

**А.Ю. Мазур, В.В. Кучеревський, Г.Н. Шоль,
М.О. Баранець, Т.В. Сіренко, О.В. Красноштан**

Криворізький ботанічний сад НАН України, Кривий Ріг

БІОТЕХНОЛОГІЯ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗАЛІЗОРУДНИХ ВІДВАЛІВ ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ СТІЙКИХ ТРАВ'ЯНИСТИХ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ



Розроблено метод біологічної рекультивації залізорудних відвалів шляхом створення стійких багатокомпонентних трав'янистих угруповань, подібних до природних степових біогеоценотичних структур. Наведено моделі різно-травно-типчаково-ковилових угруповань для різних типів відвалів. Запропоновано біотехнологію рекультивації.

Ключові слова: біотехнологія, рекультивація, відвали, рослинні угруповання, Криворіжжя.

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ

У результаті робіт по видобутку та переробці криворізьких залізних руд, які проводяться уже понад півтора століття, на місці природних ландшафтів утворилися небезпечні техногенні об'єкти — кар'єри, відвали, терикони, шламосховища, шахтні просадки, зони зсуву, депресійні лійки тощо. Такі техногенні новоутворення рельєфу змінили геоморфологічну та гідрологічну будову регіону, що в свою чергу викликало кліматичні мікрозміни, зміни ґрунтового та рослинного покриву. Загальна площа порушених земель Криворіжжя перевищує 35 тис. га [1, 2, 3, 4]. Ці землі протягом багатьох років залишаються джерелом негативного впливу на довкілля. Одним із заходів його подолання, відновлення продуктивності земель після їх техногенного порушення та стабілізації екологічного стану є рекультивація.

Одним із пріоритетних завдань Криворізького ботанічного саду НАН України від часу

його створення і до сьогодні залишається розробка способів біологічної рекультивації різних типів порушених земель [5]. Для подолання негативного впливу шламосховищ гірничозбагачувальних комбінатів на довкілля нами була розроблена технологія комплексного диференційованого біологічного закріплення їх пилових поверхонь, яка не потребує докорінного покращення субстратів. На ділянках з достатнім зволоженням використовується *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (очерет звичайний), який завдяки своїм еколого-біологічним властивостям плідно росте на шламах без внесення добрив та інших добавок. Для закріплення сухих ділянок використовують *Leymus sabulosus* (M. Bieb.) Tzvel. (колосняк чорноморський) [6, 7, 8, 9].

Для зменшення шкідливого впливу кар'єрів на навколишнє середовище на їх терасах рекомендовано висаджувати *Robinia pseudoacacia* L. (робінію псевдоакацію), *R. viscosa* Vent. (робінію клейку), *Rhus typhina* L. (сумах пухнастий), *Armeniaca vulgaris* Lam. (абрикос звичайний), *Populus italica* (Du Roi) Moench (тополю пірамідальну) тощо [10, 11].

Для оптимізації ситуації на залізорудних відвалах та припинення їх негативного впливу на довкілля було розроблено технологію підготовки відвалів до озеленення, у якій гірничотехнічний етап рекультивациі порушених земель замінено структурним або функціональним керуванням, яке здійснюють зміненням форм рельєфу гірничою технікою, шляхом створення відповідних ділянок на відвалах ще на етапі їх відсіпки [12].

При біологічній рекультивациі відвалів пріоритет отримав лісогосподарський напрямок, який передбачає створення штучних лісових насаджень санітарно-гігієнічного значення. З цією метою використовують саджанці *Robinia pseudoacacia*, *Populus italica*, *Cerasus mahaleb* (L.) Mill (вишні магалєбської), *Hippophae rhamnoides* L. (обліпихи крушиновидної), *Elaeagnus angustifolia* L. (маслини вузьколистої), *Ulmus pumila* L. (в'язу низького), *Betula pendula* Roth (берези повислої), *Pinus sylvestris* L. (сосни звичайної), *Pinus pallasiana* D. Don (сосни кримської) тощо [13, 14, 15, 16, 17, 18].

Проте створенню на відвалах стійких багатоконпонентних трав'янистих культурфітоценозів довгий час не приділялося належної уваги [19, 20]. Отже, актуальними на сьогодні залишаються розробка та впровадження біотехнологій рекультивациі залізорудних відвалів трав'янистими рослинами. З цією метою у 2014 р. Криворізьким ботанічним садом НАН України було виконано інноваційний науково-технічний проект «Розробка та впровадження біотехнології створення стійких трав'янистих угруповань на порушених землях Криворізького залізорудного басейну».

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЛІЗОРУДНИХ ВІДВАЛІВ КРИВБАСУ

Площа під відвалами на Криворіжжі перевищує 6 тис. га, у них заскладовано близько 3 млрд. м³ гірських порід. Висота відвалів коливається від 40 до 90 м [2, 3, 4].

Розкривні породи криворізьких кар'єрів представлені переважно четвертинними від-

кладами — вюрмськими, ріссськими та міндельськими суглинками; третинними — кімерійськими, понтичними, сарматськими тощо глинами та пісками, а також комплексом кристалічних порід докембрію — залістистими джеспілітами, різноманітними сланцями. Породоутворюючими мінералами є кварц, залістисто-магнезійні й хлорит-біотитові силікати та рудні мінерали — магнетит, гематит, гетит, мартит.

