



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **50523** (13) **U**
(51) **МПК (2009)**
A01G 7/00
A01B 79/02 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ДІАГНОСТУВАННЯ ПРИДАТНОСТІ ЕДАФОТОПІВ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ДЛЯ ФІТОРЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗА ЖИТТЄЗДАТНІСТЮ ПОПУЛЯЦІЙ РОСЛИН (НА ПРИКЛАДІ *Silene supina* M. BIEB.)

1

(21) u200913646

(22) 28.12.2009

(24) 10.06.2010

(46) 10.06.2010, Бюл.№ 11, 2010 р.

(72) ГЛУХОВ ОЛЕКСАНДР ЗАХАРОВИЧ, АГУРОВА ІРИНА ВОЛОДИМИРІВНА, ПРОХОРОВА СВІТЛАНА ІГОРІВНА, ХАРХОТА ГАННА ІВАНІВНА

(73) ДОНЕЦЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ САД НАН УКРАЇНИ

(57) Спосіб діагностування придатності едафотопів породних відвалів для фіторекультивациї за життєздатністю популяцій рослин, який включає обстеження едафотопів, збір рослинного матеріалу, дослідження віталітної структури ценопопуляцій, статистичну обробку даних, обчислення показника якості ценопопуляцій, побудову гістограм структурних типів ценопопуляцій та діагностування стану едафотопу, який **відрізняється** тим, що як фітоіндикатор використовують багато-

2

річну напівчагарничкову рослину - *Silene supina* M. Bieb., досліджують вікову структуру ценопопуляцій виду, будують вікові спектри, визначають їх повночленність чи неповночленність, обчислюють щільність ценопопуляцій виду шляхом підрахування кількості особин на 1 м², визначають зустрічальність шляхом реєстрації присутності/відсутності виду на 100 облікових ділянках, визначають ефективність насіннєвого поновлення рослин виду шляхом підрахування кількості насіння в коробочці, кількості коробочок на рослину, досліджують такі морфометричні показники життєвого стану рослин виду, як: надземна маса, довжина кореня, кількість пагонів та їх довжина, та за цими діагностичними ознаками визначають життєздатність популяцій *Silene supina* M. Bieb., за якою судять про стан едафотопів породного відвалу та можливість заселення його рослинами.

Корисна модель відноситься до фітоєкології, промислової ботаніки, гірничодобувної промисловості і може бути використана при рекультивациї відвалів вугільних шахт в напрямку діагностики придатності їхніх едафотопів для існування рослин та здійснення фіторекультивацийних робіт.

Невід'ємним елементом ландшафту Донбасу є високі піраміди териконів, що димлять. На території області знаходяться тисячі відвалів (відвали пустої породи вугільних шахт, так звані териконики або терикони, хвостосховища, звалища побутового сміття та ін.), які займають понад 13 % території регіону [1]. З цієї величезної території відбувається постійне забруднення атмосфери, підземних і поверхневих вод, ґрунтів.

З метою усунення негативного впливу породних відвалів на навколишнє середовище в наш час широко застосовуються методи їх рекультивациї. При цьому використовують як технічні, механічні, так і біологічні методи [2, 3]. Фіторекультивация передбачає створення стійкого рослинного покриття на трансформованих територіях, який виконує важливу роль в якості універсального природного

фільтру у доочищенні атмосфери, води й ґрунту від промислових забруднювачів.

На сьогодні одним із пріоритетних напрямків фіторекультивациї є виявлення діагностичної ролі рослинних угруповань в техногенному середовищі для визначення фітопридатності едафотопів антропогенного походження.

Нами вперше запропоновано спосіб діагностування придатності едафотопів породних відвалів для фіторекультивациї за життєздатністю популяцій рослин на прикладі *Silene supina* M. Bieb. - смілки приземкуватої.

