

СУЧАСНА ГІРНИЧОДОБУВНА ДІЯЛЬНІСТЬ І ПРОБЛЕМИ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ**В. В. Никифоров, С. В. Дігтяр, О. А. Сакун, О. А. Смотрицький**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

ORCID: 0000-0001-8917-2340; 0000-0002-6872-2865; 0000-0003-1573-4333**М. С. Мальований**

Національний університет «Львівська політехніка»

ORCID: 0000-0002-3868-1070

Екстенсивний тип розвитку національних економік призводить до деградації довкілля та скорочення біорізноманіття унаслідок незбалансованої експлуатації природних ресурсів. Не лімітована, науково не обґрунтована антропогенна діяльність викликає порушення біогеохімічного гомеорезису екосистем, який склався протягом тривалої еволюції, й зумовлює появу територій екологічного ризику (деструктивних зон), що мінімізує отримання повноцінних екосистемних послуг. Для гірничодобувної діяльності характерний інтенсивний вплив на навколишнє природне середовище, що неминує викликає його зміну. У процесі виробництва повністю або частково порушуються сформовані екосистеми на ділянках розміщення промислових об'єктів (шахт, рудників, збагачувальних комбінатів). Такі зміни призводять до відчуження сільськогосподарських угідь, відтворення та забруднення підземних і поверхневих вод, затоплення та заболочування розроблених територій, зневоднення та засолення ґрунтів, трансформації мікроклімату, акумуляції потенційно токсичних елементів на різних трофічних рівнях, гідрогеологічних і геохімічних порушень у локальних екосистемах тощо. Використання біотехнологічних методів виявлення і ліквідації подібних забруднень ґрунту зазвичай є єдиним можливим способом відновлення екологічного балансу між продукцією і деструкцією органічної речовини, що формує кліматичні екосистеми. Виключення ксенобіотиків із біогеохімічних циклів, поступове зниження ступеня їх токсичності, а також біодеградація хімічно більш складних політантів забезпечується мікробіоценозом едафотопу. Введення до складу екосистем, які постраждали від гірничодобувних технологій, додаткової кількості ефективних біологічних деструкторів, здатних використовувати широкий спектр мінеральних речовин для пластичних і енергетичних обмінних процесів, дозволить прискорити їх біодеградацію або біоконверсію. Додатковий демутаційний ефект забезпечують науково обґрунтовані методи фіторе mediaції.

Ключові слова: біорізноманіття, інвентаризація, екосистеми, синтаксони, сукцесії.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Екстенсивний тип розвитку національних економік призводить до деградації довкілля та скорочення біорізноманіття унаслідок незбалансованої експлуатації природних ресурсів. Не лімітована, науково не обґрунтована антропогенна діяльність викликає порушення біогеохімічного гомеорезису екосистем, який склався протягом тривалої еволюції, й зумовлює появу територій екологічного ризику (деструктивних зон), що мінімізує отримання повноцінних екосистемних послуг. Для гірничодобувної діяльності характерний інтенсивний вплив на навколишнє природне середовище, що неминує викликає його зміну. У процесі виробництва повністю або частково порушуються сформовані екосистеми на ділянках розміщення промислових об'єктів (шахт, рудників, збагачувальних комбінатів). Такі зміни призводять до відчуження сільськогосподарських угідь, відтворення та забруднення підземних і поверхневих вод, затоплення та заболочування розроблених територій, зневоднення та засолення ґрунтів, трансформації мікроклімату, акумуляції потенційно токсичних елементів на різних трофічних рівнях, гідрогеологічних і геохімічних порушень у локальних екосистемах тощо.

Головним фактором деградації довкілля є технологічні процеси, що формуються за незбалансованої, екологічно не обґрунтованої експлуатації різних об'єктів гірничого виробництва, тому пов'язані з:

– видобуванням мінерально-сировинних (теплоенергетичних і гідромінеральних ресурсів, кольорових і чорних металів, гірничо-хімічної сировини);

– використанням природних ресурсів (землі, води, повітря, флори, фауни);

– хімічним, біологічним і фізичним (тепловим, акустичним, радіоактивним, вібраційним, електромагнітним) забрудненням екотопів.

Масштаби вилучення твердих корисних копалин із надр залежать від технології видобутку, яка може бути як відкритою, так і підземною. Найбільш сильні порушення поверхні землі спостерігаються при вилученні з надр корисних копалин відкритим способом: під розробку родовищ відводяться великі території, які після завершення робіт виводяться з локальних екосистем. У результаті «відпрацьовані» території стають центрами ерозійних процесів, залучаючи все нові та нові земельні ділянки, змінюючи при цьому ландшафт даної місцевості, що негативно впливає на біорізноманітність. Розробка родовищ корисних копалин підземним способом вимагає істотно менших територій під гірничий відвід і не викликає настільки суттєвої трансформації екосистем та інфраструктури, як відкриті гірничі роботи. Її супроводжують значні зміни в навколишньому середовищі, пов'язані переважно з характером зрушення масивів налягаючих гірських порід.