За хімічним складом розкривні породи характеризуються наявністю значної кількості кремнезему (38–55 % і більше), оксиду заліза (14–53 %). Кількість фосфору незначна (0,08–0,27 %). Реакція водної витяжки (*pH*) становить 6,8–8,2. Більшість порід характеризуються низькою забезпеченістю елементами мінерального живлення у доступній для рослин формі. Лише окремі породи (напр., лесовидні суглинки, кварцитові піски, апатитоносні та ін.) мають вміст органічних речовин 0,8–8,1 %; карбонатів — 0,25 %; гумусу — 0,02 %; калію — 1,0–5,0 мг/100 г [2, 3, 4, 21].

У результаті недотримання гірничодобувними підприємствами вимог до селективної відсіпки в регіоні представлені найрізноманітніші за складом порід відвали — відсіпані лесами та лесовидними суглинками, піщаними та супіщаними ґрунтами, крейдовими та мергелистими рихлими породами, твердими сланцями, уламками залізорудних кварцитів або їх сумішами. Тож провести однозначну класифікацію відвалів за складом порід дуже важко: у межах одного й того ж відвалу виділяються ділянки з різним ґрунтовим покривом.

Характерними рисами відвалів Криворіжжя є: 1) переважання субстратів змішаного гранулометричного складу (глин, суглинків, скельних порід); 2) велика кількість відвалів із переважанням залістистих кварцитів і сланців; 3) значне збагачення субстратів оксидами заліза; 4) надзвичайна жорсткість термічного режиму і нестача вологи; 5) дуже низькі трофічні властивості.

Найбільш сприятливими для росту і розвитку рослин серед розкривних порід Кривбасу є група глинистих незасолених порід: леси, ле-

совидні суглинки, незасолені глини. Менш сприятливими є мергелісті породи, різновиди вапняку, мармури, амфіболіти. Несприятливими є сланцеві породи [2, 3, 4, 21].

ОСОБЛИВОСТІ ПРИРОДНОГО ЗАСЕЛЕННЯ РОСЛИНАМИ ЗАЛІЗОРУДНИХ ВІДВАЛІВ КРИВБАСУ

При розробці методів та способів біологічної рекультивациі відвалів велике значення мають результати їхнього природного заростання. У результаті відсіпки відвалів на їхній поверхні утворюється велика кількість едафотопів, які й визначають хід природного заростання. Відомо, що породи, які складають едафотоп, різняться за хімічними, фізико-механічними, гідрологічними тощо властивостями. Крім того, однакові за породним складом ділянки можуть помітно відрізнятися за їх стійкістю і за рельєфом (крутизною схилів, експозицією). Як уже відмічалось, загальною ознакою всіх розкривних порід є відсутність у них органічної речовини та низька забезпеченість елементами мінерального живлення в доступній для рослин формі. Тож інтенсивність природного заростання відвалів визначається типом субстрату, його фізико-механічними властивостями, рельєфом, водним і температурним режимами. На початкових етапах заростання відвалів із прилеглих територій на них заноситься насіння деревних та трав'янистих рослин, яким властиві піонерні риси — висока енергія проростання, довгий період збереження схожості, інтенсивний ріст кореневої системи, посухостійкість, висока екологічна пластичність тощо [10, 11, 14, 20, 22].

Природне заростання суглинистих та глинистих відвалів розпочинається вже в перший рік відсіпки з формування піонерної рослинності. Відмічаються поодинокі рослини: *Oberna behen* (L.) Іконн. (смілка звичайна), *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.) Cruchet (рогачка хріновидна), *Convolvulus arvensis* L. (березка польова), *Conyza canadensis* (L.) Cronq. (злиночка канадська), *Ambrosia artemisiifolia* L. (амброзія полинолиста) тощо.

На 3—5-річних відвалах рослинність має плямисто-заростевий характер з переважанням бур'янів. Кількість видів збільшується до 30. На 5—10-річних відвалах проективне покриття рослинного покриву досягає 30 %. Бур'яни поступово замінюються багаторічними кореневищними, щільно- та нещільнокущовими злаками: (*Elytrigia repens* (L.) Nevski (пирієм повзучим), *Poa angustifolia* L. (тонконогом вузьколистим), *P. compressa* L. (т. стиснутим), *Bromopsis riparia* (Rehman) Holub (стоколосом прибережним), *Festuca valesiaca* Gaudin (кострицею (типчаком) валіською), *Koeleria cristata* (L.) Pers. (*K. gracilis* Pers.) (келерією гребінчастою (к. стрункою)) тощо), дво- та багаторічними травами (*Melilotus officinalis* (L.) Pall. (буркуном лікарським), *M. albus* Medik. (б. білим), *Medicago romanica* Prodan (люцерною румунською), *Reseda lutea* L. (резедою жовтою), *Erysimum diffusum* Ehrh. (жовтушником розлогим), *Seseli campestre* Besser (жабрицею рівнинною), *Salvia tesquicola* Klokov et Pobed. (шавлією сухостеповою), *Stachys recta* L. (чистецем прямим) тощо.

На 20-річних відвалах майже повністю сформовується степова рослинність. Проективне покриття зростає до 60—80 %. Кореневищні злаки витісняються щільно- та нещільнокущовими: *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr. (ковилою Лессінга), *S. capillata* L. (к. волосистою), *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Poa angustifolia*. Помітна участь багаторічних бобових трав — *Medicago romanica*, *Lotus ucrainicus* Klokov (лядвенцю українського), *Astragalus onobrychis* L. (астрагалу еспарцетного), *Vicia angustifolia* Reichard (горошку вузьколистого), *V. cracca* L. (г. мишачого), *Securigera varia* (L.) Lassen (в'язелю барвистого) тощо.