Silene supina M. Bieb. - напівчагарничок із родини Гвоздичних (Caryophyllaceae). На Фіг. 1 зображено її зовнішній вигляд. Це багаторічна літньо-зимовозелена рослина із здерев'янілими, у основи галузистими, опушеними пагонами, 15 - 40 см висотою. Листки супротивні, трохи сукулентні, 2 - 4 см завдовжки та 2,5 - 5,0 мм завширшки, коротко-волосисті. Квітки великі, до 3 - 4 см довжиною, чашечка залозисто-волосиста, 17-29 мм завдовжки і 2,0 - 2,5 мм завширшки з яйцеподібними тупими по краю плівчастими і війчастими зубцями; пе-

(13) **U**(11) **50523**(19) **UA**

люстки глибокодвороздільні, молочно-білі, в 1,5 рази довші за чашечку. Приквітники лінійно-ланцетоподібні, трав'янисті. Плід - коробочка. Цвіте в червні - серпні, розмножується насінням. Характерною особливістю виду є розтягнутий у часі період цвітіння. Спостерігається декілька генерацій цвітіння, таким чином максимально ефективно використовується вегетаційний період. За вимогами до основних екологічних факторів вид є петрофітом, стенофитом літофітом, облігатним кальцефітом, мезоксерофітом, геліофітом [4]. Використовується як закріплювач схилів відслонень та як ценозоформуючий вид. Згадується як рідкісний і унікальний вид для флористичного комплексу петрофітону на території Східної Європи. Зростає на кам'янистих відслоненнях на скелях і вапнякових схилах. Ареал розповсюдження - Крим, Кавказ (Передкавказзя, передгір'я Головного хребта), а також локально в районах середньої полоси Росії. Причорноморський ендемік, приурочений до вапнякових, крейдових і гранітних відслонень, тобто до екотипів, для яких характерні відкриті рослинні угруповання з ослабленою конкуренцією. Добре зростає на територіях із антропогенно порушеним рослинним покривом, є експлерентом, нерідко утворює чисті зарості [5].

Поширення *Silene supina* M. Bieb. в Україні показано на Фіг. 2.

Відомий спосіб визначення придатності відвалів вугільних шахт для біологічної рекультивації із врахуванням фізико-хімічних властивостей, мінерального складу та процесів природного заростання [6]. При цьому відвали поділяють на 3 категорії: 1) цілком придатні - породи, що заростають трав'янистою або дерев'янистою рослинністю, рН 4,5 - 6,5, хлоридів та сульфатів не більше 0,01 - 0,02 %; 2) частково придатні - заростають частково та локально, рН 4,5 - 3,4, сульфат-іонів не більше 0,03 %; 3) придатні після корінної меліорації - не заростають, рН < 3,4, містять сірчану кислоту, рухливий алюміній, залізо тощо.

Відомий спосіб визначення придатності едафотопів відвалів вугільних шахт Донбасу на основі дослідження фітотоксичності породи відвалів, що включає вимірювання кислотності, показників рН та кількості легкорозчинних солей в субстраті [7].

Відомий спосіб оптимізації техногенних ландшафтів за допомогою природної рослинності [8]. Просторовий розподіл рослинних угруповань відображає потенційну фітопридатність техногенних екотипів, а флористичний і ценотичний склад рослинності залежать від типу субстрату і його стану, що дозволяє встановлювати можливі шляхи їх рекультивації. Так, присутність *Kochia prostrata* (L.) Schrad. (віниччя розлоге), *Gypsophila paulii* Klokov (ліщиця Павла), *Salicornia europaea* L. (солонець європейський) може свідчити про засолення ґрунтів. Проте в цій роботі немає конкретних ознак, за якими можна діагностувати придатність едафотопів для рекультивації.

Відомий спосіб попереднього оцінювання стану природної рослинності різних типів відвалів, що підкріплюється агрохімічними аналізами ґрунтів, який дозволяє за видовим складом рослин та ступенем покриття поверхні рослинами виділяти ді-

лянки з розвинутою рослинністю як сприятливі та такі, що не потребують особливих затрат при рекультивації, і, навпаки, при відсутності рослинності, як несприятливі, на окультурювання яких потребується велика кількість заходів та витрат [9].

Відомий спосіб ботанічного оцінювання техногенних територій, який запропонований на основі інтегрального оцінювання біоекологічного адаптаційного потенціалу видів, життєвої стратегії та віталітету популяцій рослин в специфічних умовах промислового середовища [10]. В цьому способі індикаційне і діагностичне значення мають рослинно-концентратори і тератологічні зміни у деяких видів рослин.

Відомий спосіб використання смілки приземкуватої в якості фітомеліоранта для рекультивації техногенних територій південного сходу України [11], але в цьому способі не наголошується на діагностико-індикаційному значенні виду.

