обчислити матрицю значень і відповідну їй матрицю векторів. Власні значення у сумі визначають загальну дисперсію ознак вихідної матриці. Кожне значення визначає вклад відповідної головної компоненти в загальну дисперсію. Кожна головна компонента є лінійною комбінацією вихідних ознак (видів)

$$F_i = \frac{1}{S_i \cdot \sum_{j=1}^n a_{ji} \cdot y_j}, i = \overline{1, m},$$

де: F_i – перша головна компонента; a_{ji} – коефіцієнт ваги першої ознаки в першій головній компоненті; y_j – порядкові номери ознак; S_i – власне значення першої головної компоненти.

При цьому кожна ознака представлена через головну компоненту

$$y_i = \sum_{j=1}^n a_{ji} \cdot f_j, i = \overline{1, m}.$$

Вагові коефіцієнти зв'язку ознак y_i з головними компонентами визначаємо за формулою: $a_{ij} = u_{ij} \cdot f_j$, де u_{ij} – значення власного вектора для i -тої головної компоненти.

Загальна кількість головних компонент дорівнює числу ознак у вибірці, однак для подальшого аналізу використовуємо тільки ті головні компоненти, сумарний вклад яких у загальну дисперсію максимальний. Отримані результати розглядаємо в координатах двох

головних компонент, де вагові коефіцієнти зв'язку ознак з даними головними компонентами визначають відповідні точки ознаки на площині. Надалі увагу звертаємо на ті ознаки (у нашому випадку види), для яких коефіцієнт ваги є більший ніж 0,7.

Коефіцієнт детермінації r^2 показує, на скільки ступінь спорідненості у варіації однієї ознаки виду, яку вивчаємо, пояснюється зміною іншого, а остання частина варіацій або взаємозалежна, або залежить від факторів, котрі не враховуються. Аналогію наведено на основі, що: за $r > 0,85$ – зв'язок дуже сильний, за $r = 0,70-0,85$ – сильний, за r менше 0,7 – зв'язок слабкий.

Результати дослідження. Аналіз подібності видового складу мікобіоти за коефіцієнтом Соренса-Чекановського свідчить, що найбільшу подібність видової структури грибів зафіксовано між едафотопом Яворівського сірчаного кар'єру (II) та Новороздільського сірчаного кар'єру (III) – $S=1,92$. Найбільшу відмінність за видовим складом мікобіоти виявлено між едафотопом Подороженського сірчаного кар'єру (I) та Новороздільського сірчаного кар'єру – $S=1,11$. У цьому випадку сформувались зовсім різні мікоасоціації (табл. 1).

Табл. 1. Показники подібності мікроскопічних грибів у вивчених едафотопів

Варіант дослідження	Індекс Соренса-Чекановського (S)
I-III	1,11
I-II	1,19
III-II	1,92

Індекси видової різноманітності мікроміцетів підтверджують, що найрізноманітніший видовий склад мікобіоти характерний для едафотопу Нового Роздолу (III) – $H=3,12$, а найбільш спрощеним був видовий склад едафотопу Подорожне (I) – $H=1,47$. Коефіцієнт Шенона є досить низьким у всіх варіантах, окрім едафотопу III, що свідчить про процес відновлення та збагачення мікроміцетного складу ґрунтів на дослідних ділянках Новороздільського сірчаного кар'єру (табл. 2).

Табл. 2. Порівняння показників видового різноманіття та домінування мікроміцетів досліджених едафотопів

Досліджений едафотоп	Коефіцієнт Шенона (H)	Індекс Сімпсона (C)
Подорожне	2,11	0,219
Яворів	1,47	0,269
Новий Розділ	3,21	0,201

Результати аналізу особливостей формування мікологічної структури у ґрунтах з різним ступенем їх відновлення (від найпримітивніших до рекультивованих) свідчить про зростання коефіцієнта Шенона, тобто зростання видового біорізноманіття від Подорожного – найбільш деградованого типу ґрунтів до Нового Роздолу із ґрунтами, на яких була проведена біологічна рекультивация. Спостерігається зменшення індексу домінування Сімпсона, а саме зменшення домінування видів родини *Zigomycetes* із зони, де рекультивацинні та фітотеліоративні роботи не проводили до видів родин *Deuteromycetes* та *Ascomycetes*, де збільшується кількісний та видовий склад видів роду *Penicillium* на території рекультивацинної, та *Cladosporium*, *Aureobasidium*, *Trichoderma* та інших ґрунтоутворюючих видів.