Природне заростання залізісто-кварцитосланцевих відвалів. Заростання цього типу відвалів іде дуже повільно. Перші рослини з'являються після 5—10 років відсіпки. В основному це поодинокі рослини бур'янів: *Erucastrum armoracioides*, *Reseda lutea*, *Oberna behen*, *Melilotus albus* Medik. (буркуну білого), *Hieracium*

virosum Pall. (нечуївітру отруйного), *Chaenorhinum minus* (L.) Lange (вушкоцвіту малого), *Kochia scoparia* (L.) Schrad. (віниччя справжнього), *Conyza canadensis*, *Polygonum aviculare* L. (споришу звичайного). З часом при посиленні процесів гіпергенезу покращуються фізико-хімічні та агрохімічні властивості цих субстратів.

На 10–15-річних відвалах уже формуються умови для поселення рудеральних видів: *Artemisia absinthium* L. (полину гіркою), *Salsola tragus* L. (кураю чіплянкового), *Echium vulgare* L. (синяку звичайного), *Crepis tectorum* L. (скерди покрівельної), *Conyza canadensis*, *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub (стоколосу безостого), *Melilotus albus*.

З часом зменшується кількість одно- або малорічних рудеральних видів та збільшується кількість степових: *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Agropyron pectinatum* (M. Bieb.) Beauv. (житняка гребінчастого), *Melica transsilvanica* Schur (перлівки трансільванської), *Elytrigia repens*, *Medicago romanica*, *Crambe pontica* Steven ex Rupr. (*Crambe maritima* L.) (катрану понтіїського (к. морського)), *Gypsophila perfoliata* L. (лещиці пронизанолистої) тощо, на що вказують і інші автори [19, 21, 22].

Природне заростання вапнякових відвалів протікає також дуже повільно. На початкових стадіях на 1 м² трапляється лише декілька екземплярів рослин. У першу чергу це піонерні види: *Oberna behen*, *Artemisia absinthium*, *Melilotus albus*, *Diplotaxis muralis* (L.) DC. (дворядник муровий). З часом з'являються типові степові види: *Stipa capillata*, *S. lessingiana*, *Poa angustifolia*, *Poa compressa*, *Bromopsis inermis*, *Melica transsilvanica*, *Bothriochloa ischaetum* (L.) Keng. (бородач звичайний), *Salvia nutans* L. (шавлія поникла), *S. austriaca* Jacq. (ш. австрійська), *S. aethiopsis* L. (ш. ефіопська), *Astragalus onobrychis* L. (астрагал еспарцетний) тощо. Також тут відмічаються типові кальцефіти: *Dianthus pseudoarmeria* M. Bieb. (гвоздика несправжньоармерійовидна), *Linum czerniaevii* Klokov (льон Черняєва), *Convolvulus lineatus* L. (березка лінійнолиста), *Jurinea*

brachycephala Klokov (юринія короткоголова) [20, 22, 23].

Дослідження природного заростання залізрудних відвалів Криворіжжя показало, що всі вони придатні для розвитку рослинності, проте відрізняються, насамперед, швидкістю заростання. Найшвидше заростають відвали, відсіпані лесами і лесовидними суглинками, досить повільно — залізисто-кварцито-сланцеві, змішані з суглинками; повільно заростають вапнякові відвали та дуже повільно — скельні (залізисто-кварцито-сланцеві). Простежується досить чітка зміна стадій заростання відвалів, яка наближено нагадує поновлення степової рослинності на розораних землях. На перших етапах заростання відвалів сингенез відбувається за рудеральним типом. Переважають різні тимчасові (піонерні) угруповання рослин, у яких провідну роль відіграють: *Oberna behen*, *Conyza canadensis*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Iva xanthiifolia* Nutt. (чорноцир нетреболистий) та інші бур'яни. З часом мікроугруповання однорічних бур'янів заміщуються багаторічними травами, а згодом — довгокореневищними, нещільно- та щільнокущовими злаками. На всіх етапах природного заростання різних типів відвалів помітна роль деревних рослин [10, 11, 14, 15, 17, 22] (рис. 1, 2).

За результатами проведених досліджень встановлено, що сингенез на відвалах має низку специфічних особливостей: дискретний, уповільнений характер, неодночасність заростання, поєднання видів різних екологічних груп, спрощена структура, мозаїчність тощо і спрямованість на відновлення зональних (степових) угруповань.

МОДЕЛІ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ РІЗНОТРАВНО-КОСТРИЦЕВО-КОВИЛОВИХ УГРУПОВАНЬ

Перші досліді зі створення трав'янистих культурфітоценозів видів природної флори на залізрудних відвалах Криворіжжя були розпочаті Криворізьким ботанічним садом (на той час — Криворізький відділ оптимізації техногенних ландшафтів Донецького ботанічного



Рис. 1. Природне заростання залізісто-кварцито-сланцевого відвалу *Populus italica*



Рис. 2. Природне заростання залізісто-кварцито-сланцевого відвалу трав'янистою рослинністю

саду) ще у 1975 році. Тоді на трьох ділянках відвалу Першотравневого кар'єру, де переважали суглинки та їх суміші із залізистими кварцитами й сланцями, Т.Т. Чуприною та Т.В. Плугіною було висіяне насіння природних видів рослин [20]. У подальшому роботи були продовжені В.В. Кучеревським і А.Ю. Мазур [10, 17]. Експериментально було доведено, що для відновлення рослинного покриву на залізорудних відвалах перевагу слід надавати багаторічним щільно- та нещільнокущовим злаковим травам з родів *Stipa* L. (ковила), *Festuca* L. (костриця), *Koeleria* Pers. (келерія), *Melica* L. (перлівка) та ін. і видам степового різнотрав'я — представникам родів *Salvia* L. (шавлія), *Crambe* L. (катран), *Melilotus* L. (буркун), *Medicago* L. (люцерна), *Gypsophila* L. (гіпсолюбка) тощо.