Є наукова робота про формування популяцій *Silene supina* M. Bieb. на едафотопі відвалу вугільної шахти, але у цій роботі не розглядається проблема діагностування едафотопу, не береться до уваги насіннева продуктивність, морфометричні параметри та ін., які можуть висвітлити адаптаційні можливості виду та за допомогою яких можливе діагностування стану едафотопів [12].

Найбільш близьким за технічною сутністю і досягненням результату є спосіб ценопопуляційної діагностики екоотопу. В даному випадку пропонується новий критерій для фітоіндикації стану екоотопу, який заснований на аналізі структурних типів ценопопуляцій рослин, і формалізований алгоритм для їх оцінювання [13]. Цей спосіб автор розповсюджує на агроценози та не враховує такі особливості техногенних екоотопів, як, наприклад, специфічність субстрату відвалів вугільних шахт, сильне нагрівання поверхні внаслідок припіднятої над рельєфом та наявності легкозаймистих речовин тощо. Ця методика є дуже трудомісткою, адже включає багато етапів, в тому числі збір рослинного матеріалу, дослідження віталітетної структури ценопопуляцій, статистичну обробку даних, обчислення показника якості ценопопуляцій, побудову гістограм структурних типів ценопопуляцій та діагностування стану. Недоліками цього методу є тривалість та незручність визначення індикаторної морфологічної ознаки, невідповідність обраних об'єктів дослідження для породних відвалів.

В основу даної корисної моделі поставлене завдання розробки легкого та ефективного способу діагностування придатності едафотопів породних відвалів для фіторекультивації шляхом вивчення ценопопуляційних та біоморфологічних характеристик *Silene supina* M. Bieb. - виду, який здатний зростати в природі на поверхнях, подібних до субстратів відвалів вугільних шахт.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що у способі діагностування придатності едафотопів за життєздатністю популяцій рослин (на прикладі *Silene supina* M. Bieb.), який включає обстеження едафотопів, збір рослинного матеріалу, дослідження віталітетної структури ценопопуляцій, статистичну обробку даних, обчислення показника якості ценопопуляцій, побудову гісто-

рами структурних типів ценопопуляцій та діагностування стану едафотопу, відповідно до корисної моделі, в якості фітоіндикатора використовують багаторічну напівчагарничкову рослину - *Silene supina* M. Bieb., досліджують вікову структуру ценопопуляцій виду, будують вікові спектри, визначають їх повночленність чи неповночленність, обчислюють щільність ценопопуляцій виду шляхом підрахування кількості особин на 1 м, визначають зустрічальність шляхом реєстрації присутності / відсутності виду на 100 облікових ділянках, визначають ефективність насіннєвого поновлення рослин виду шляхом підрахування кількості насіння в коробочці, кількості коробочок на рослину, досліджують такі морфометричні показники життєвого стану рослин виду, як: надземна маса, довжина кореня, кількість пагонів та їх довжина, та за цими діагностичними ознаками визначають життєздатність популяцій *Silene supina* M. Bieb., за якою судять про стан едафотопів породного відвалу та можливість заселення його рослинами.

Перелічені ознаки складають сутність корисної моделі.

Причинно-наслідковий зв'язок істотних ознак корисної моделі з результатом пояснюється наступним. Завдяки тому, що спосіб діагностування едафотопів за життєздатністю популяцій (на прикладі *Silene supina* M. Bieb.) включає дослідження віталітетної та вікової структур ценопопуляцій *Silene supina* M. Bieb., обчислення щільності ценопопуляцій, визначення зустрічальності виду, визначення насіннєвого поновлення рослин виду, а також показники їх життєвого стану, на цій основі досягається можливість діагностування стану едафотопів.

Розробку способу визначення придатності едафотопів породних відвалів для фіторекультивациї проводили на основі вивчення діагностичних ознак ценопопуляцій *Silene supina* M. Bieb., які наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Діагностичний елемент ценопопуляції	Ознаки
Вікова структура	Наявність генеративної частини, підросту
Загальне проективне покриття	Зустрічальність смілки по території відвалу
Насіннєва продуктивність	Кількість коробочок на рослину, кількість насіння в коробочці, довжина та ширина коробочки, маса 1000 насінин, енергія проростання та схожість насіння
Показники життєвого стану (пригніченості)	Надземна маса, довжина кореня, кількість пагонів та їх довжина
Конкуренція з боку інших видів	Чи є вид домінантом у фітоценозі
Близькість до місць природної рослинності	Чи є поблизу відвалу осередки природної рослинності
Чисельність	Чи є вона мінімальною, як змінюється за сезонами

Обрані нами ознаки відображають стан рослини на популяційному рівні, окрім цього вони дозволяють за рахунок оцінювання спроможності до насіннєвого розмноження та розвитку самих рослин встановлювати етап адаптації до конкретних умов.

