

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ФЛОРИ ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ СІРЧАНИХ КАР'ЄРІВ

В.П. Оліферчук¹, І.В. Шукель¹, О.Т. Кузярін²

¹ Національний лісотехнічний університет України (м. Львів, Україна)
e-mail: victorijaoliferchuk@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2800-2254
e-mail: shukel@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9331-1523

² Державний природознавчий музей НАН України (м. Львів, Україна)
e-mail: kuzyarin@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7728-3665

Проаналізовано особливості флористичної структури девастрованих земель Яворівського і Подорожненського сірчаних кар'єрів за еколого-ценотичною, трофічною, біоморфологічною структурами. За результатами польових досліджень (2019–2022 рр.) на території Яворівського сірчаного кар'єру ідентифіковано 187 таксонів вищих рослин, які належать до 125 родів 49 родин. На території Подорожненського сірчаного кар'єру ідентифіковано 160 видів вищих рослин, які належать до 116 родів 40 родин. Вивода структура рослинних угруповань у межах девастрованих земель сірчаних кар'єрів є доволі різноманітна, що підтверджує строкатість едафічних умов ембріоземів. На території Яворівського сірчаного кар'єру провідними родинами є Asteraceae (28 видів, 24 родів), що є типовим для голарктичних флор, Poaceae Barnhart (24 види, 18 родів і Fabaceae Lindl. (21 вид, 9 родів). На території Подорожненського сірчаного кар'єру аналогічно провідними родинами є Asteraceae (28 видів, 24 родів), Poaceae Barnhart (20 видів, 13 родів), Fabaceae Lindl. (16 видів, 8 родів). Перші шість родин об'єднують 111 видів (59,35%) на землях Яворівського сірчаного кар'єру та 88 видів (56,05%) — на землях Подорожненського сірчаного кар'єру. В екологічній структурі флори Яворівського сірчаного кар'єру за відношенням рослин до вологи домінують мезофіти 53 види (або 28,34%), до живлення — мезотрофи (62 види, або 33,16%), до освітлення — геліофіти (184 види, або 98,4%). Подібне фіксували і для Подорожненського сірчаного кар'єру — за відношенням рослин до вологи домінують мезофіти (67 видів, або 41,88%), до живлення — мезотрофи (59 видів, або 36,88%), до освітлення — геліофіти (158 видів, або 98,75%). Структура флороценокомплексів спонтанної флори на девастрованих землях сірчаних кар'єрів представлена 14 групами, серед яких найбільшу частку мали лісо-чагарниковий і лучно-степовий типи: відповідно для Яворівського сірчаного кар'єру 36,9 і 22,46%, для Подорожненського — 45,63 і 20,63%. Незначна частка сеgetальної рослинності свідчить про певну стабілізацію демуаційних процесів. За класифікацією Серебрякова у досліджуваних ценофлорах сірчаних кар'єрів переважають трав'яні рослини: Яворівського — 158 видів (84,49%), Подорожненського — 140 видів (87,5%). При цьому частка багаторічників становить 53,48 і 55% відповідно. За способом дисемінації спонтанна флора на девастрованих землях сірчаних кар'єрів переважно представлена аллохорами: відповідно до кар'єрів від 74,74 до 72,62%. На девастрованих землях сірчаних кар'єрів визначено чотири види рослин, які занесені до Червоної книги України.

Ключові слова: рослинність, екологічна структура флори, життєві форми, деградовані ландшафти, біорізноманіття.

ВСТУП

Девастровані землі притаманні багатьом країнам світу, промисловість яких зосереджена на видобутку корисних копалин і приносить значну економічну вигоду. Водночас такий вид діяльності має негативний вплив на навколишнє природне середовище, спричиняє деградацію ландшафтів,

втрату їх екологічних та естетичних функцій, становить серйозну та дуже специфічну загрозу для біорізноманіття [1–4].

Ця проблема актуальна також для України, оскільки порушення балансу між природом запасів і видобутком мінеральної сировини (перероблення якої формує понад 30% ВВП і 50% експортних надходжень) у багатьох регіонах проявило себе

як чинник територіальних екологічних небезпек і національної економічної загрози [5–7].

Серед низки важливих об'єктів гірничодобувної промисловості України, що зазнали інтенсивної експлуатації, є Передкарпатський сірконосний басейн. Упродовж 60–90-х років ХХ ст. сировинною базою для добування самородної сірки в цьому регіоні серед інших були Подорожненське і Яворівське родовища, що входили до Роздільсько́го і Яворівського державних гірничохімічних підприємств (ДГХП) «Сірка». Видобуток сірки було припинено на початку 90-х років ХХ ст., але внаслідок відкритих гірничих робіт відбулися значні антропогенні зміни ландшафтів: було фактично знищено всю рослинність, родючий шар ґрунту був захоронений на днищах відвалів чи змішаний у процесі гідромеханізації з четвертинними суглинками та супісками і складований у гідровідвалах, забруднення навколишнього середовища сполуками сірки тощо [8]. У таких умовах найбільшу небезпеку для екологічного стану ландшафтів становлять намівні техноґрунти сірчаних розробок, які є непридатними для заселення більшістю видів біоти, тому їх освоєння можливе лише після проведення особливого типу рекультивациі [9].