Таким чином, за результатами проведених досліджень самозаростання різних типів відвалів та багаторічного експериментального випробування низки степових видів на відвальних субстратах були розроблені схеми різнотравно-кострицево-ковилових угруповань, змодельованих за типом природних зональних біогеоценотичних структур, для основних типів відвалів:

1. Модель різнотравно-кострицево-ковилових угруповань для рекультивації залізорудних відвалів, складених з потенційно родючих порід і ґрунтів (лесів, лесовидних суглинків, рихлих незасолених глин).

Цей тип відвалів є найбільш сприятливим для росту і розвитку рослин. На таких субстратах можна створювати конструкції (моделі) рослинних угруповань, які за своєю структурно-функціональною організацією, стійкістю та продуктивністю найбільш наближені до зональних. Це досягається за рахунок поєднання різних зонально-типових домінантних видів. Наведена модель рослинного угруповання має полідомінантну структуру: *Stipa lessingiana* + *S. ucrainica* P. Smirn. (ковила українська) + *S. pulcherrima* K. Koch (*S. grafiana* Steven) (к. найкрасивіша (к. Графа)) + *S. capillata* + *Festuca valesiaca* + *Koeleria cristata* + різ-

нотрав'я: *Melilotus albus* + *Salvia tesquicola* + *Medicago romanica* + *Crambe pontica*. За домінантів можуть виступати як окремі види ковили, так і їх суміші.

Впровадження цієї моделі дає можливість виключення проміжних стадій самовідновлення рослинності та прискореного (за 5–7 років) створення багатокomпонентних, 2–3-ярусних культурценозів із проективним покриттям 60–80 %. З 2–3-річного віку вони поповнюють запас насіння, що дозволяє значно розширити заселення рослинами нових територій.

2. Модель різнотравно-кострицево-ковилових угруповань для рекультивації залізорудних відвалів, складених з малопродатних порід та ґрунтів (суміші лесів, лесовидних суглинків, кварцитів та сланців): *Stipa lessingiana* + *S. ucrainica* + *S. capillata* + *Festuca valesiaca* + *Melica transsilvanica* + *Koeleria cristata* + різнотрав'я: *Salvia tesquicola* + *Crambe pontica* + *Medicago romanica* + *Hyssopus officinalis* L. (гісоп лікарський).

Темпи створення щільного рослинного покриву на цьому типі відвалів дещо сповільнені, порівняно з попереднім. У генеративний період злакові трави вступають пізніше, у 3–5-річному віці. 7–10-річні рослинні угруповання мають 2-ярусну розріджену структуру; їх проективне покриття не перевищує 50–60 %. Степові, подібні до природних, культурценози формуються через 10–15 років.

3. Модель різнотравно-кострицево-ковилових угруповань для рекультивації залізорудних відвалів, складених з малопродатних порід та ґрунтів (тіску кварцового, сунісків глауконітових): *Stipa borysthena* Klokov ex Prokudin (ковила дніпровська) + *Festuca valesiaca* + *Koeleria cristata* + *Leymus sabulosus* (M. Bieb.) Tzvelev (колосняк чорноморський) + різнотрав'я: *Crambe pontica* + *Gypsophila perfoliata*.

Перевага при створенні рослинного покриву на цьому типі відвалів надається *Stipa borysthena* та *Leymus sabulosus* — видам, місцезростання яких приурочені до піщаних ґрунтів. Протиерозійні функції створений рослинний



Рис. 3. Збір насіння видів *Stipa* в розсаднику Криворізького ботанічного саду

покрив повною мірою почне виконувати на 7–10-й рік. Проективне покриття не перевищує 50–60 %.

4. Модель різнотравно-кострицево-ковилових угруповань для рекультивації залізорудних відвалів, складених з малопродатних порід та ґрунтів (крейди, мергелю з глинистими мінералами): *Stipa asperella* Klokov et Ossycznjuk (ковила шорстка) + *S. ucrainica* + *S. pennata* L. (к. пірчаста) + *Festuca valesiaca* + *Bothriochloa ischaetum* + різнотрав'я: *Diploaxis tenuifolia* + *Melilotus officinalis* + *Hyssopus officinalis*.

Виконувати протиерозійні, санітарно-захисні функції створені угруповання починають з 7–10 років, а 2–3-ярусний рослинний покрив із проективним покриттям 60–70 %, подібний до зонального, формується через 12–15 років.

5. Модель різнотравно-кострицево-ковилових угруповань для рекультивації залізорудних відвалів, складених зі скельних порід (сланців, неокислених кварцитів): *Stipa graniticola* Klokov (ковила гранітна) + *S. ucrainica* + *Festuca valesiaca* + *Melica transsilvanica* + різнотрав'я: *Crambe pontica* + *Gypsophila perfoliata* + *Hyssopus officinalis*.



Рис. 4. Висівання насіння видів *Stipa* на залізистому відвалі Першотравневого кар'єру ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат»

nica + *Festuca valesiaca* + *Melica transsilvanica* + різнотрав'я: *Crambe pontica* + *Gypsophila perfoliata* + *Hyssopus officinalis*.

Відвали, відсіпані скельними породами, піддаються рекультивації найважче. На перших



Рис. 5. *Stipa ucraïnica* на рекультивованій ділянці відвалу Першотравневого кар'єру ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат»



Рис. 6. *Stipa lessingiana* на рекультивованій ділянці відвалу рудоуправління ім. Леніна

етапах сходи *Stipa* розріджені, пригнічені. Лише на 5–7-й рік рослини вступають у генеративний період і стають додатковою насінневою базою. Захисні функції створені угруповання починають виконувати з 10–12-річного віку. Стійкий рослинний покрив із проєктивним покриттям до 60 % формується через 15–18 років.