Сучасні технології видобутку та транспортування мінеральних ресурсів, а також їх переробки, часто призводять до аварійних ситуацій, у результаті чого до природних екосистем потрапляють чужорідні для них речовини і ПТЕ (ксенобіотики), які негативно впливають на всі компоненти екосистем і в даний час вважаються одними з домінуючих забруднювачів навколишнього середовища. Особливе навантаження при цьому припадає на едафотоп, що

проявляється у порушенні природних процесів мінералізації, зміщенні балансу ґрунтових ферментів, зменшенні дихальної активності та здатності до самоочищення, а також у зниженні життєдіяльності організмів ґрунтового біоценозу.

Використання біотехнологічних методів виявлення і ліквідації подібних забруднень ґрунту зазвичай є єдиним можливим способом відновлення екологічного балансу між продукцією і деструкцією органічної речовини, що формує клімаксні екосистеми. Виключення ксенобіотиків із біогеохімічних циклів, поступове зниження ступеня їх токсичності, а також біодеградація хімічно більш складних політантів забезпечується мікробіоценозом едафотопу. Введення до складу екосистем, які постраждали від гірничодобувних технологій, додаткової кількості ефективних біологічних деструкторів, здатних використовувати широкий спектр мінеральних речовин для пластичних і енергетичних обмінних процесів, дозволить прискорити їх біодеградацію або біоконверсію. Додатковий демуаційний ефект забезпечують науково обґрунтовані методи фіторедації. Саме тому метою даної роботи є опис доцільності інвентаризації біорізноманіття як показника змін екосистемного різноманіття внаслідок гірничодобувної діяльності.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. За останніх 50 років наш світ змінили бурхливе зростання світової торгівлі, прискорене споживання, збільшення чисельності населення, а також урбанізація. Такі тенденції спричиняють руйнування та деградацію природи; сьогодні у світі відбувається надмірна експлуатація природних ресурсів. Лише декілька країн зберігають більшу частину природних територій, що залишилися. У результаті перетворення природного світу відбуваються швидше, ніж будь-коли раніше.

Глобальний Індекс живої планети 2020 засвідчує середнє зниження на 68 % у досліджених популяціях ссавців, птахів, амфібій, рептилій та риб у період з 1970 по 2016 роки. Динаміка змін у популяціях видів – це важливий показник, що вказує на загальний стан здоров'я екосистеми. Вимірювання біорізноманіття, що являє собою розмаїття всіх живих істот, є складним завданням, адже не існує єдиного показника, який може охопити всі зміни в цій мережі життя. Однак більшість показників демонструють втрати, які сталися за останні десятиліття [1].

Унаслідок господарювання в Україні, особливо в останнє століття, відбулися значні зміни в ландшафтах та середовищах існування живих організмів. Різко зменшилася площа, зайнята природними угрупованнями – до 29 %, зокрема лісами – до 14,3 % території країни, було практично знищено степ як природний біом, значних змін зазнали гідрологічні умови території у зв'язку з будівництвом рівнинних гідроелектростанцій та створенням водосховищ, осушенням боліт Полісся та обводненням степу. Спостерігається антропогенне забруднення значних територій, у тому числі важкими металами, радіонуклідами, стійкими органічними сполуками, відмічено прояви деградації та синантропізації екосистем, що загрожує втратою гено-, цено- та екофонду та

формує соціально-екологічний дискомфорт населення [2].

У той же час Україна має багату біоту, яка нараховує понад 25 тисяч видів рослин (більше п'яти тисяч судинних рослин, 15 тисяч грибів і слизовиків, однієї тисячі лишайників, майже 800 мохоподібних і близько чотирьох тисяч водоростей) і 45 тисяч видів тварин (понад 35 тисяч комах, майже 3,5 тисяч інших членистоногих, 1800 найпростіших, 1600 круглих, 1280 плоских і 440 кільчастих червів серед більш ніж 44 тисяч безхребетних, а також близько 200 риб і круглоротих, 17 земноводних, 21 плазунів, близько 400 птахів і 108 ссавців із хребетних) та характеризується певним ендемізмом та реліктовістю [3].

Біологічна різноманітність (biodiversity) – фундаментальна властивість живої природи, що відбиває безліч реалізованих під час еволюції структурно-функціональних властивостей її організації і забезпечує стійкість біосфери. Біорізноманітність (БР) багатомірна, що визначається декількома рівнями організації живої речовини і багатоплановістю використання її людиною. Прийнято розрізняти три основних рівня різноманітності: генетичний (сума генетичної інформації усіх особин мікроорганізмів, грибів, рослин і тварин), видовий (від 5 до 30 млн видів, з яких ідентифіковано близько 2 млн) й екосистемний (сума різних біотопів, біоценозів та екологічних процесів) [4].