Обстеження едафотопів породного відвалу з метою діагностування його стану пропонуємо здійснювати у травні (червні) та вересні (під час плодоношення смілки приземкуватої). Обстеження слід проводити попередньо заклавши облікові ділянки розміром 1 м² на різних експозиціях відвалу у місцях зустрічальності *Silene supina* M. Bieb. Після того, як едафотопи буде оцінено за вищенаведеними ознаками, можна робити висновок про його придатність для здійснення фіторекультивацийних робіт. Відсутність у віковій структурі ценопопуляції генеративної частини разом з низькою насіннєвою продуктивністю (обмеженою кількістю насіння, коробочок), низька чисельність, наявність висококонкурентних видів у складі фітоценозу становлять загрозу для існування популяцій *Silene supina* M. Bieb. і можуть бути оцінені як неможливі (критичні) умови для існування популяцій. Навпаки, наявність у віковій структурі підросту, генеративної частини, достатня щільність, висока насіннєва продуктивність є передумовами для оцінювання

едафотопів породного відвалу як придатних для здійснення фіторекультивациї.

На Фіг. 1 зображено загальний вигляд *Silene supina* M. Bieb. [14], на Фіг. 2 представлено поширення *Silene supina* M. Bieb. в Україні [14] (умовні позначення: 1 - місцезнаходження *Silene supina* M. Bieb.), на Фіг. 3 показано ценопопуляцію *Silene supina* M. Bieb. на відвалі вугільної шахти ім. Леніна (м. Макіївка), на Фіг. 4

- показано ценопопуляцію *Silene supina* M. Bieb. на відвалі вугільної шахти «6-14» (м. Макіївка), на Фіг. 5 зображено особину *Silene supina* M. Bieb. з відвалу вугільної шахти «6-14», на Фіг. 6 зображено особину *Silene supina* M. Bieb. з відвалу вугільної шахти ім. Леніна, на Фіг. 7 показано вікову структуру популяцій *Silene supina* M. Bieb. на відвалі вугільної шахти ім. Леніна (умовні позначення: 1

- західна експозиція, 2 - північно-східна експозиція, 3 - південна експозиція), на Фіг. 8 наведено вікову структуру популяцій *Silene supina* M. Bieb. на відвалі вугільної шахти «6-14» (умовні позначення: 1 - вирівняна верхівка, 2 - облікові ділянки зверху вниз), на Фіг. 9 показано віталітетну структуру популяцій *Silene supina* M. Bieb. (умовні позначення: на осі X наведено класи віталітетів: а - вищий, b - середній, с - нижчий; на осі Y - частоти; 1 - рудеральна, 2 - степова, 3

- петрофітна рослинність).

Приклад конкретного виконання.

Антропогенна трансформація довкілля досягла рівня глобальної загрози. Тому дослідження життєздатності популяцій рослин, їх здатності до відновлення та розселення, оцінювання можливості їх спонтанного відновлення в антропогенно трансформованих умовах набули актуальності. Такі дослідження необхідні для з'ясування адаптацій рослин до умов середовища. Життєздатність популяцій рослин - це сукупність властивостей, ознак і зв'язків, що забезпечують притаманну популяціям здатність підтримувати рівень системної організації для збереження базових її функцій: відновлення, розселення та еволюції. Обчислення життєздатності популяцій повинно включати як індивідуальні ознаки рослин (онтоморфогенез та його темпи, репродуктивна активність, насіннева продуктивність, анатомо-морфологічні, аллометричні та ритмологічні ознаки особин), так і надіндивідуальні ознаки (вікова, статевая, просторова структура та чисельність особин). Неповночленність вікового складу не становить загрози для життєздатності популяцій лише в тому разі, коли це стосується особин провідних вікових груп. Відновний потенціал популяцій формується за рахунок життєздатного насіння останнього урожаю, ґрунтового банку насіння, бруньок відновлення та вегетативного омолодження. Чисельність вважається важливим аналітичним показником, який залежить від кількості й інтенсивності надходження до популяцій життєздатних діаспор, умов проростання і закріплення проростків, смертності. В оптимальних умовах популяціям видів притаманні середні (між максимальними і мінімальними) показники чисельності особин, висока швидкість зміни поколінь, наявність ґрунтового банку насіння та бруньок відновлення [15].