Отже, спільним для всіх моделей є наявність у їхньому складі щільнодернинних злаків – видів *Stipa*, *Festuca* або *Koeleria*. Впровадження таких моделей дозволяє виключити початкові етапи самозаростання відвалів і тим самим значно прискорити створення стійких, багатокомпонентних рослинних угруповань, подібних до природних. Зі вступом рослин до генеративного періоду вони стають джерелом насінневого матеріалу і за рахунок саморозсівання розширюють територію, зайняті рослинністю.

БІОТЕХНОЛОГІЯ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗАЛІЗОРУДНИХ ВІДВАЛІВ КРИВОРІЖЖЯ

Біотехнологія включає збір насіння рекомендованих видів рослин у природних місцезростаннях або на спеціалізованих розсадниках фітомеліоративних видів згідно зі строками дозрівання насіння: більшість видів *Stipa* – кінець травня–червень, *Stipa capillata* – кінець серпня–вересень, *Festuca valesiaca* – кінець травня–червень, *Koeleria cristata* – кінець травня–червень, *Leymus sabulosus* – червень–липень, *Bothriochloa ischaemum* – серпень, *Salvia tesquicola*, *Crambe pontica* – червень–липень, *Medicago romanica* – липень, *Hyssopus officinalis* – липень–вересень, *Gypsophila perfoliata* – вересень, *Melilotus albus* – вересень, *Diplotaxis tenuifolia* – липень (рис. 3).

Свіжозібране насіння видів *Stipa* разом із остюками згідно з моделлю висівають у травні–червні на поверхню відвалу без загортання в субстрат із нормою висіву 5–10 кг/га (рис. 4). Насіння *Stipa* завдяки своїм гігроскопічним властивостям самостійно заглиблюється в субстрат. У разі необхідності у жовтні–листопаді або у березні–квітні наступного року проводять додатковий підсів ковили з нормою

висіву 3–5 кг/га. За сприятливих погодних умов насіння *Stipa* проростає вже в рік висіву і на кінець вегетації вступає у фазу кущіння. У посушливі роки насіння масово проростає навесні наступного року і в перший рік вегетації проходить усі вікові фази віргінільного етапу біоморфогенезу.

Восени (або навесні наступного року) на тих же ділянках висівають насіння інших ксеромезофільних багаторічних щільно- та нещільнокущових злаків згідно з моделями: *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Melica transsilvanica*, *Bothriochloa ischaemum* з нормою висіву 1–3 кг/га кожного виду та насіння ксерофільних мало- або багаторічних фітомеліоративних трав'янистих видів: *Salvia tesquicola*, *Crambe pontica*, *Medicago romanica*, *Hyssopus officinalis*, *Melilotus albus* та *M. officinalis*, *Gypsophila perfoliata*, *Diplotaxis tenuifolia* тощо. Додаткових заходів по догляду за рослинами не проводиться. Від часу вступу видів ковили та інших видів у генеративний період індивідуального розвитку вони починають самостійно розселятися на прилеглі території. На третій–п'ятий рік загальне проєктивне покриття створеного рослинного покриву на різних типах субстратів досягає 30–70 %. Створений рослинний покрив за своїм основним складом наближається до рослинних угруповань зональних степів.

Поєднання технології створення рослинного покриву на різних типах залізорудних відвалів із процесом природного заростання дозволяє за короткий час досягти значного екологічного ефекту рекультивації та зменшити витрати на її проведення. Екологічна ефективність розробленої біотехнології доведена на залізорудних відвалах Першотравневого кар'єру ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» та на відвалі рудоуправління ім. Леніна (рис. 5, 6) [24, 25].

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що різноманітність розкритих порід Криворіжжя обумовлює і різні типи відвалів: відсипані лесами та лесовидними

суглинками, глинистими та твердими сланцями, піщаними та супіщаними ґрунтами, крейдовими та мергелистими рихлими породами, уламками залізорудних кварцитів або їх сумішами.

2. У результаті проведених досліджень заростання залізорудних відвалів з'ясовано, що найбільш сприятливим для розвитку рослин серед розкритих порід є група глинистих незасолених порід — лесів, лесовидних суглинків, незасолених глин. Малопридатними є мергелісті породи — вапняки, мармури; умовно непридатними — скельні породи: тверді сланці, залізісті кварцити. Найшвидше заростають відвали, відсипані лесами і лесовидними суглинками, досить повільно — залізісто-кварцито-сланцеві, змішані з суглинками; повільно заростають вапнякові відвали та дуже повільно — скельні (залізісто-кварцито-сланцеві).

3. Розроблений спосіб біологічної рекультивациі залізорудних відвалів виключає проведення гірничотехнічного етапу рекультивациі, агротехнічного та агрохімічного покращення субстратів та включає посів злакових трав, домінантів та субдомінантів степових екосистем.

4. З впровадженням розробленого способу рекультивациі скорочується час фітозакріплення відвалів у порівнянні з природним заростанням: лесовидних суглинків — на 15–20 років; залізістих кварцитів, сланців у суміші з лесовидними суглинками — на 30–40 років; вапняків — на 20–30 років.