В інтегральному вигляді поняття «біорізноманітність» визначається як кількість різних форм живої речовини, її загальний обсяг і мінливість у просторі і часі. У другій статті Конвенції про біологічне різноманіття наводиться його визначення: «різноманітність живих організмів з усіх джерел, зокрема з наземних, морських та інших водних екосистем й екологічних комплексів, частиною яких вони є; поняття включає в себе різноманітність у рамках виду, між видами і різноманіття екосистем» [5, 6]. У цій самій статті наводиться поняття «біологічні ресурси», що включає «генетичні ресурси, організми або їх частини, популяції або будь-які інші біотичні компоненти екосистем, що мають фактичну або потенційну користь чи цінність для людства».

Сучасний інтерес світової спільноти до біорізноманіття визначається [7]:

- інтенсивною експлуатацією біологічних ресурсів планети і зростаючою роллю БР у соціально-економічному розвитку суспільства;

- стурбованістю скороченням БР у результаті інтенсивної антропогенної діяльності і зростаючим споживанням природних ресурсів;

- необхідністю збереження БР на всіх рівнях – генетичному, біоценологічному, ландшафтному – як основи стабілізації функціонування екосистем і їх сталого розвитку.

Будучи головним визначальним елементом довілля БР визначає успішність розв'язання проблеми виживання людини, а отже, формує її світогляд і має велике значення для всіх форм діяльності: політичної, економічної, господарської, організаційної, наукової, законодавчої, культурної, освітньої, естетичної тощо. У кінцевому підсумку саме різномані-

тність біомів формує етноси та їх менталітет. Саме тому БР є сучасним інструментом комплексного виміру рівня стабільності навколишнього середовища і разом із здоров'ям людини – критерієм оцінювання якості стану довкілля [4].

З прагматичної точки зору БР слід розглядати в плані її впливу на лісове, мисливське, рибне, сільське господарство, медико-біологічну промисловість, рекреацію і ін. Важливість біологічних ресурсів як самовідновлюваних джерел соціально-економічного розвитку суспільства зумовлює необхідність розв'язання стратегічного завдання: інвентаризації і дослідження БР як потенціалу сталого еколого-економічного розвитку регіонів [8].

Розвиток методології інвентаризації БР починається з визначення її основного завдання. Під час інвентаризації, необхідно оцінити природно-територіальний комплекс з точки зору багатства видового складу, різноманітності рідкісних і зникаючих видів світового, національного та регіонального значення, а також різноманітності біогео(гідро)ценозів, зокрема їх біотичні й абіотичні компоненти [9, 10]. Потім необхідно створити наукову основу для оцінювання повільних змін природного комплексу і стану охоронюваних об'єктів, що потребують на особливий ретельний контроль, спеціальні прийоми управління тощо.

Маючи на увазі практичні аспекти основного завдання інвентаризації, доцільно стосовно будь-якого об'єкта розрізняти такі методи, що вимагають різнопланових дій:

- інвентаризація основної частини різноманітності;
- інвентаризація (пошук) рідкостей;
- організація одноразової роботи з інвентаризації за період 1–3 роки;
- організація безперервного процесу інвентаризації, що здійснюється під час постійного наукового освоєння території [9, 10].

Інвентаризація фіторізноманітності. БР спонтанної флори судинних рослин України налічує 5100 видів. З них понад 1500 слід віднести до раритетного флорофону, що є сукупністю природних видів з певними хорологічними або генезисними параметрами, які виділяють їх із загальної маси рослинного населення регіону або території як ті, що зникають або рідко зустрічаються. Сюди відносяться ендемічні та субендемічні, прикордонно-ареальні, диз'юнктивно-ареальні, дисперсні, реліктові та зникаючі види [11].

Однією з популярних серед сучасних фітоценотичних систем, що відповідають завданням інвентаризації різноманіття рослин і їх угруповань, є система Браун-Бланке. Це цілісна методологічна концепція систематики, що вивчає не тільки різноманітність рослинних організмів, а й взаємини між ними. До переваг системи Браун-Бланке, які зумовлюють її особливу привабливість для фітоценотичної інвентаризації, належать [12]:

- базування на флористичному принципі змушує ретельно вивчати всю флору;
- послідовна екологічність зберігається на всіх рівнях ієрархії синтаксонів;

– до єдиної системи зведені всі типи рослинності земної кулі;

– форма подання інформації компактна і зручна для зберігання та цифровізації.

Для формування бази даних національної та регіональних екологічних мереж буде потрібна вся інформація у вигляді геоботанічних описів та їх синтаксономічної інтерпретації. Природними джерелами подібних даних на Україні є деякі монографічні розробки [13, 14], а також геоботанічна наукова періодика.