Території сірчаних кар'єрів – це нерівноважені, природно-технічні системи, в яких проходять активні геодинамічні, гідрохімічні, біологічні процеси. З екологічної точки зору важливо встановити закономірності процесів самовідновлення різних компонентів природного середовища, зокрема відродження флори та формування біоценозів.

Мега досліджень – проаналізувати особливості флористичної структури девастрованих земель Яворівського і Подорожненського сірчаних кар'єрів за екологоценотичною, трофічною, біоморфологічною структурами.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження екологічного стану та фітомеліорації девастрованих ландшафтів

активно проводяться багатьма вченими. Особлива увага приділяється посттехногенному періоду розвитку відвалів, агро-екологічним особливостям техногенних ґрунтосумішей, флористичної, просторової та екологічної структури рослинних угруповань і мікробіому девастрованих ландшафтів, зміною мікробіому, сукцесійним змінам рослинного покриву, структури комплексів ґрунтової мезофауни тощо.

Низку робіт присвячено екологічній деградації, зокрема втраті біорізноманіття, та фітомеліорації девастрованих ландшафтів [10; 11], проте ця тема є не достатньо вивченою, оскільки кожен такий ландшафт має специфічні характеристики й природні умови регіону, в якому знаходиться. Водночас міжнародна спільнота визначає втрату біорізноманіття внаслідок гірничодобувної діяльності як глобальний процес, що пов'язано з деградацією середовища існування, розмноженням інвазивних видів та забрудненням [2; 4; 13; 14].

Після припинення видобування корисних копалин, постає питання рекультивациі кар'єрів як частини гірничопромислових ландшафтів для їх подальшого використання. Ці території можуть стати перспективними структурними елементами екологічної мережі як відновлювальні ділянки. Вони є потенційним резервом для розширення екологічної мережі і можуть виконувати роль осередків зонального біорізноманіття [13; 15].

Природне відновлення деградованих земель і ландшафтів може відбуватися впродовж тривалого часу або не проходити загалом, оскільки новоутворений техногенний комплекс відмінний від фонових природних умов. Формування природного рослинного покриву різних екологічних груп на техногенних субстратах стає об'єктивним підтвердженням адаптації рослин, які долають обмежуючі їх чинники техногенного середовища, сформовані за впливу гірничовидобувної діяльності [13; 16].

Нині у більшості випадків відновлення девастрованих земель та рослинних угруповань на відвалах відбувається шляхом

самозаростання. Роботи з рекультивациі таких територій виконуються недостатньо. Тому відновлення екосистем, наближених до природних, на ембріоземах є дуже тривалим процесом. Дослідження самозаростання відвалів розкривних порід дає можливість об'єктивно оцінити здатність рослинного покриву на ембріоземах до самовідновлення. Використання біологічних особливостей рослин, які самовідновлюються в умовах значної трансформації умов зростання та забруднення сполуками сірки дасть змогу змінити стратегію рекультивациі відвалів, сприяючи природному самовідновленню наявної та створюваної на відвалах спонтанної рослинності.

Важливе значення має дослідження фітоценотичної структури рослинності різних типів відвалів та вплив екологічних чинників на розвиток рослинного покриву [12; 13; 16–18].

Природні рослинні угруповання є складними самовідновлювальними і стійкими у просторі та часі врівноваженими екологічними системами, які у процесі становлення проходять тривалий шлях адаптації до умов існування. Для них характерна специфічна будова, видова структура, генетичне та еколого-біологічне різноманіття, своєрідний тип внутрішньовидових та міжвидових зв'язків і обмін речовин із навколишнім середовищем.

Природне самовідновлення відіграє важливу роль у рекультивациі девастрованих сірчаними виробітками земель. Слід відмітити, що самовідновлення є важливим для всіх компонентів і ярусів фітоценозу. Лише за таких умов слід стверджувати про часткове відновлення природної системи. Повне самовідновлення до початкового стану, як до проведення розробок, не лише неможливе, але у більшості небажано як з екологічної, так і господарської доцільності. Тому без втручання людини у рекультивацию девастрованих ландшафтів важко передбачити всі аспекти процесів відновлення.

Враховуючи специфіку техногенних новостворень сірчаних родовищ, важливим є дослідження процесів формування і

подальший розвиток рослинного покриву з позиції первинної сукцесії. Так, тривалі дослідження засвідчили, що у межах відвалів сіркодобувних родовищ Передкарпаття за рахунок перебігу первинної екологічної сукцесії та пов'язаного з нею процесу формування ґрунту, відбувається поступове відновлення порушених територій, які все ще потребують детального вивчення, контролю та оптимізації [9; 19].

Результати дослідження засвідчують, що у ході природного заростання на сприятливому субстраті формуються досить зімкнуті рослинні угруповання, здатні закріплювати субстрат і виконують важливу ґрунтозахисну функцію, а також — покращення середовища [20].

Однак питання формування рослинності на території колишніх сірчаних кар'єрів наразі є недостатньо вивченим та актуальним для екосистемних досліджень і подальшого розроблення заходів із відновлення девастрованих земель.