5. Біотехнологія рекультивациі залізорудних відвалів Криворіжжя шляхом створення різноманітних травно-кострицево-ковилових угруповань, подібних до зональних біогеоценоценозів, впроваджена на відвалі Першотравневого кар'єру ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» та на відвалі рудоуправління ім. Леніна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малахов И.Н. Качество жизни: опыт экологического прочтения. — Кривой Рог: Вежа, 1999. — 160 с.
2. Малахов И.М. Техногенез у геологічному середовищі. — Кривий Ріг: Оксан-Принт, 2003. — 252 с.
3. Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська. — К.: Фенікс, 2000. — 110 с.
4. Науково-методичні рекомендації щодо поліпшення стану земель, порушених гірничими роботами (створення техногенних ландшафтних заказників, екологічних коридорів, відновлення екосистем) / А.Г. Шапар, О.О. Скрипник, П.І. Копач та ін. — Дніпропетровськ: Моноліт, 2007. — 270 с.
5. Мазур А.Ю., Кучеревський В.В. Основні напрямки наукової діяльності та етапи становлення Криворізького ботанічного саду НАН України (до 25-річчя від дня заснування) / Проблеми збереження, відновлення та збагачення біорізноманітності в умовах антропогенно-зміненого середовища. — Матеріали міжнарод. наук. конф. (м. Кривий Ріг, 16–19 травня 2005 р.). — Дніпропетровськ: Проспект, 2005. — С. 44–47.
6. А. с. №1503694 МПК А 01 В 79/00. Способ биологического закрепления поверхности хвостохранилищ / А.Е. Мазур, В.В. Кучеревский, А.Н. Доценко. Донецкий ботанический сад АН УССР; заяв. 03.03.87, опубл. Бюл. № 32.
7. Пат. на корисну модель № 117717. Україна, МПК А01В 79/00. Способ фітозакріплення поверхні хвостосховищ / А.Ю. Мазур, В.В. Кучеревський, В.М. Савосько; Криворізький ботанічний сад НАН України. — № 2005 04752; заяв. 20.05.2005; опубл. 16.01.2006, Бюл. № 1.
8. Кучеревский В.В., Мазур А.Е., Доценко А.Н. Использование колосняка черноморского для закрепления сухих пылящих участков хвостохранилищ ГОКов черной металлургии // Интродукция и акклиматизация растений. — 1993. — Вып. 18. — С. 54–58.
9. Рекомендации по биологическому закреплению пылящих поверхностей действующих хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов Кривбасса / А.Ю. Мазур, В.В. Кучеревский. — Кривой Рог, 1993. — 16 с.
10. Мазур А.Ю., Сметана М.Г. Формування рослинного покриву на схилах залізорудних кар'єрів Кривбасу // Питання біоіндикації та екології. — Запоріжжя, 1999. — Вип. 4. — С. 69–75.
11. Давыдов И.А., Добровольский И.А., Михайлов В.А. Древесно-кустарниковые породы для озеленения уступов и карьеров Кривбасса // Растения и промышленная среда. — К.: Наук. думка, 1971. — С. 145–149.
12. Пат. на корисну модель № 65959. Україна, МПК А01В 79/02. Способ керування формуванням екосистем // О.М. Сметана, С.М. Сметана. Криворізький ботанічний сад НАН України. — № 2011 03716; заяв. 20.03.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24.
13. Добровольский И.А. Эколого-биологические основы оптимизации техногенных ландшафтов степной зоны Украины путем озеленения, облесения (на примере Криворожского железорудного бассейна): авто-

- реф. дис. на соискание степени д-ра биолог. наук. — Днепропетровск, 1979. — 63 с.
14. *Жизнеспособность* древесных растений на железорудных отвалах Криворожья: [монография] / И.И. Коршиков, О.В. Красноштан; НАН Украины, Донец. ботан. сад, Криворож. ботан. сад. — Донецк, 2012. — 278 с.
 15. *Коршиков И.И., Красноштан О.В.* Особливості генетичної структури локальної популяції *Pinus sylvestris* L., яка спонтанно формується на залізородному відвалі Криворіжжя // Укр. ботан. журн. — 2010. — Т. 67, № 6. — С. 920—926.
 16. *Мазур А.Е.* Рост и развитие сосны крымской и робиинии лжеакации на железорудных отвалах Криворожья / Биологическая рекультивация нарушенных земель. — Материалы международ. совещ. (г. Екатеринбург, 26—29 августа 1996 г.). — Екатеринбург, 1997. — С. 159—169.
 17. *Мазур А.Ю., Кучеревський В.В.* Роль Криворізького ботанічного саду в озелененні та рекультивациі порушених земель Кривбасу // Науковий вісник: міські сади і парки: минуле, сучасне, майбутнє / Зб. наук.-техн. праць. — Львів: УкрДЛТУ. — 2001. — Вип. 11.5. — С. 193—199.
 18. Пат. на корисну модель № 17261. Україна, МПК А 01В 79/00. Спосіб озеленення залізородних відвалів Криворіжжя двома видами сосен / І.І. Коршиков, А.Ю. Мазур, Н.С. Терлига, О.В. Красноштан: Криворізький ботанічний сад НАН України. — № 2006 03 418; заяв. 29.03.06; опубл. 15.09.06, Бюл. № 9.
 19. *Бекаревич Н.Е., Масюк Н.Т.* Особенности формирования сложных агроценозов в техногенных ландшафтах / Биогеоценологические исследования степных лесов, их охрана и рациональное использование. — Днепропетровск, 1982. — С. 88—90.
 20. *Плугіна Т.В., Чайка В.С., Чуприна Т.Т.* Природне та штучне заростання відвалів Кривбасу // Укр. ботан. журн. — 1981. — Т. 38, № 4. — С. 76—77.
 21. *Дороненко Е.П.* Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками. — М.: Недра, 1979. — 263 с.
 22. *Рева С.В., Шанда В.І., Комісар І.О.* Заселення вищими рослинами відвалів Криворізького басейну // Укр. ботан. журн. — 1993. — Т. 50, № 3. — С. 58—65.
 23. *Ярков С.В.* Сингенетичні сукцесії рослинності кам'янистих бедлендів Криворіжжя / Наук. записки Вінницького держ. пед. ун-ту. Сер.: Географія. — Вінниця, 2009. — Вип. 17. — С. 90—96.
 24. *Біологічна* рекультивациа залізородних відвалів Криворіжжя шляхом створення ковилово-кострицево-різнотравних угруповань (методичні рекомендації) / А.Ю. Мазур, В.В. Кучеревський, Г.Н. Шоль та ін. — Кривий Ріг, 2014. — 20 с.
 25. Пат. на корисну модель № 95495. Україна, МПК А01В 79/02. Спосіб рекультивациі (озеленення) залізородних відвалів / В.В. Кучеревський, О.В. Красноштан, Г.Н. Шоль та ін. — № 2014 07654; заяв. 07.07.2014; опубл. 25.12.2014, Бюл. № 24.