Розглянуті принципи інвентаризації фіторізноманітності також пов'язані з методикою перманентної реєстрації рослин на фіксованих ділянках [15]. Даний аспект спостережень за флорою та рослинністю, що носить диференційний (а не інтегральний) характер, сформувався наприкінці XIX – початку XX століть, коли в США Клементсом були закладені постійні площі для обліку рослин, багато з яких до сих пір функціонують [16]. У зв'язку з цим, фітоценологічну інвентаризацію слід розглядати як перший етап, за яким підуть більш прецизійні дослідження на постійних площах.

Інвентаризація зоорізноманітності. Спонтанний фаунофонд України налічує понад 45 тис видів, з яких близько 44 тис безхребетних, зокрема 35 тис видів – комах. Фауна хребетних тварин представлена рибами і круглоротими (близько 200 видів і підвидів), земноводними (17 видів), плазунами (21 вид), птахами (близько 400 видів) і ссавцями (108 видів) [17].

На відміну від геоботаніки, основним об'єктом якої є рослинні угруповання, в екології тварин навіть не розроблено поняття на кшталт «асоціації», а термін «зооценоз» не може бути використаний з метою інвентаризації фауністичних комплексів. Практично можливим є лише облік комплексів хребетних тварин, які трофічно пов'язані з декількома рослинними асоціаціями (консортивний підхід). Низька щільність і мале число видів хребетних, а також їх рухливість, особливо птахів, ускладнюють виділення комплексів фауни вже на рівні регіональних біоценозів. Якщо геоботаник або флорист має справу при інвентаризації з представниками квіткових і лише зрідка враховує представників голонасінних, папоротеподібних і інших відділів рослин, зоолог має справу з декількома типами тварин у кожному біогео(гідро)ценозі.

Особливе значення в цьому зв'язку набуває інвентаризація педофауни – найбільш різноманітного у видовому відношенні компонента будь-якого біогеоценозу. У ґрунті мешкає або проходить частину свого життєвого циклу переважна більшість мешканців суші. Тут же сконцентрована і основна частина зоомаси біогеоценозів. У найбільш продуктивних з них на 1 м² зустрічається до 2 млн особин тварин різних видів із сумарною сухою масою, що помітно перевищує 100 г. Але навіть у найбідніших наземних екосистемах число ґрунтових мешканців налічує тисячі на 1 м² [18].

У свою чергу, вивчення фауни вищих гетеротрофів (хордових) має свої особливості, і проста інвентаризація вже не задовольняє дослідника. З'явля-

ються ановані, з тим або іншим ступенем повноти біологічної інформації, списки – еколого-фауністичні зведення. Їх назва показує, що у фауністичні дослідження вкладають новий сенс, відбитий, головним чином, у тих нових методиках, які тісно пов'язують результати вивчення фауни з вимогами інших біологічних наук.

Інвентаризація зоорізноманітності має кілька етапів [19]:

– попередній, під час якого встановлюється видовий склад у першому наближенні (це відноситься, головним чином, до необстежених територій або до невивчених груп тварин);

– поточний, коли накопичуються нові фактичні дані стосовно видового складу фауни;

– узагальнюючий, що передбачає підбиття підсумку досліджень за певний проміжок часу й аналіз динаміки видового складу і структури за цей час.

При проведенні якісного і кількісного фауністичного аналізу під час узагальнюючого етапу інвентаризації та моніторингу стану зооценозів, на наш погляд, на особливу увагу заслуговує виявлення уніфікованих у біометричній фауністиці параметрів: абсолютного і відносного багатства, чисельності, щільності видів, що зустрічаються (індекс Шеннона), домінування (індекс Сімпсона), спільності видового складу, видового багатства (показник видового різноманіття), ступеня приуроченості (індекс вірності) тощо [10].

Показники виміру біорізноманітності. До базових показників виміру біорізноманіття, співвіднесених з просторовими рівнями, належать:

– локальний рівень – α -різноманітність – різноманітність видів, яку зазвичай визначають числом видів тварин або рослин на одиницю площі у певній стандартній вибірці (усередині одного угруповання чи місцеперебування);

– ландшафтний рівень – β -різноманітність – це ступінь відмінності у видовому складі між різними типами угруповань чи середовища існування.

– регіональний рівень – γ -різноманітність – різноманітність видів у межах великих регіонів відповідно до диференціації умов за градієнтами широти або висоти.

В даний час запропоновано більше 40 індексів, які призначені для оцінки біорізноманіття. Відмінності між ними полягають у тому, яке значення вони надають вирівняності та видовому багатству.