Результати кореляційного аналізу біоти мікроміцетів кожного дослідного об'єкта впродовж трьох вегета-

ційних сезонів (2014-2016 рр.) засвідчили, що на територіях у межах Яворівського та Новороздільського сірчаного кар'єрів сформувалися високоорганізовані комплекси ґрунтових мікроміцетів, порівняно із Подорожененським сірчанним кар'єром, які відрізняються за структурними видами у зв'язку з різними стадіями сукцесій.

Вважається, що на територіях Новороздільського сірчаного кар'єру сформувалися більш високоорганізовані комплекси ґрунтових мікроміцетів. Дендрограми групової схожості характеризували у випадку Яворівського сірчаного кар'єру міцні кореляційні зв'язки між видами, утворюючи кластери із 3-5 видів (рис. 1). Усі вони утворилися за високого рівня схожості $r = 1,0; 0,95; 0,89$, і віднесено до замкнених структур типу "зірка-сітка" і "ліхтарик" – високоорганізовані та лінійні.

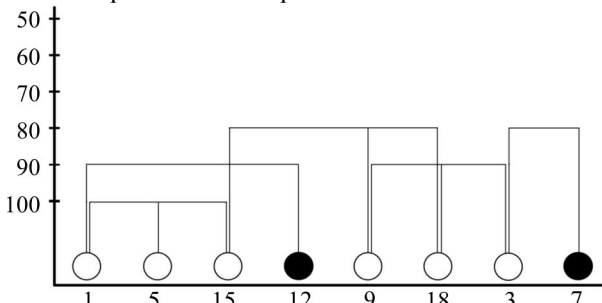


Рис. 1. Дендрограма групової схожості грибів Яворівського сірчаного кар'єру

Плеяди, котрі відрізнялись між собою за формою і ступенем складності, об'єднані однаковою реакцією відповіді видів на заданий екологічний фактор. Структурними родами для плеяд Яворівського сірчаного кар'єру серед меланінвмісних видів були види роду *Aureobasidium* та *Cladosporium*. Крім меланінвмісних, таку ж функцію виконували світлопигментовані види родів *Aspergillus*, *Fuzarium*, *Penicillium*, *Rhizopus* (рис. 2).

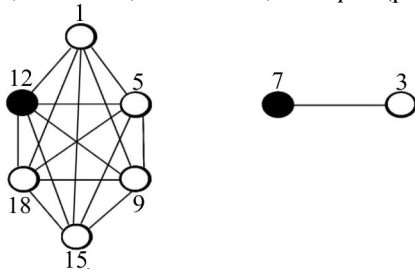


Рис. 2. Грибні комплекси, які виявлено в досліджених ґрунтах Яворівського сірчаного кар'єру: 1. *Aspergillus* species; 12. *Aureobasidium pullulans* (de Bary) G. Arnaud; 5. *Penicillium ochrochloron* Biourge, P.; 9. *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder & Hansen; 15. *Fusarium culmorum* (Wm.G. Sm.) Sacc.; 18. *Rhizopus* species; 7. *Monilia* species; 3. *Phoma glomerata* (Corda) Wollenw., & Hochapfel

На територіях Новороздільського сірчаного кар'єру на рівні $r = 1,0$ існували високоорганізовані грибні комплекси, які описувались плеядами "ліхтарик", тричленна та інші (рис. 3).

У складі таких плеяд переважали структурні види родів світлозабарвлених грибів *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fuzarium*, *Trichoderma*, *Mucor*, і меншою мірою – із меланінвмісних мікроміцетів були види родів *Aureobasidium* та *Cladosporium*.

Проведений аналіз ґрунтових зразків за сезонами показав, що найбільш стабільні грибні комплекси утво-

рилися у вивчених екотопах у сезон літо – осінь, що свідчить про активні процеси засвоєння та трансформації органічних речовин підстилки та утворення гумусового шару. Цей процес активніший та ефективніший на території Новороздільського сірчаного кар'єру.