Аналіз переважаючих рослинних асоціацій досліджених територій дасть змогу контролювати процеси заростання рослинності та запропонувати оптимальний видовий склад для пришвидшення відтворення порушених територій [20].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження видового складу та структури рослинності здійснювали у межах Яворівського та Подороженського сірчаних кар'єрів (Львівська обл.), на яких видобуток сірки було припинено у 90-х роках ХХ ст.

Екологічні умови в межах гірничовидобувних об'єктів формуються індивідуально, що пов'язано із ступенем антропогенного порушення та природних умов регіону. Після припинення експлуатації об'єкта дослідження, піонерне заселення рослин у межах кар'єру відбувалось за впливу таких чинників, як нестабільні гідрокліматичні умови (значний вплив має доступність вологи для рослин), елементний склад та структура субстрату, нерівномірний рельєф.

Таблиця 1. Характеристика девастрованих земель сірчаних кар'єрів

| Показник | Сірчані кар'єри | |
|--------------------------------|---|--|
| | Яворівський | Подорожненський |
| Географічні координати | 49°56'15.48"N 23°27'36.03"E | 49°27'19.86"N 23°44'56.75"E |
| Початок видобутку, р. | 1969 | 1974 |
| Припинення видобутку, р. | Постанови Кабінету Міністрів України від 21.06.1995 р. № 442, від 02.03.1998 р. № 258 | |
| Площа девастрованих земель, га | Кар'єр — 0,8; відведені землі — 74,0; зовнішні відвали — 0,92; хвостосховища — 0,68, підземна виплавка — 0,77; водосховища — 1,52; промислові зони — 0,39 км ² | Кар'єр — 5,7; відведені землі — 15; зовнішні відвали — 6 км ² |
| Глибина, м | 70 (120) | 25 |

Характеристику об'єктів дослідження наведено в *табл. 1*.

У дослідженнях використовували загальнонаукові методи (аналіз, синтез, спостереження), польові і камеральні дослідження. Польові дослідження проводили у період з 2019 по 2022 рр. Ідентифікацію видів здійснювали в польових та камеральних умовах за гербарними зразками, назви рослин наведено відповідно до International Plant Name Index [21]. Життєві форми виділено за класифікаціями І. Серебрякова (1964), В. Голубева (1965), ценоморфи — за В. Тарасовим [22; 23].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Систематична структура. Флора девастрованих земель Яворівського та Подорожненського сірчаних кар'єрів станом на липень 2022 р. нараховує 187 та 160 таксонів вищих рослин відповідно (*табл. 2*).

Встановлено, що на території девастрованих земель Яворівського сірчаного кар'єру найпредставленіші родини з відділів Мохоподібні (*Bryophyta*) та Дводольні (*Magnoliopsida*), на Подорожненського кар'єру — з відділів Хвощеподібні (*Equisetophyta*), Мохоподібні (*Bryophyta*) та Дводольні (*Magnoliopsida*). Така різниця

у видовому складі досліджуваних територій пояснюється строкатістю умов місцезростання на Розточчі, що характерно для кар'єрів Яворівського ДГХП «Сірка» порівняно з умовами місцезростання рослинності в регіоні провадження виробництва Подорожненського ДГХП «Сірка». В обох випадках у ієрархії таксонів провідне місце належить *Angiospermae* (*Magnoliophyta*): на Яворівському сірчаному кар'єрі — 33 родини, 90 родів та 133 види, на Подорожненському сірчаному кар'єрі — 32 родини, 93 роди та 120 видів. Найбільшим видовим різноманіттям характеризується родина *Asteraceae* і на девастрованих землях обох сірчаних кар'єрів ідентифіковано по 28 видів, які належать до 24 родів.

Друге та третє місця у флорі девастрованих земель Яворівського сірчаного кар'єру займають родини злакових (*Poaceae* Barnhart) і бобових (*Fabaceae* Lindl.) — 18 родів, 24 види та 9 родів, 21 вид відповідно. Аналогічно у флорі девастрованих земель Подорожненського сірчаного кар'єру також друге та третє місця посідають родини *Poaceae* Barnhart та *Fabaceae* Lindl. І налічують відповідно 13 родів, 20 видів та 8 родів, 16 видів. Перші шість родин об'єднують 111 видів (59,35%) на землях Яворівського сірчаного кар'єру та 88 видів

Таблиця 2. Структура таксономічних одиниць флори девастованих земель сірчаних кар'єрів

| № з/п | Відділ | Кількість родин | | Кількість родів | | Кількість видів | |
|--|-----------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| | | од. | % | од. | % | од. | % |
| Яворівський сірчаний кар'єр | | | | | | | |
| 1 | Мохоподібні | 6 | 12,24 | 7 | 5,60 | 8 | 4,28 |
| 2 | Хвощеподібні | 1 | 2,04 | 1 | 0,80 | 4 | 2,14 |
| 3 | Папоротеподібні | 1 | 2,04 | 1 | 0,80 | 1 | 0,53 |
| 4 | Хвойні | 1 | 2,04 | 1 | 0,80 | 1 | 0,53 |
| 5 | Однодольні | 7 | 14,29 | 25 | 20,00 | 40 | 21,39 |
| 6 | Дводольні | 33 | 67,35 | 90 | 72,00 | 133 | 71,12 |
| Разом | | 49 | 100 | 125 | 100 | 187 | 100 |
| Подорожненський сірчаний кар'єр | | | | | | | |
| 1 | Мохоподібні | 1 | 2,50 | 1 | 0,86 | 1 | 0,63 |
| 2 | Хвощеподібні | 1 | 2,50 | 1 | 0,86 | 2 | 1,25 |
| 3 | Однодольні | 6 | 15,00 | 21 | 18,10 | 37 | 23,13 |
| 4 | Дводольні | 32 | 80,00 | 93 | 80,17 | 120 | 75,00 |
| Разом | | 40 | 100 | 116 | 100 | 160 | 100 |