Екологічна діагностика - це система обстеження природних комплексів, яка дозволяє на основі індикаторних показників біологічних тест-систем приходити до обґрунтованих висновків про стан об'єкта в цілому. Завдання екологічної діагностики - адекватний підбір параметрів, що вивчаються на різних рівнях організації біологічних систем. Оскільки методи фізико-хімічного аналізу мають ряд недоліків (нездатні враховувати багатокomпонентність промислових емісій та оцінювати головний фактор), найбільш підходящими для цілей екологічної діагностики є неспецифічні біоіндикаційні дослідження, що оцінюють інтегральний відгук біологічних систем на стресові навантаження [16].

Основним об'єктом нашого дослідження є ценопопуляції *Silene supina* M. Bieb., які розглядаємо як сукупність особин виду в межах рослинного угруповання (фітоценозу). Основними підсистемами ценопопуляцій рослин запропоновано вважати групи особин, пов'язаних функціональними стосунками [13]: 1) статеві групи, представлені у дводомних рослин особинами однієї статі; 2) вікові групи, що об'єднують особин одного вікового стану; 3) віталітетні групи, що включають особини схожого життєвого стану. Матеріальний простір, що оточує фітопопуляцію разом із сукупністю діючих на неї екологічних (біотичних і абіотичних) факторів,

складає її екотоп (біотоп). Він для будь-якої фітопопуляції внаслідок природних чи штучних (антропогенних) факторів є гетерогенним в просторі і флюктуюючим у часі. Реакції фітопопуляції на зовнішню дію будуть залежати від загального екологічного фону, на якому проявляється градієнт величин того чи іншого екологічного фактору (факторів) [17].

Для прикладу ценопопуляційної характеристики *Silene supina* M. Bieb. нами було закладено по 20 облікових ділянок розміром 1 м^2 на різних експозиціях відвалів шахти ім. Леніна та шахти «6-14» (м. Макіївка), де цей вид утворює ценопопуляції (західна, південна, північно-східна експозиції відвалу шахти ім. Леніна, вирівняна верхівка відвалу шахти «6-14») (Фіг. 3, 4). У якості контролю було вивчено популяцію *Silene supina* M. Bieb., що зростає в антропогенно порушеному рослинному угрупованні ні відслоненнях пісковику неподалік відвалу. Дослідження проводили в червні, липні (під час масового цвітіння) та вересні (під час плодоношення).

При вивченні ценопопуляційної структури вивчають такі показники як: чисельність (щільність) особин, зустрічальність, вікова і віталітетна структура.

Для визначення щільності популяції необхідно підрахувати кількість особин на 1 м^2 . Для зручності можна використати кілки, які потрібно вкопати у субстрат методом квадрату на відстані їм один від одного, або зв'язати сітку розміром $1 \times 1\text{ м}$. та закріпити її на поверхні відвалу.

Для визначення зустрічальності виду необхідно випадковим способом закласти 100 облікових ділянок на поверхні відвалу, на яких потрібно зареєструвати присутність чи відсутність виду. Зустрічальність ми обчислювали вздовж трансекти 100 ділянок, на відвалі шахти «6-14» зустрічальність зареєстрована на ділянці кам'янистого відслонення на вирівняній верхівці (на 15 ділянках розміром 1 м^2).

Для того, щоб визначити віковий склад ценопопуляцій, потрібно підрахувати кількість особин різних вікових груп (насінина (se), проросток (p), ювенільний (j), іматурний (im), віргінільний (v), генеративний молодий (g_1), генеративний зрілий (g_2), генеративний старий (g_3), субсенільний (ss), сенільний (s)). Вікові стани рослин вивчали за сукупністю якісних морфологічних та кількісних ознак з урахуванням традиційної класифікації [18]. На цій основі будують вікові спектри.