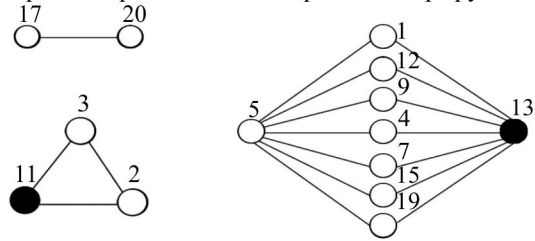


Рис. 3. Грибні комплекси, які виявлено в досліджених ґрунтах Новороздільського сірчаного кар'єру: 1. *Aspergillus ustus* Thom et Church; 5. *Penicillium lanosum* Westl; 12. *Mucor globosus* Fischer; 9. *Mucor hiemalis* Wehmer; 4. *Aspergillus fumigatus* Fresenius; 13. *Aureobasidium pullulans* (de Bary) G. Arnaud; 7. *Trichoderma koningi* Oudem; 15. *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz; 19. *Aspergillus nidulans* Wint; 11. *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries; 3. *Mucor hiemalis* Wehmer; 2. *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder & Hansen; 17. *Penicillium chrizogenum* Thom; 20. *Mortierella isabellina* Oudem.

Формування стабільних грибних комплексів на територіях після видобування сірки свідчить про структурну перебудову мікобіоти ґрунтів внаслідок заміщення видів, що переважали в регіоні, резистентними до такого роду впливів видами. Як наслідок, на територіях кар'єрів утворилися високоорганізовані комплекси мікроміцетів, в яких провідна роль належить видам родини Ascomycota.

Попередні дослідження на територіях Яворівського та Подорожененського сірчанних кар'єрів відрізнялись високим вмістом меланінвмісних видів Deuteromycetes у складі структурних родів кореляційних плеяд (Oliferchuk et al., 2013). Формування стабільних грибних комплексів з високим вмістом меланінвмісних видів грибів в екстремальних умовах існування підтверджувало значну їх резистентність до впливів забруднених важкими металами та сіркою ґрунтів.

У нашому випадку не спостерігали явище промислового меланізму, що можна пояснити позитивними процесами відновлення мікологічної структури ґрунтів, особливо на територіях Новороздільського сірчаного кар'єру. А відновлення мікофлори ґрунту, своєю чергою, сприяє відновленню рослинного покриву території і формуванню стабільного фітоценозу.

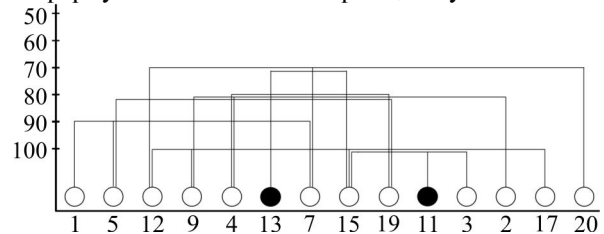


Рис. 4. Дендрограма групової схожості грибів Новороздільського сірчаного кар'єру

Аналізуючи дендрограму групової схожості, побудовану на основі кореляційного аналізу, відзначено міцний кореляційний зв'язок між мікроміцетами у ґрунті Новороздільського сірчаного кар'єру. За високого рівня значимості (порядку 90-100 %), тісними кореляційними

зв'язками об'єднано 14 видів грибів, більшість з яких належать до *Ascomycota* (рис. 4).

Висновки. На підставі проведеного дослідження можна зробити такі висновки:

- Структура мікофлори на ділянках після видобування сірки з різним ступенем деградації ґрунтів характеризується особливим видовим складом грибів, які беруть участь у відновленні ґрунтів та гуміфікації ґрунту.
- Встановлено, що наявність сформованих ценозів ґрунтових мікроорганізмів на різних секціях експерименту свідчить про важливу роль у підвищенні родючості ґрунтів.
- Найбільшу подібність видової структури грибів зафіксовано між екоотопом II та III ($S=1,92$). Найбільшу відмінність за видовим складом мікобіоти виявлено між екоотопом I та III ($S=1,11$).
- Аналіз особливостей формування мікологічної структури в ґрунтах на дослідних секціях дав змогу виявити зростання коефіцієнта Шенона і зменшення індексу Сімпсона на ділянках I-III.
- Результати кореляційного аналізу біоти мікроміцетів кожного дослідного об'єкта впродовж трьох вегетаційних сезонів (2014-2016 рр.) засвідчили, що на територіях у межах Яворівського та Новороздільського сірчаного кар'єрів сформувались високоорганізовані комплекси ґрунтових мікроміцетів, порівняно із Подороженським сірчанним кар'єром.
- Структурними родами для плеяд Яворівського сірчаного кар'єру серед меланінвмісних видів були види роду *Aureobasidium* та *Cladosporium*. Крім меланінвмісних, таку