(56,05%) – на землях Подорожненського сірчаного кар'єру. Загалом, у межах девастованих земель сірчаних кар'єрів видова структура рослинних угруповань є доволі різноманітна, що підтверджує строкатість едафічних умов ембріоземів.

Еколого-ценотична оцінка флори. У ценофлорі девастованих земель сірчаних кар'єрів ростуть види, які індукують строкаті умови за зволоженістю умов місцезростання – від дуже сухих (ксерофітних) до мокрих (гідрофітних) умов. Однак найчисленнішою групою серед гідроморф є група мезофітних умов – 107 видів, або 57,22% на землях Яворівського сірчаного кар'єру та – 109 видів, або 68,13% на землях Подорожненського сірчаного кар'єру (табл. 3).

У ценофлорі девастованих земель сірчаних кар'єрів виділяються види багатьох трофічних морф. Однак за чисельністю переважають представники мезотрофної групи (105 видів, 56,15%) на землях Яворівського сірчаного кар'єру та – 104 види, або 65% на землях Подорожненського сірчаного кар'єру (табл. 4). Значну частку у ценофлорі сірчаних кар'єрів займають

рослини еутрофної групи, які представлені 56 видами, 29,95% на землях Яворівського кар'єру та 49 видами, або 30,65% на землях Подорожненського кар'єру. Види оліготрофної групи представлені 26 видами (13,9%) на землях Яворівського кар'єру та 5 видами (або 3,13%) на землях Подорожненського кар'єру.

Екологічна структура флори ембріоземів сірчаних кар'єрів підтверджує високу строкатість ґрунтового вкриття як за ступенем зволоженості, так і родючості умов місця росту.

На девастованих землях сірчаних кар'єрів чисельно переважають геліофіти та факультативні геліофіти – 184 види, або 98,4% на землях Яворівського сірчаного кар'єру та 158 видів, або 98,75% на землях Подорожненського сірчаного кар'єру. Загалом, умови формування спонтанної флори девастованих земель сірчаних кар'єрів є сприятливими для виживання світлолюбних рослин, що ростуть у різних за вологістю та родючістю умовах. Типовим представником флори ембріоземів сірчаних кар'єрів є геліофіти мезофітних та мезотрофних умов місцезростання. Се-

Таблиця 3. Гідрологічні морфи флори девастрованих земель сірчаних кар'єрів

| Гігروتип | Яворівський кар'єр | | Подороженський кар'єр | |
|---------------|--------------------|------------|-----------------------|------------|
| | од. | % | од. | % |
| Евксерофіт | 0 | 0 | 1 | 0,63 |
| Ксерофіт | 5 | 2,67 | 2 | 1,25 |
| Мезоксерофіти | 28 | 14,97 | 13 | 8,13 |
| Ксеромезофіти | 35 | 18,72 | 23 | 14,38 |
| Мезофіти | 53 | 28,34 | 67 | 41,88 |
| Гігромезофіти | 19 | 10,16 | 19 | 11,88 |
| Мезогігрофіт | 16 | 8,56 | 11 | 6,88 |
| Гігрофіти | 24 | 12,83 | 18 | 11,25 |
| Гідрогігрофіт | 1 | 0,53 | 0 | 0 |
| Гідрофіт | 6 | 3,21 | 6 | 3,75 |
| Разом | 187 | 100 | 160 | 100 |

Таблиця 4. Трофічні морфи флори девастрованих земель сірчаних кар'єрів

| Трофоморфи | Яворівський кар'єр | | Подороженський кар'єр | |
|---------------|--------------------|------------|-----------------------|------------|
| | од. | % | од. | % |
| Оліготроф | 14 | 7,49 | 3 | 1,88 |
| Мезооліготроф | 12 | 6,42 | 2 | 1,25 |
| Олігомезотроф | 23 | 12,30 | 20 | 12,50 |
| Мезотроф | 62 | 33,16 | 59 | 36,88 |
| Евмезотроф | 20 | 10,70 | 25 | 15,63 |
| Мезоевтроф | 7 | 3,74 | 5 | 3,13 |
| Евтроф | 47 | 25,13 | 43 | 26,88 |
| Мегаевтроф | 2 | 1,07 | 1 | 0,63 |
| Мегатроф | 0 | 0 | 2 | 1,25 |
| Разом | 187 | 100 | 160 | 100 |

ред них: *Betula pendula* Roth., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Campanula patula* L., *Carex hirta* L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Cruciata glabra* (L.) Ehrend., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Festuca rubra* L. s.l., *Fragaria vesca* L., *Galium boreale* L., *Hieracium umbellatum* L., *Hypericum perforatum* L., *Leontodon hispidus* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Lotus corniculatus* L., *Ononis arvensis* L., *Picris hieracioides* L., *Pilosella praealta* (Vill. ex Gochn). F. Schultz et Sch., *Poa pratensis* L., *Populus tremula* L., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Quercus robur* L., *Rumex crispus* L., *Solidago virgaurea* L., *Symphotrichum novi-belgii* (L.)