Індекси видового багатства (без урахування домінування). Різні поєднання S (число виявлених видів) і N (загальне число особин усіх видів S) лежать в основі розрахунку простих показників видового різноманіття (формули 1,2):

Індекс видового багатства Маргалєфа:

$$D_{Mg} = (S-1)/\ln N . \quad (1)$$

Індекс видового багатства Менхініка:

$$D_{Mn} = S/\sqrt{N} . \quad (2)$$

Індекси біорізноманіття, які враховують вирівняність (заходи домінування). Індекс Сімпсона опи-

сує вірогідність належності будь-яких двох особин, випадково відібраних із невизначено великого угруповання, до різних видів:

$$C = \sum_{i=1}^S p_i^2 = \sum_{i=1}^S \left[\frac{n_i}{N} \right]^2, \quad (3)$$

або

$$C = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i-1)}{N(N-1)}, \quad (4)$$

де n_i – число особин i -го виду, N – загальне число особин, p_i – значимість видів ($p_i = n_i / N$).

У міру збільшення C різноманітність зменшується. Тому індекс Сімпсона часто використовують у формі $(1-C)$, його величина варіює від 0 до 1. Він дуже чутливий до присутності ув вибірці найбільш рясних видів, але слабо залежить від видового багатства. Індекс застосовують у випадках, коли число видів перевищує 10. Індекс Бергера-Паркера показує відносну значимість найбільш рясного виду:

$$d = N_{max} / N, \quad (5)$$

де N_{max} – число особин самого рясного виду.

Збільшення величини індексу Бергера-Паркера, як і індексу Сімпсона, означає зменшення різноманітності і зростання ступеня домінування одного виду. Тому звичайно використовують величину, зворотну до індекса Бергера-Паркера – $1/d$.

Індекс різноманітності Шеннона визначається ймовірністю настання ланцюга подій. Результат виражається в одиницях невизначеності, або інформації. Розрахунки цього індексу припускають, що особини потрапляють у вибірку випадково із невизначено великої генеральної сукупності, причому у вибірці представлено всі види генеральної сукупності. Невизначеність буде максимальною, коли всі події (N) матимуть однакову ймовірність настання ($p_i = n_i / N$). Вона зменшується в міру того, як частота деяких подій зростає порівняно з іншими, аж до досягнення мінімального значення (нуля), коли залишається одна подія і є впевненість у її настанні. Індекс Шеннона зазвичай варіює від 1,5 до 3,5, дуже рідко перевищуючи 4,5:

$$H = - \sum p_i \ln p_i, \quad (6)$$

де p_i – частка особин i -го виду ($p_i = n_i / N$).

Індекс вирівняності Піеліт розраховується на основі індексу Шеннона:

$$e = H' / \log S, \quad (7)$$

де H' – індекс Шеннона, S – число видів.

Аналіз β -різноманітності. Самий простий спосіб вимірювання β -різноманітності двох ділянок – розрахунок коефіцієнтів подібності, або індексів спільності з використанням списків видів порівнюваних угруповань. Існує величезна кількість індексів спільності, але частіше використовують індекси Жаккара і Серенсена:

$$K_j = N_{ab} / (N_a + N_b - N_{ab}), \quad (8)$$

$$K_s = 2N_{ab} / (N_a + N_b), \quad (9)$$

де N_{ab} – число загальних видів в угрупованнях A і B ; N_a – число видів в угрупованні A ; N_b – число видів в угрупованні B .

Ці коефіцієнти дорівнюють одиниці у разі повного співпадіння видів угруповання, або нулю, якщо вибірки не включають спільних видів.

Екологічна політика Приватного Акціонерного Товариства «Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат» серед найважливіших пріоритетів сталого розвитку компанії визначає:

- лідерство керівництва та відповідальність працівників за дотримання, удосконалення та ефективне функціонування екологічної політики та збереження стану довкілля;

- урахування екологічних аспектів при будівництві та експлуатації виробничих об'єктів, з обов'язковим забезпеченням повного життєвого циклу від закупки до утилізації;

- забезпечення прозорості та відкритості інформації для працівників підприємства і громадськості про природоохоронну діяльність комбінату та підвищення їх екологічної свідомості [20].

Відповідно до пріоритетів екологічної політики керівництво компанії має такі зобов'язання:

- особисто вдосконалювати систему екологічного управління, відповідно до міжнародних та державних стандартів, з визначенням екологічних аспектів, розробкою реєстру ризиків та заходів щодо їх зниження;

- забезпечити моніторинг стану довкілля та, враховуючи його результати, приймати керівні рішення зі зменшення впливу діяльності підприємства на стан навколишнього середовища;

- забезпечити доступність та прозорість екологічної інформації для всіх стейкхолдерів та навчання працівників комбінату і підрядних організацій в галузі екології [20].