REFERENCES

1. Malahov I.N. *Kachestvo zhizni: opyt ekologicheskogo prochtenija*. Krivoj Rog: Vezha, 1999 [in Russian].
2. Malahov I.M. *Tehnogenez u geologichnomu seredovysshhi*. Kryvyj Rig: Oktan-Prynt, 2003 [in Ukrainian].
3. *Dosvid kompleksnoi' ocinky ta kartografuvannja faktoriv tehnogenного vplyvu na pryrodne seredovysshhe mist Kryvogo Rogu ta Dniprodzerzhyns'ka*. Kyiv: Feniks, 2000 [in Ukrainian].
4. *Naukovo-metodychni rekomendacii' shhodo polipshennja stanu zemel', porushenyh girnychymy robotamy (stvorennja tehnogenynyh landshaftnyh zakaznykiv, ekologichnyh korydoriv, vidnovlennja ekosystem)*. A.G. Shapar, O.O. Skrypnyk, P.I. Kopach ta in. Dnipropetrovs'k: Monolit, 2007 [in Ukrainian].
5. Mazur A.Ju., Kucherevs'kyj V.V. Osnovni naprjamky naukovoї dijāl'nosti ta etapy stanovlennja Kryvoriz'kogo botanichnogo sadu NAN Ukraїny (do 25-richchja vid dnja zasnuvannja). *Problemy zberezhennja, vidnovlennja ta zbagachennja bioriznomanitnosti v umovah antropogenno-zminenogo seredovysshha*. Materialy mizhnarod. nauk. konf. (m. Kryvyj Rig, 16—19 travnja 2005). Dnipropetrovs'k: Prospekt, 2005: 44—47 [in Ukrainian].
6. A.s.N1503694MPKA01V79/00. *Sposob biologicheskogo zakreplenija poverhnosti hvostohranilishh*. A.E. Mazur, V.V. Kucherevskij, A.N. Docenko. Doneckij botanicheskij sad AN USSR [in Russian].
7. Pat. na korysnu model' N117717. Ukraїna, MPK AO1V 79/00. *Sposib fitozakriplennja poverhni hvostoshovysshh*. A.Ju. Mazur, V.V. Kucherevs'kyj, V.M. Savos'ko. Kryvoriz'kyj botanichnyj sad NAN Ukraїny. N2005 04752 [in Ukrainian].
8. Kucherevskij V.V., Mazur A.E., Docenko A.N. Ispol'zovanie kolosnjaka chernomorskogo dlja zakreplenija suhih pyljashhih uchastkov hvostohranilishh GOKov chernoj metallurgii. *Introdukcija i akklimatizacija rastenij*. 1993, Vyp. 18: 54—58 [in Russian].
9. *Rekomendacii po biologicheskomu zakrepleniju pyljashhih poverhnostej dejstvujushhih hvostohranilishh gorno-obogatitel'nyh kombinatov Krivbassa*. A.Ju. Mazur, V.V. Kucherevskij. Krivoj Rog, 1993 [in Russian].
10. Mazur A.Ju., Smetana M.G. Formuvannja roslynного pokryvu na shylah zalizorodnyh kar'jeriv Kryvbasu. *Pytannja bioindykacii' ta ekologii'*. Zaporizhzhja, 1999, Vyp. 4: 69—75 [in Ukrainian].
11. Davydov I.A., Dobrovol'skij I.A., Mihajlov V.A. *Drevesno-kustarnikovye porody dlja ozelenenija ustupov i kar'erov Krivbassa. Rastenija i promyshlennaja sreda*. Kyiv: Nauk. dumka, 1971: 145—149 [in Russian].
12. Pat. na korysnu model' N65959. Ukraїna, MPK A01V 79/02. *Sposib keruvannja formuvannjam ekosystem*.