Nesom, *Taraxacum officinale* Aggr., *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L., *Veronica chamaedrys* L.

Структуру флороценокомплексів спонтанної флори на ембріоземах сірчаних кар'єрів представлено 14 групами (табл. 5), серед яких найбільшу частку займають лісо-чагарниковий і лучно-степовий типи: відповідно для Яворівського сірчаного кар'єру 36,9% і 22,46%, для Подороженського — 45,63% і 20,63%. Незначна частка бур'янів є показником певної стабілізації демутаційних процесів.

Біоморфологічна структура. В основу аналізу біоморфологічної структури по-

Таблиця 5. Флороценокомплекси девастрованих земель сірчаних кар'єрів

| Флороценотип | Яворівський кар'єр | | Подорожненський кар'єр | |
|--------------------|--------------------|------------|------------------------|------------|
| | од. | % | од. | % |
| Лісо-чагарниковий | 69 | 36,90 | 73 | 45,63 |
| Лучно-степовий | 42 | 22,46 | 33 | 20,63 |
| Лучно-болотний | 19 | 10,16 | 17 | 10,63 |
| Гігрофільний | 18 | 9,63 | 11 | 6,88 |
| Агрорудеральний | 16 | 8,56 | 11 | 6,88 |
| Лісо-лучний | 7 | 3,74 | 2 | 1,25 |
| Гідрофільний | 4 | 2,14 | 6 | 3,75 |
| Лучний | 4 | 2,14 | 3 | 1,88 |
| Чагарниковий | 2 | 1,07 | 1 | 0,63 |
| Лучно-чагарниковий | 2 | 1,07 | 2 | 1,25 |
| Псаммофільний | 1 | 0,53 | 0 | 0,00 |
| Сегетальний | 1 | 0,53 | 1 | 0,63 |
| Лісо-болотний | 1 | 0,53 | 0 | 0,00 |
| Лучно-лісовий | 1 | 0,53 | 0 | 0,00 |
| Разом | 187 | 100 | 160 | 100 |

кладено систему життєвих форм І. Серебрякова [22]. У досліджуваних ценофлорах переважають трав'яні рослини — 158 видів, або 84,49% на землях Яворівського кар'єру та 140 видів, або 87,5% на землях Подорожненського кар'єру (табл. 6). До того ж, багаторічники займають відповідно 53,48 та 55%.

Група деревних рослин є незначною і налічує 29 таксонів, або 15,51% та 20 так-

сонів, або 12,5% для Яворівського і Подорожненського кар'єру відповідно. Співвідношення трав'янистих полікарпиків до трав'яних монокарпиків становить 1:3,4 на землях Яворівського кар'єру і 1:2,8 на землях Подорожненського кар'єру. Співвідношення деревних рослин до трав'яних становить відповідно 1:5,5 і 1:7,0. Отже, для флори ембріоземів досліджуваних сірчаних кар'єрів характерним є панування

Таблиця 6. Біоморфологічна структура флори девастрованих земель сірчаних кар'єрів за І. Серебряковим

| Тип рослин | Яворівський кар'єр | | Подорожненський кар'єр | |
|----------------------------------|--------------------|------------|------------------------|------------|
| | од. | % | од. | % |
| Багаторічник | 100 | 53,48 | 88 | 55,00 |
| Трав'янистий полікарпик | 31 | 16,58 | 31 | 19,38 |
| Багато- або дворічний монокарпик | 9 | 4,81 | 11 | 6,88 |
| Однорічник, дворічник | 5 | 2,67 | 5 | 3,13 |
| Однорічник | 11 | 5,88 | 1 | 0,63 |
| Ліана | 2 | 1,07 | 4 | 2,50 |
| Кущ | 10 | 5,35 | 1 | 0,63 |
| Дерево | 17 | 9,09 | 8 | 5,00 |
| Кущ, дерево | 2 | 1,07 | 2 | 1,25 |
| Разом | 187 | 100 | 160 | 100 |

Таблиця 7. Структура флори девастованих земель сірчаних кар'єрів за способом дисемінації

| Спосіб дисемінації | Яворівський кар'єр | | Подорожненський кар'єр | |
|--------------------|--------------------|------------|------------------------|--------------|
| | од. | % | од. | % |
| Анемохорія | 83 | 34,87 | 70 | 35,35 |
| Ендозоохорія | 33 | 13,87 | 31 | 15,66 |
| Барохорія | 32 | 13,45 | 23 | 11,62 |
| Гідрохорія | 23 | 9,66 | 21 | 10,61 |
| Балістохорія | 20 | 8,40 | 13 | 6,57 |
| Зоохорія | 15 | 6,30 | 12 | 6,06 |
| Автомеханохорія | 11 | 4,62 | 8 | 4,04 |
| Епізоохорія | 7 | 2,94 | 8 | 4,04 |
| Мірмекохорія | 4 | 1,68 | 6 | 3,03 |
| Антропохорія | 4 | 1,68 | 3 | 1,52 |
| Агестохорія | 3 | 1,26 | 2 | 1,01 |
| Ергазіохорія | 3 | 1,26 | 1 | 0,51 |
| Разом | 238 | 100 | 70 | 35,35 |

трав'яної рослинності з незначною часткою деревних рослин.