Серед інших екологічних цілей та завдань на 2020 рік фахівці ПрАТ «Полтавський ГЗК» здійснили сертифікацію та підтвердження міжнародного стандарту «ISO 14001:2015. Система екологічного менеджменту», розробили та затвердили довготривалу стратегію з охорони навколишнього середовища, враховуючи усі види складових довкілля.

ВИСНОВКИ. Таким чином, уперше розпочато проведення комплексних досліджень трансформованих гірничим видобутком екосистем на території Полтавського гірничо-збагачувального комбінату, результати яких будуть використані для розробки заходів, спрямованих на відновлення деградованих екосистем і збалансовану експлуатацію природних ресурсів, а також на відновлення й збереження біорізноманіття на його території. На перспективу також передбачається розробка стандарту з біорізноманіття для ГЗК. Пріоритетом досліджень є використання сучасних методів фізико-хімічної біології для визначення ступеня токсичності досліджуваних компонентів екосистем (рентген-флуоресцентний аналіз, атомно-абсорбційна спектроскопія, скануюча електронна мікроскопія, біотестування і біоіндикація).

Результати вивчення едафотопів, деградованих у результаті гірничого видобутку, дозволяють створи-

ти актуальну карту ґрунтів, яка відповідає їх реальному стану. Вперше планується провести масштабні біоіндикаційні дослідження районів розробки родовищ природних корисних копалин на території Словаччини та України та провести для них порівняльний аналіз. У результаті інвентаризації екосистем і виявлення причин їх різноманітності буде створений контент збалансованого використання екосистемних послуг на території гірничого видобутку.

На підставі отриманих даних про ступінь забруднення екотопів, біодоступності ПТЕ, а також трофічні тренди і рівні їх акумуляції в біомасі продуцентів і консументів планується розробити комплекс фіторе mediaційних заходів, спрямованих на відновлення порушених ґрунтів. У подальшому буде проведена обопільна апробація ремедіантів на відвалах пустих порід досліджуваних ділянок гірничого видобутку Словаччини та України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Almond, R.E.A., Grooten, M. and Petersen, T. (Eds). WWF: Living Planet Report 2020. Bending the curve of biodiversity loss. WWF, Gland, Switzerland / URL: <https://f.hubspotusercontent20.net/hubfs/4783129/LPR/PDFs/UKRAINE%20-%20SUMMARY.pdf> (дата звернення 23.01.2021)
2. Біорізноманіття. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%82%D1%82%D1%8F> (дата звернення 23.01.2021)
3. Загороднюк І. Основи диверсикології: зміст лекцій для спеціальності «екологія». Ужгород: УжНУ, 2004. 20 с.
4. Никифоров В. В. Экологическая сеть Среднего Приднепровья: современное состояние и пути оптимизации: Монография. Днепропетровск: ДНУ, 2003. 240 с.
5. Convention on Biological Diversity. Text and Annexes. Chatelaine, Switzerland: UNEP. CBD, 1994. 34 p.
6. Desai N. The outcome of Rio. *Network '92*. 1992. № 18. P. 20–25.
7. Исаев А. С., Носова Л. М., Пузаченко Ю. Г. Биологическое разнообразие лесов (конспект проекта программы). *Екологія та ноосферологія*, 1996. Т. 2, № 3–4. С. 56–60.
8. Тимченко И. Е., Прималенный А. А., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Управление развитием территории и сохранение биоразнообразия природной среды. *Екологія та ноосферологія*, 1998. Т. 4, № 1–2. С. 99–114.
9. Пузаченко Ю. Г. Методические вопросы инвентаризации. *Проблемы инвентаризации живой и неживой природы в заповедниках*. М.: Наука, 1988. С. 5–18.
10. Пузаченко Ю. Г. Соотношение между структурой и продуктивностью в биогеоценотических системах. *Биологические системы в земледелии и лесоводстве*. М.: Наука, 1974. С. 57–71.
11. Заверуха Б. В. Биоквантированность и разнообразие раритетного флорофонда Украины. *Ботаника и микология на пути в третье тысячелетие:*

материалы Междунар. конф.. Киев, 1996. С. 141–151.

12. Коротков К. О., Миркин Б. М. Классификация Браун-Бланке и мониторинг антропогенных процессов в биосфере. *Теоретические основы заповедного дела: материалы Всесоюз. совещ.*, (Москва, 18-19 дек. 1985). М.: 1985. С. 132–134.

13. Соломаха В. А., Костильов О. В., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Синантропна рослинність України. К.: Наук. думка, 1992. 251 с.

14. Шеляг-Сосонко Ю. Р., Дидух Я. П., Дубына Д. В. [и др.] Прогноз растительности Украины. К.: Наук. думка, 1991. 272 с.

15. Удра И. Ф. Постоянные пробные площади в заповедниках – основа мониторинговых исследований динамики растительности. *Заповідна справа в Україні*. 1998. Т. 4, вип. 2. С. 3–7.