При побудові гістограми структурних типів ценопопуляцій користувались методикою Ю. А. Злобіна [13]. В основу побудови спектрів ценопопуляцій покладено розчленування ряду на три класи градації - нижчий (a), середній (b) та вищий (c), які відкладаються на осі абсцис. На осі ординат відкладаються частоти, які знаходять згідно формули:

$$W = n_i / N, \quad (1)$$

де n_i - варіанта ряду, N - об'єм вибірки.

Далі потрібно обчислити показник якості ценопопуляції згідно формули (2).

$$\frac{1}{2}(a+b), \quad (2)$$

де a - нижчий клас градації, b - середній клас градації.

На основі обчисленого показника якості ценопопуляції можна виділяти три основні структурні

типи ценопопуляцій: процвітаючі - $\frac{1}{2}(a+b) > c$;

рівноважні - $\frac{1}{2}(a+b) = c$; депресивні -

$\frac{1}{2}(a+b) < c$, де c - вищий клас градації.

Для морфологічного аналізу *Silene supina* M. Bieb. відбирали по 30 особин з кожної популяції. Досліджували наступні діагностичні параметри морфологічних ознак: маса надземної частини; довжина кореня; кількість головних пагонів та їх довжина; кількість пагонів другого порядку на головному пагоні та їх довжина. Обчислювали загальноприйняті статистичні показники цих параметрів (середнє значення та його похибка ($M \pm m$), мінімальне (Min) та максимальне (Max) значення, середньоквадратичне відхилення (σ), коефіцієнт варіації (CV)) [19].

Насіннєву продуктивність вивчали шляхом підрахунку кількості плодів на рослину, кількості насіння у коробочці, вимірювання довжини та ши-

рини коробочки. В лабораторних умовах досліджували показники енергії проростання та схожості насіння, а також визначали масу 1000 насінин [20]. Для дослідження лабораторної схожості насіння пророщували у чашках Петрі на фільтрувальному папері, змоченому дистильованою водою, протягом 30 днів, в умовах кімнатної температури та освітлення. Протягом цього періоду проводили підрахунок пророслого (схожого) насіння.

Для *Silene supina* M. Bieb. характерно насіннєве розмноження, що є важливою складовою природного відновлення рослин. Неспроможність до вегетативного розмноження *Silene supina* M. Bieb. підтверджується відсутністю будь-яких утворень на кореневій та пагоновій системах, що здатні відокремитися і вести самостійний спосіб життя. Відмічено, що рослини *Silene supina* M. Bieb. здатні до збільшення кількості репродуктивних структур за допомогою нарощування кількості пагонів зі сплячих бруньок на пагонах.

Результати досліджень показників насіннєвого розмноження *Silene supina* M. Bieb. показано в таблиці 2.

Таблиця 2

Статистичні показники	Ознаки			
	Кількість коробочок на рослину, шт.	Кількість насіння у коробочці, шт.	Довжина коробочки, см	Ширина коробочки, см
Відвал і шахти ім. Леніна, західна експозиція				
$M \pm m$	38,82±5,92	8,47±0,63	0,71±0,009	0,29±0,005
Min	14,00	1,00	0,40	0,20
Max	116,00	29,00	0,90	0,40
CV, %	62	73	14	20
Відвал шахти ім. Леніна, південна експозиція				
$M \pm m$	54,22±11,49	12,13±1,01	0,78±0,007	0,25±0,008
Min	11,00	1,00	0,60	0,10
Max	122,00	42,00	0,90	0,40
CV, %	63	74	9	32
Відвал шахти «6-14», вирівняна верхівка				
$M \pm m$	197,83±64,38	10,41±0,69	0,70±0,006	0,27±0,007
Min	41,00	1,00	0,50	0,10
Max	701,00	34,00	0,90	0,40
CV, %	112	62	10	33

Найменш варіюючими серед всіх показників насіннєвої продуктивності в усіх досліджених ценопопуляціях обох відвалів є довжина та ширина коробочки. Найбільш варіюючими ознаками виявились кількість коробочок на рослину та кількість насіння у коробочці.