За способом дисемінації спонтанна флора на ембріоземах сірчаних кар'єрів у більшості представлена аллохорами — відповідно до кар'єрів від 74,74% до 72,62% (табл. 7). Тобто у ценофлорі ембріоземів переважають рослини плоди, насіння та насінневі зачатки, які переносяться за дії різноманітних додаткових сил. Рослини, в яких насінневі зачатки поширюються за допомогою специфічних пристосувань без впливу зовнішніх агентів, становлять решту.

Для відкритих безлісних рослинних угруповань, якими є територія ембріоземів сірчаних кар'єрів, найефективнішою є анемохорія, і тому види з анемохорним пристосуванням тут повинні домінувати. Результати дослідження свідчать, що панівна роль вітру в розсіюванні зачатків та переважання анемохорії не одне і те саме. Зокрема, у значній групі рослин вітер сприяє обсіменінню, але не бере участі у поширенні зачатків. Нами встановлено частку видів з анемохорією лише 34,87% і 35,35%. Тому тут слід зважати на роль тварин у поширенні зачатків рослин. Так, зокрема не мало виділено рослин з епізоохорією (з чіпкими

плодами) та ендозоохорією (з соковитими плодами). Антропогенний чинник щодо перенесення зачатків на ембріоземах сірчаних кар'єрів є незначним. Діаспори відповідно лише чотирьох та трьох видів поширюються антропохорно.

На ембріоземах Яворівського сірчаного кар'єру визначено одну рослину, яка належить до Червоної книги України — любка дволиста (*Platanthera bifolia* (L.) Rich.). У спонтанній флорі ділянок Подорожненського сірчаного кар'єру визначено чотири види рослин, які занесені до Червоної книги України — пальчатокорінник плямистий (*Dactylorhiza maculata* (L.) Soó), коручка морозниковидна або широколиста (*Epipactis helleborine* (L.) Crantz), коручка болотна (*Epipactis palustris* (L.) Crantz) та любка дволиста (*Platanthera bifolia* (L.) Rich.).

ВИСНОВКИ

На девастованих землях колишніх кар'єрів, після майже 30-річного періоду припинення видобутку сірки, сформувалась доволі різноманітна видова структура рослинних угруповань. На території Яворівського сірчаного кар'єру визначено 187 видів вищих рослин, які належать до

125 родів 49 родин, на території Подороженського сірчаного кар'єру виявлено 160 видів вищих рослин, які належать до 116 родів 40 родин. Провідними родинами на території досліджуваних сірчаних кар'єрів є *Asteraceae* (28 види, 24 родів), що є типовим для голарктичних флор. Також домінуючими є представники родин *Poaceae* Barnhart і *Fabaceae* Lindl.

В екологічній структурі флори Яворівського і Подороженського сірчаних кар'єрів за відношенням рослин до вологості домінують мезофіти, до живлення — мезотрофи, до освітлення — геліофіти. Структура флороценокомплексів спонтанної флори на девастованих землях сірчаних кар'єрів представлена 14 групами, серед яких найбільшу частку займають лісо-ча-

гарниковий і лучно-степовий типи: відповідно для Яворівського сірчаного кар'єру 36,9% і 22,46%, для Подороженського — 45,63% і 20,63%.

За класифікацією І. Серебрякова у досліджуваних ценофлорах сірчаних кар'єрів переважають трав'яні рослини, у т.ч. багаторічники становлять 53–55%. За способом дисемінації спонтанна флора на девастованих землях сірчаних кар'єрів переважно представлена аллохорами: відповідно до кар'єрів від 74,74% до 72,62%.

На девастованих землях сірчаних кар'єрів визначено види рослин, які занесені до Червоної книги України: *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó, *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Platanthera bifolia* (L.) Rich.