ж функцію виконували світлопігментовані види родів *Aspergillus*, *Fuzarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*.

- Відзначено міцний кореляційний зв'язок між мікроміцетами у ґрунті Новороздільського сірчаного кар'єру. За високого рівня значимості (порядку 90-100 %), тісними кореляційними зв'язками об'єднано 14 видів грибів, більшість з яких належать до *Ascomycota*.

Перелік використаних джерел

- Blagoveshchenskaja, E. Yu. (2008). Jendofit-rastenie kak slozhnaja dinamicheskaja sistema. Sovremennaja mikologija v Rossii. II s'ezd mikologov Rossii: tezisy dokl. Mezhdunar. nauch.-tehn. konf., 16-18 apr. 2008 g. (pp. 134–139). Moscow: Nauka, 306 p. [in Russian].
- Dospheov, B. A. (1979). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovanij)*. Moscow: Kolos, 416 p. [in Russian].
- Haidin, A. M., & Zozulia, I. I. (2009). *Novi ozera Lvivshchyny*. Vyd. 2-he, [pererob. ta dop.]. Lviv: Afisha, 103 p. [in Ukrainian].
- Oliferchuk, V. P., Ruda, M. V., Nazarovec, U. R. et al. (2013). Inovacionnye metody sozdaniya fitomeliorativnyh nasazhdenij na territorijah, zagriznennyh seroj. *Innovacii i tehnologi v lesnom hozjajstve –2013.: mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 22-24 maja 2013 g.* (pp. 108–112). Sankt-Peterburg, Ch. 2, 280 p. [in Russian].
- Saban, B. A., Perit, G. T., Nezhiviy, Z. P., Malickij, V. K., & Frankevich, V. K. (1990). *Otchet. Biologicheskaja rekultivacija zemel, narushennyh pri otkrytoj dobiche sery na territorii Rozdolskogo PO "Sera"*. Dubljany, 95 p. [in Russian].
- Zhdanova, N. N., & Vasilevskaia, A. P. (1988). *Melaninsoderzhashhie griby v jekstremal'nyh uslovijah*. Kyiv: Nauk. dumka, 196 p. [in Russian].

М. Л. Копи́й, В. П. Олиферчук, Л. І. Копи́й

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЗЕМОВ СЕРНЫХ КАРЬЕРОВ ЛЬВОВЩИНЫ

Установлено, что добыча полезных ископаемых на Львовщине сопровождалась рядом негативных экологических последствий: загрязнением атмосферы сероводородом, серным газом, серной пылью; отчуждением из хозяйственного использования тысяч гектаров земель; сбросом в реки минерализованных вод; уменьшением запасов питьевой воды; активизацией кустовых процессов; оползнями вблизи населенных пунктов; подтоплением и накоплением отходов. Исследовано, что закрытие Новороздольского, Подороженского и Яворовского карьеров, где согласно принятой технологии добычи серы, плодородный шар разных типов почв был полностью распорошен и захоронен в толще отвалов и гидроотвалов, а на поверхность были вынесены четвертичные и неогеновые отложения третичного века и глины, под влиянием прохождения процессов естественного возобновления почвенного и растительного покрова здесь сформировались уникальные ландшафты со своеобразной флорой и фауной. Отмечено, что системная рекультивация породных отвалов является основой для проведения фитомелиоративных мероприятий по озеленению техногенных территорий и повышению продуктивности земель.