16. White J. The population structure of vegetation. *Handbook of vegetation science*. Pt. III. Dordrecht, 1985. P. 1–14.

17. Національна доповідь України про збереження біологічного різноманіття / Під ред. Я.І. Мовчана, Ю.Р. Шеляг-Сосонка. К.: Мінекобезпеки, 1997. С. 37–52.

18. Криволюцкий Д. А., Покоржевский А. Д. Инвентаризация и охрана комплексов почвенной фауны и функции заповедных территорий. *Проблемы инвентаризации живой и неживой природы в заповедниках*. М.: Наука, 1988. С. 91–96.

19. Филонов К. П. Количественные подходы к инвентаризации фауны птиц в заповедниках. *Проблемы инвентаризации живой и неживой природы в заповедниках*. М.: Наука, 1988. С. 156–173.

20. Полтавський ГЗК. URL: <https://www.ferrexpo.ua/>

MODERN MINING ACTIVITIES AND ENVIRONMENTAL PROTECTION PROBLEMS

V. Nykyforov, S. Digtar, O. Sakun, O. Smotrytskyi

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University

ORCID: 0000-0001-8917-2340; 0000-0002-6872-2865; 0000-0003-1573-4333

M. Malovanyi

Lviv Polytechnic National University

ORCID: 0000-0002-3868-1070

Purpose. Modern technologies for the extraction and transportation of mineral resources, as well as their processing, often cause emergency situations; as a result, the natural ecosystems get foreign substances and potentially toxic elements (xenobiotics), which negatively affect all the components of the ecosystems and are considered one of the dominant environmental pollutants at present. At the same time, a special load falls on the edaphotop, which manifests itself in a violation of the natural mineralization processes, a shift in the balance of soil enzymes, a decrease in respiratory activity and the ability to self-purify, as well as in a decrease in the vital activity of the soil biocenosis organisms. The use of biotechnological methods for the identification and elimination of such soil contamination is usually the only possible way to restore the ecological balance between the production and the destruction of organic matter that forms climax ecosystems. **Methodology.** The priority of the research is in using modern methods of physical and chemical biology to determine the toxicity degree of the studied ecosystems components (X-ray fluorescence analysis, atomic absorption spectroscopy, scanning electron microscopy, biotesting and bioindication). **Results.** The inventory of the ecosystems and the identification of the factors for their diversity will result in creating the content of the balanced use of ecosystem services in mining areas of Ukraine. The data obtained on the degree ecotopes pollution, bioavailability of potentially toxic elements, as well as trophic trends and levels of their accumulation in the biomass of producers and consumers will serve as a basis for developing a complex of phytoremediation measures aimed at restoring disturbed soils. Mutual testing of remediants will be carried out on waste rock dumps in the researched mining areas of Ukraine. **Originality.** For the first time, comprehensive studies of the ecosystems transformed by mining will be carried out on the territory Poltava Mining and Processing Plant, the results of which will be used to develop measures aimed at restoring degraded ecosystems and balanced exploitation of natural resources, as well as the restoration of biodiversity in the territories of the Poltava Mining and Processing Plant. The work also provides for the development of a biodiversity standard for mining enterprises. **Practical value.** The edaphotope microbiocenosis provides for excluding xenobiotics from biogeochemical cycles, gradual reducing their toxicity, as well as for the biodegradation of chemically more complex pollutants. The biodegradation or bioconversion of ecosystems affected by mining technologies can be accelerated through introducing to its structure an additional number of effective biological destructors capable of using a wide range of minerals for plastic and energy metabolism. An additional demutational effect is provided by scientifically proven phytoremediation methods. References 20.

Key words: biodiversity, inventory, ecosystems, syntaxons, successions.

REFERENCES

1. Almond, R.E.A., Grooten, M. and Petersen, T. (Eds). WWF: Living Planet Report 2020. Bending the curve of biodiversity loss. WWF, Gland, Switzerland / URL: <https://f.hubspotusercontent20.net/hubfs/4783129/LPR/PDFs/UKRAINE%20-%20SUMMARY.pdf>

2. Biodiversity. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%82%D1%82%D1%8F>

3. Zahorodnyuk, I. (2004). *Osnovy dyversykologiyi: zmist lektsiy dlya spetsial'nosti «ekolohiya»* [Fundamentals of diversicology: the content of lectures for the specialty “ecology”]. Uzhgorod, 20 p. [in Ukrainian]

4. Nykyforov, V. V. (2003). *Ekologicheskaya set' Srednego Pridneprov'ya: sovremennoye sostoyaniye i puti optimizatsii: monografiya* [Ecological network of

the Middle Dnieper: current state and ways of optimization: monograph]. Dnepropetrovsk: 240 p. [in Russian]