- O.M. Smetana, S.M. Smetana. Kryvoriz'kyj botanichnyj sad NAN Ukraini'ny. N2011 03716 [in Ukrainian].
13. Dobrovol'skij I.A. *Ekologo-biologicheskie osnovy optimizacii tehnogennyh landshaftov stepnoj zony Ukrainy putem ozelenenija, oblesenija (na primere Krivorozhskogo zhelezorudnogo bassejna)*. avtoref. dis. na soiskanie stepeni d-ra biolog. nauk. Dnepropetrovsk, 1979 [in Russian].
 14. *Zhiznesposobnost' drevesnyh rastenij na zhelezorudnyh otvalah Krivorozh'ja*. I.I. Korshikov, O.V. Krasnoshtan. NAN Ukrainy, Donec. botan. sad, Krivorozh. botan. sad. Doneck, 2012 [in Russian].
 15. Korshykov I.I., Krasnoshtan O.V. Osoblyvosti genetychnoi' struktury lokal'noi' populjacii' Pinus sylvestris L., jaka spontanno formujet'sja na zalizorudnomu vidvali Kryvorizhzhja. *Ukr. botan. zhurn.* 2010, 67(6): 920–926 [in Ukrainian].
 16. Mazur A.E. *Rost i razvitie sosny krymskoj i robinii lzheakacii na zhelezorudnyh otvalah Krivorozh'ja / Biologicheskaja rekul'tivacija narushennyh zemel'*. Materialy mezhdunarod. soveshh. (Ekaterinburg, 26–29 avgusta 1996 g.). Ekaterinburg, 1997: 159–169 [in Russian].
 17. Mazur A.Ju., Kucherevs'kyj V.V. Rol' Kryvoriz'kogo botanichnogo sadu v ozelenenni ta rekul'tyvacii' porusennyh zemel' Kryvbasu. *Naukovyj visnyk: mis'ki sady i parky: mynule, suchasne, majbutnje*. Zb. nauk.-tehn. prac'. L'viv: UkrDLTU, 2001, Vyp. 11.5: 193–199 [in Ukrainian].
 18. Pat. na korysnu model' N17261. Ukrain'a, MPK A 01V 79/00. *Sposib ozelenenija zalizorudnyh vidvaliv Kryvorizhzhja dvoma vydamy sosen*. I.I. Korshykov, A.Ju. Mazur, N.S. Terlyga, O.V. Krasnoshtan: Kryvoriz'kyj botanichnyj sad NAN Ukraini'ny. N2006 03 418 [in Ukrainian].
 19. Bekarevich N.E., Masjuk N.T. Osobennosti formirovanija slozhnyh agrocenozov v tehnogennyh landshaftah. *Biogeocenologicheskie issledovanija stepnyh lesov, ih ohrana i racional'noe ispol'zovanie*. Dnepropetrovsk, 1982: 88–90 [in Russian].
 20. Plugina T.V., Chajka V.Je., Chupryna T.T. Pryrodne ta shtuchne zarostannja vidvaliv Kryvbasu. *Ukr. botan. zhurn.* 1981, 38(4): 76–77 [in Ukrainian].
 21. Doronenko E.P. *Rekul'tivacija zemel', narushennyh otkrytymy razrobotkamy*. Moskva: Nedra, 1979 [in Russian].
 22. Reva S.V., Shanda V.I., Komisar I.O. Zaseleennja vyshhy my roslynamy vidvaliv Kryvoriz'kogo basejnu. *Ukr. botan. zhurn.* 1993, 50(3): 58–65 [in Ukrainian].
 23. Jarkov S.V. Syngenetychni sukcesii' roslynnosti kam'janystyh bedlendiv Kryvorizhzhja. *Nauk. zapysky Vinnyc'kogo derzh. ped. un-tu. Ser. Geografija*. Vinnycja, 2009, Vyp. 17: 90–96 [in Ukrainian].
 24. *Biologichna rekul'tivacija zalizorudnyh vidvaliv Kryvorizhzhja shljahom stvorennja kovylovo-kostrycevo-riznotravnyh ugrupovan' (metodychni rekomendacii')*. A.Ju. Mazur, V.V. Kucherevs'kyj, G.N. Shol' ta in. Kryvyj Rig, 2014 [in Ukrainian].
 25. Pat. na korysnu model' N95495. Ukrain'a, MPK AO1V 79/02. *Sposib rekul'tyvacii' (ozelenenija) zalizorudnyh vidvaliv*. V.V. Kucherevs'kyj, O.V. Krasnoshtan, G.N. Shol' ta in. N2014 07654 [in Ukrainian].
- А.Е. Мазур, В.В. Кучеревский, Г.Н. Шоль,
Н.А. Баранец, Т.В. Сиренко, О.В. Красноштан
Криворожский ботанический сад НАН Украины,
Кривой Рог
- БИОТЕХНОЛОГИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОТВАЛОВ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ
УСТОЙЧИВЫХ ТРАВЯНИСТЫХ СООБЩЕСТВ
- Разработан метод биологической рекультивации железорудных отвалов путём создания устойчивых многокомпонентных травянистых сообществ, подобных природным степным биogeоценологическим структурам. Приведены модели разнотравно-типчаково-ковыльных сообществ для разных типов отвалов. Предложена биотехнология рекультивации.
- Ключевые слова:* биотехнология, рекультивация, отвалы, растительные сообщества, Криворожье.
- А.Ye. Mazur, V.V. Kucherevskiy, H.N. Shol',
M.O. Baranets, T.V. Sirenko, O.V. Krasnoshtan
Kryvyi Rih Botanical Garden, NAS of Ukraine, Kryvyi Rih
- BIOTECHNOLOGY OF THE IRON-ORE DUMP
RECUITIVATION BY CREATION OF STEADY
PLANTS COMMUNITIES
- Method of iron-ore dump biological recultivation by creation of steady multicomponent grassy communities similar to natural steppe biogeocentological structures was developed. The models of fescue-feather-mixed grass communities for different types of dumps are presented. The biotechnology of recultivation is suggested.
- Keywords:* biotechnology, recultivation, dumps, plant communities, Kryvyi Rih area.
- Стаття надійшла до редакції 19.02.15