ЛІТЕРАТУРА

- Ali S., Giurco D., Arndt N. et al. Mineral supply for sustainable development requires resource governance. *Nature*. 2017. Vol. 543. P. 367–372.
- Zibret G., Gosar M., Miler M. and Alijagic J. Impacts of mining and smelting activities on environment and landscape degradation. *Land Degrad Dev*. 2018. Vol. 29. P. 4457–4470.
- Luckeneder S., Giljuma S., Schaffartzik A. et al. Surge in global metal mining threatens vulnerable ecosystems. *Global Environmental Change*. 2021. Vol. 69. P. 1–14.
- Sonter L., Ali S.H. and Watson J.E.M. Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences Vols*. 2018. Vol. 285. P. 285.
- Рудько Г.І. Роль гірничодобувної промисловості в економіці світу та України. *Мінеральні ресурси України*. 2019. № 4. С. 23–29.
- Рудько Г.І., Яковлев Є.О. Постмайнінг гірничодобувних районів України як новий напрям екологічно безпечною використання мінерально-сировинних ресурсів. *Мінеральні ресурси України*. 2020. № 3. С. 37–44.
- Рудько Г.І. Ресурси геологічного середовища та екологічна безпека техноприродних геосистем: моногр. Київ: ЗАТ «Нічлава», 2006. 464 с.
- Панас Р.Н. Агроэкологические основы рекультивации земель. Львов: Изд-во при Львов. ун-те, 1989. 160 с.
- Левик В.І. До історії вивчення посттехногенного періоду розвитку відвалів Передкарпатського сірчаносного басейну. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності: тематичний щорічник*, Ін-т екології Карпат. 2006. Вип. 7. С. 171–175.
- Башуцька У.Б., Шиллінг Астрід. Планування та здійснення лісової рекультиваци порушених земель Лужицького буровугільного басейну (Східна Німеччина). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2022. Т. 32. № 3. С. 26–31.
- Копій М.Л., Гончар В.М., Копій С.Л. та ін. Фіто-меліоративна роль рослинного покриву у відтворенні девастованих земель в межах сірчаних розробок Західного Лісостепу: моногр. Рівне: НУВГП, 2019. 230 с.
- Yin X., Martineau C. and Fenton N.J. How big is the footprint? Quantifying offsite effects of mines on boreal plant communities. *Global Ecology and Conservation*. 2023. Vol. 41. P. 02372.
- Tolvanen A., Eilu P., Juutinen A. et al. Mining in the Arctic environment — A review from ecological, socioeconomic and legal perspectives. *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 233. P. 832–844.
- Murguía D.I., Bringezu S., Schaldach R. Global direct pressures on biodiversity by large-scale metal mining: spatial distribution and implications for conservation. *Journal of Environmental Management*. 2016. Vol. 180. P. 409–420.
- Мудрак О.В., Дем'янюк О.С., Магдійчук А.П. Гірничо-промислові ландшафти Правобережного Лісостепу як потенційні структурні елементи регіональної екомережі. *Екологічні науки*. 2022. № 4 (43). С. 149–153.
- Мудрак О.В., Магдійчук А.П. Екологічні особливості флористичної структури девастованих земель Правобережного Лісостепу України. *Агро-екологічний журнал*. 2022. № 1. С. 32–37.
- Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Белик Ю.В., Григорюк І.П. Апофітні та адвентивні деревні види на девастованих землях гранітних кар'єрів Криворіжжя. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11. № 1–2. С. 14–25.
- Савицька С.В., Редько Г.М., Хом'як І.В. Характеристика еколого-ценотичного профілю через Ко-

ростишівський гранітний кар'єр. *Біологічні дослідження. Збірник наукових праць*. 2020. С. 431–433.

19. Назаровещ У.Р., Оліферчук В.П., Копій Л.І., Копій М.Л. Сукцесії фітоценозів у межах Подорожненського сірчаного кар'єра. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 121–127.
20. Копій М.Л. Вплив сукцесійних процесів на відтворення порушених земель в межах Яворівського сірчаного кар'єру Львівської області. *Науковий*

вісник НЛТУ України. 2018. Т. 28 (№ 8). С. 45–50.

21. International plant name index (IPNI). URL: <https://www.ipni.org>
22. Дідух Я.П., Бурда Р.І., Єрмоленко В.М. та ін. Екофлора України / за ред. Я.П. Дідуха. Київ: Фітосоціоцентр, 2000. 284 с.
23. Тарасов В.В. Флора Дніпропетровської і Запорізької областей. Вид. 2. Дніпропетровськ: Ліра, 2012. 296 с.