5. Convention on Biological Diversity. Text and Annexes. Chatelaine, Switzerland: UNEP / CBD, 1994. 34 p.

6. Desai, N. (1992). The outcome of Rio // *Network'92*. № 18. P. 20–25.

7. Isaev, A. S., Nosova, L. M., Puzachenko, Yu. G. (1996). Biologicheskoye raznoobrazziye lesov (konspekt proyekta programmy) [Forest biological diversity (outline of the draft program)]. *Ekolohiya ta noosferolohiya*. No. 2, (3–4), pp. 56–60. [in Ukrainian]

8. Timchenko, I. E., Primalenny, A. A., Shelyag-Sosonko, Yu. R. (1998). Upravleniye razvitiyem territorii i sokhraneniye bioraznoobrazziya prirodnoy sredy [Managing the development of the territory and preserving the biodiversity of the natural environment]. *Ekolohiya ta noosferolohiya*. No. 4, (1–2), pp. 99–114. [in Russian]

9. Puzachenko, Yu. G. (1988). Metodicheskiye voprosy inventarizatsii. Problemy inventarizatsii zhivoy i nezhyvoy prirody v zapovednikakh [Methodical issues of inventory. Problems of inventory of wildlife and inanimate nature in reserves]. *Nauka*, Moskva, pp. 5–18. [in Russian]

10. Puzachenko, Yu. G. (1974). Sootnosheniye mezhdru strukturoy i produktivnost'yu v biogeotsenoticheskikh sistemakh. Biologicheskkiye sistemy v zemledelii i lesovodstve [Relationship between structure and productivity in biogeocenotic systems. Biological systems in agriculture and forestry]. *Nauka*, Moskva, pp. 57–71. [in Russian]

11. Zaverukha, B. V. (1996). Biokvantirovannost' i raznoobrazziye raritetnogo florofonda Ukrainy [Bioquantization and diversity of the rare flora of the fund of Ukraine]: *materials of the International conf. "Botany and Mycology on the Way to the Third Millennium"*. Kyiv, pp. 141–151. [in Russian]

12. Korotkov, K. O., Mirkin, B. M. (1985). Klassifikatsiya Braun-Blanke i monitoring antropogennykh protsessov v biosfere [Braun-Blanquet classification and

monitoring of anthropogenic processes in the biosphere]. *Theoretical foundations of nature reserve management: materials of the All-Union. conference, (Moscow, December 18-19, 1985)*. Moskva, pp. 132–134. [in Russian]

13. Solomakha, V. A., Kostilov, O. V., Shelyag-Sosonko, Yu. R. (1991). Synantropna roslynnist' Ukrayiny [Synanthropic vegetation of Ukraine]. *Naukova dumka*, Kyiv, 251 p. [in Ukrainian]

14. Shelyag-Sosonko, Yu. R., Didukh, Ya. P., Dubyna, D. V. [and etc.] (1991). Prodromus rastitel'nosti Ukrainy [Prodromus of vegetation of Ukraine]. *Naukova dumka*, Kyiv, 272 p. [in Russian]

15. Udra, I. F. (1998). Postoyannyye probnyye ploshchadi v zapovednikakh – osnova monitoringovykh issledovaniy dinamiki rastitel'nosti [Permanent sample plots in reserves – the basis for monitoring studies of vegetation dynamics]. *Zapovidna sprava v Ukrayini*. No. 4, is. 2, pp. 3–7. [in Russian]

16. White, J. (1985). The population structure of vegetation. Handbook of vegetation science. Pt. III. Dordrecht, P. 1–14.

17. Natsional'na dopovid' Ukrayiny pro zberezhennya biolohichnoho riznomanitya [National Report of Ukraine on Biodiversity Conservation] / Ed. Ya. I. Movchana, Yu. R. Shelyag-Sosonka (1997). *Minekobezpeky*, Kyiv, pp. 37–52. [in Ukrainian]

18. Krivolutsky, D. A., Pokorzhevsky, A. D. (1988). Inventarizatsiya i okhrana kompleksov pochvennoy fauny i funktsii zapovednykh territoriy. [Inventory and protection of soil fauna complexes and functions of protected areas]. *Problemy inventarizatsii zhivoy i nezhyvoy prirody v zapovednikakh*, *Nauka*, Moskva, pp. 91–96. [in Russian]

19. Filonov, K. P. (1988). Kolichestvennyye podkhody k inventarizatsii fauny ptits v zapovednikakh. [Quantitative approaches to the inventory of bird fauna in nature reserves]. *Problemy inventarizatsii zhivoy i nezhyvoy prirody v zapovednikakh*, *Nauka*, Moskva, pp. 156–173. [in Russian]

20. Poltava GOK. URL: <https://www.ferrexpo.ua/>

Стаття надійшла 07.04.2021.