Для оценки активности восстановительных процессов в сформированных почвах на экспериментальных объектах в пределах анализированных серных карьеров, проведено сравнительное изучение подобности видового состава микобиоты и отмечена наибольшая разница по этому показателю между эдафотопами Подороженского и Новороздольского серных карьеров. Установлено, что на территории Яворовского и Новороздольского серных карьеров сформировались высокоорганизованные комплексы ґрунтовых микроміцетов по сравнению с Подороженский серным карьером. Отмечена тесная корреляционная связь между микроміцетами в почве Новороздольского серного карьера, где крепкими связями объединены 14 видов грибів, большинство из которых относятся к *Ascomycota*.

Ключевые слова: техногенные территории; микромицет; серные карьеры; видовой состав; высокоорганизованные комплексы ґрунтовых грибів.

М. Л. Копи́й, В. П. Олиферчук, Л. І. Копи́й

THE COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF MYCOLOGICAL STRUCTURE OF TECHNOGENIC TERRITORIES OF SULFURIC QUARRIES IN LVIV REGION

The largest technogenic territories in Western Ukraine were formed during mining of native sulfur in the Carpathian sulfur pool. Posttechnogenic landscapes have appeared on site of mining complexes. Mining was accompanied by a number of negative environmental consequences: pollution hydrogen sulfide, sulfur dioxide, sulfur dust; withdrawal from economic use of thousands of hectares of land; discharging mineral waters into rivers; depletion of drinking water; activation of karst processes; landslides near settlements; flooding, accumulation of waste. Therefore, after the close of quarry the main task was to eliminate existing negative processes in this area and restore degraded lands, by technical and biological reclamation. This scheme of dumps reclamation system is the basis for phytomeliorative activities for landscaping areas and improves soil fertility. So, our study aims at conducting a comparative analysis of the impact of gene-

rated in different parts technogenic soils of mycological complexes on reproduction of devastated land within Podorozhne, Yavoriv and Novoyavoriv sulfur quarries. Our study has revealed that soil fungal complexes actively interact with roots of higher plants, bacteria, and help speed up the process of destruction of organic matter in the surface layers of technogenic soils, contributing to strengthening the stability of plant communities to the impact of various negative factors, which creates favourable conditions for the implementation of important plant phytomeliorative functions. Furthermore, the analysis of similarity in species composition of micobiota at Sorensa-Czekanowski rate shows that the greatest similarity of species of fungi is recorded between edafotop of Yavoriv sulfur quarry (II) and Novyj Rozdil sulfur quarry (III) – $S = 1,92$. The greatest difference in species composition between micobiota is found in edafotop in Podorozhne sulfur quarry (I) and Novyj Rozdil sulfur quarry – $S = 1,11$. In this case quite different microassociations are formed. Indices of species diversity of micromycetes confirm that the most diverse species composition of micobiota is characterised by edafotop of Novyj Rozdil sulfur quarry (III) – $H = 3,12$, and the most simplified species composition was edafotop of Podorozhne sulfur quarry (I) – $N = 1,47$. Shannon ratio is quite low in all variants except edafotop III, indicating that the recovery and enrichment of micromycetes composition of soils on experimental plots of Novyj Rozdil sulfur quarry. To summarise, the results of correlation analysis of micromycetes biota in every research facility during three growing season (2014-2016) showed that in areas within Novyj Rozdil and Yavoriv sulfur quarries had formed highly organized complex of soil micromycetes compared to Podorozhne sulfur quarry that differ by structural types due to the different stages of succession. It should be also noted that in Novyj Rozdil sulfur quarry territories formed highly organized complex of soil micromycetes. Group similarity dendrogram described in the case of Yavoriv sulfur quarry showed strong correlation between species, forming clusters of 3-5 species.

Keywords: technogenic territories; micromycetes; sulfur quarry; species composition; highly organized fungi complex.

Інформація про авторів:

Копій Марія Леонідівна, аспірант, НЛТУ України, м. Львів, Україна.

Email: marykop16@ukr.net

Оліферчук Вікторія Петрівна, канд. біол. наук, доцент, НЛТУ України, м. Львів, Україна.

Email: victorijaoliferchuk@list.ru

Копій Леонід Іванович, д-р с.-г. наук, професор, НЛТУ України, м. Львів, Україна.

Email: kop.l@mail.ru