REFERENCES

1. Ali, S., Giurco, D., Arndt, N. et al. (2017). Mineral supply for sustainable development requires resource governance. *Nature*, 543, 367–372 [in English].
2. Zibret, G., Gosar, M., Miler, M. & Aljagic, J. (2018). Impacts of mining and smelting activities on environment and landscape degradation. *Land Degrad Dev*, 29, 4457–4470 [in English].
3. Luckeneder, S., Giljuma, S., Schaffartzik, A. et al. (2021). Surge in global metal mining threatens vulnerable ecosystems. *Global Environmental Change*, 69, 1–14 [in English].
4. Sonter, L., Ali, S.H. & Watson, J.E.M. (2018). Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences Vols*, 285, 285 [in English].
5. Rudko, G.I. (2019). Rol hirnýchodobuvnoi promyslovosti v ekonomitsi svitu ta Ukrainy [The role of the mining industry in the economy of the world and Ukraine]. *Mineralni resursy Ukrainy — Mineral resources of Ukraine*, 4, 23–29 [in Ukrainian].
6. Rudko, G.I. & Yakovlev, E.O. (2020). Postmaininh hirnýchodobuvnykh raioniv Ukrainy yak novyi napriam ekolohichno bezpechnoho vykorystannia mineralno-syrovynnykh resursiv [Post-mining of mining regions of Ukraine as a new direction of ecologically safe use of mineral resources]. *Mineralni resursy Ukrainy — Mineral resources of Ukraine*, 3, 37–44 [in Ukrainian].
7. Rudko, G.I. (2006). *Resursy heolohichnoho seredovysshcha ta ekolohichna bezpeka tekhnopryrodnykh heo-system [Geological resources and ecological safety of technonatural geosystems]*. Kyiv: ZAT Nichlava [in Ukrainian].
8. Panas, R.N. (1989). *Agroekologicheskie osnovy rekultivatsii zemel [Agroecological bases of land reclamation]*. Lvov: Izd-vo pri Lvov. un-te [in Russian].
9. Levyk, V.I. (2006). Do istorii vyvchennia posttekhnohennoho periodu rozvytku vidvaliv Peredkarpatskoho sirkonosnoho basynu [To the history of the study of the post-technogenic period of the development of the dumps of the Precarpathian sulfur-bearing basin]. *Naukovi osnovy zberezhennta biotychnoi riznomanitnosti: tematychnyi shchorichnyk — Scientific basis of conservation of biotic diversity: thematic yearbook*, 7, 171–175 [in Ukrainian].
10. Bashutska, U.B. & Schilling, Astrid. (2022). Planuvannia ta zdiisnennia lisovoi rekultyvatsii porushenykh zemel Luzhetskoho burouhnilnoho basynu (Skhidna Nimechchyna) [Planning and implementation of forest reclamation of disturbed lands of the Lusatian lignite basin (East Germany)]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 32 (3), 26–31 [in Ukrainian].
11. Kopp, M.L., Honchar, V.M., Kopp, S.L. et al. (2019). *Fitomelioryatynna rol roslynnoho pokryvu u vidtvorenni devastovanykh zemel v mezhakh sirchanykh rozrobok Zakhidnoho Lisostepu: monohrafiia [Phytomelioryative role of plant cover in the reproduction of devastated lands within the limits of sulfur development of the Western Forest Steppe: monograph]*. Rivne: NUVHP [in Ukrainian].
12. Yin, X., Martineau, C. & Fenton, N.J. (2023). How big is the footprint? Quantifying offsite effects of mines on boreal plant communities. *Global Ecology and Conservation*, 41, 02372 [in English].
13. Tolvanen, A., Eilu, P., Juutinen, A. et al. (2019). Mining in the Arctic environment — A review from ecological, socioeconomic and legal perspectives. *Journal of Environmental Management*, 233, 832–844 [in English].
14. Murguia, D.I., Bringezu, S. & Schaldach, R. (2016). Global direct pressures on biodiversity by large-scale metal mining: spatial distribution and implications for conservation. *Journal of Environmental Management*, 180, 409–420 [in English].
15. Mudrak, O., Demyanyuk, O. & Mahdiichuk, A. (2022). Hirnycho-promyslovi landshafty Pravoberezhnoho Lisostepu yak potentsiini strukturni elementy rehionalnoi ekomezhi [Mining and industrial landscapes of the right-bank forest-steppe as potential structural elements of the regional eco-network]. *Ekolohichni nauky — Environmental sciences*, 4 (43), 149–153 [in Ukrainian].
16. Mudrak, O.V. & Magdiychuk, A.P. (2022). Ekolohichni osoblyvosti florystychnoi struktury devastovanykh zemel Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Ecological features of the floristic structure of the devastated lands of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 1, 32–37 [in Ukrainian].
17. Savosko, V.M., Lykholat, Yu.V., Bielyk, Yu.V. & Grygoryuk, I.P. (2019). Apofitni ta adventyjni derevni vydy na devastovanykh zemliakh hranitnykh kar'ieriv Kryvorizhzhia [Apophyte and adventive woody species in granite quarry devastated land at Kryvyi Rih district]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia — Biological Resources and Nature Management*, 11 (1–2), 14–25 [in Ukrainian].

18. Savytska, S.V., Redko, H.M. & Khomiak, I.V. (2020). Kharakterystyka ekoloho-tsenotychnoho profilu cherez Korostyshivskiy hranitnyi kar'ier [Characteristics of ecological-coenotic profile through Korostyshiv granite quarry]. *Biologichni doslidzhennia — Biological research*, 431–433 [in Ukrainian].
19. Nazarovets, U.R., Oliferchuk, V.P., Kopyi, L.I. & Kopyi, M.L. (2017). Suktsesii fitotsenoziv u mezhakh Podorozhnenskoho sirchanoho kar'iera [Successions of phytocenoses within the Podorozhnensky Sulfur Quarry]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 121–127 [in Ukrainian].
20. Kopyi, M.L. (2018). Vplyv suktsesiinykh protsesiv na vidtvorennia porushenykh zemel v mezhakh Yavorivskoho sirchanoho kar'ieru Lvivskoi oblasti [The influence of successional processes of reproduction of disturbed lands within Yavoriv sulphur quarry of Lviv region]. *Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 28 (8), 45–50 [in Ukrainian].
21. International plant name index (IPNI). (n.d.). URL: <https://www.ipni.org> [in English].
22. Didukh, Ya.P. (Ed.), Burda, R.I., Yermolenko, V.M. et al. (2000). *Ekoflora Ukrainy [Ecoflora of Ukraine]*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
23. Tarasov, V.V. (2012). *Flora Dnipropetrovskoi i Zaporizkoi oblasti [Flora of Dnepropetrovsk and Zaporozhye regions]*. Dnipropetrovsk: Lira [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 22.01.2023