В абіотичному плані найгірші умови для рослин складаються на південній експозиції відвалів (більше нагрівання та висушування поверхні). Як видно із таблиці, середня кількість насіння у коробочці найбільша у рослин, що зростають саме на південній експозиції відвалу шахти ім. Леніна. Таку здатність до різкої активації процесів насіннєвого розмноження *Silene supina* M. Bieb. можна поясни-

ти адаптаційними механізмами до стресових умов техногенного середовища. Тобто, зрозуміло, що в несприятливих умовах менша кількість проростків утвориться, багато з них загине і рослина компенсує ці втрати продукуванням більшої кількості насіння.

Дослідження показників насіннєвої продуктивності в лабораторних умовах показало, що для рослин *Silene supina* M. Bieb. з цієї ценопопуляції характерні найменші значення схожості, енергії проростання та маси 1000 насінин.

Це свідчить про те, що умови цього місцезростання все-таки є стресовими для рослин смілки приземкуватої (табл. 3). У випадку ценопопуляцій,

що зростають на відвалі шахти «6-14» ми маємо справу з тим, що смілка приземкувата зростає на кам'янистому схилі (у достатньо зімкнутому прос-

торі з відсутністю конкуренції інших видів), тому у даних умовах ми і спостерігаємо таку велику кількість корбочок на рослину.

Таблиця 3

Місце збору насіння	Енергія проростання, $M \pm m$	Схожість, $M \pm m$	Маса 1000 насінин, г
Відвал шахти ім. Леніна, західна експозиція	14,7 \pm 5,8	17,3 \pm 5,8	0,32
Відвал шахти ім. Леніна, південна експозиція	12,0 \pm 6,1	17,3 \pm 4,8	0,30
Відвал шахти «6-14»	17,3 \pm 3,6	21,3 \pm 3,6	0,44

Крім того, в цій популяції рослини дуже добре розвинуті, одна особина може вкривати устилом до 0,5 м поверхні відвалу (Фіг. 5). Лабораторні показники насінневої продуктивності у особин цієї ценопопуляції найбільші (див. табл. 3).

Результати порівняння параметрів морфологічних ознак рослин *Silene supina* M. Bieb. із популяції відвалу шахти ім. Леніна (Фіг. 6) та популяції із природного місцезростання для виявлення різниці

між розвитком вегетативної сфери рослин наведено у таблиці 4. Виявлено, що спостерігається значне зменшення надземної маси (майже у 2 рази) та кількості головних пагонів у рослин з відвалу, порівняно з рослинами із природного місцезростання. За іншими параметрами картина приблизно однакова, у випадку пагонів другого порядку ми навіть спостерігали зменшення цього параметру у місцях природної рослинності.

Таблиця 4

Статистичні показники	Параметри морфологічних ознак <i>Silene supina</i> M. Bieb.					
	Надземна маса, г	Довжина кореня, см	Кількість головних пагонів, шт.	Довжина головних пагонів, см	Кількість пагонів 2 порядку на головному пагоні, шт.	Довжина пагона 2 порядку, см
Відвал шахти ім. Леніна, західна експозиція						
$M \pm m$	14,05 \pm 1,25	18,65 \pm 1,40	9,47 \pm 0,75	9,48 \pm 0,49	6,36 \pm 0,35	8,08 \pm 0,27
Min	7,50	10,00	6,00	3,80	3,00	0,80
Max	26,50	32,00	14,00	17,50	14,00	20,40
σ	4,67	5,28	2,75	3,38	2,30	3,95
CV, %	33	28	29	36	36	49
Природне місцезростання						
$M \pm m$	29,52 \pm 3,44	20,76 \pm 4,60	16,00 \pm 2,31	9,80 \pm 0,59	5,90 \pm 0,50	6,51 \pm 0,68
Min	17,50	14,50	12,00	6,50	4,00	1,50
Max	38,50	39,00	25,00	14,50	8,00	19,50
σ	7,68	10,27	5,15	2,50	1,60	0,99
CV, %	11	49	32	26	27	48

Дані щодо чисельності особин в популяціях наведено в таблиці 5. Чисельність особин на південній експозиції відвалу шахти ім. Леніна трохи зменшена у зв'язку з гіршими умовами для приживання підросу (сильне нагрівання, швидке висихання поверхні тощо). На відвалі шахти «6-14» ценопопуляції дуже міцно займають нішу, а невелика щільність особин пояснюється значно більшим (у порівнянні з рослинами інших популяцій)

розвитком надземної частини рослин і, внаслідок цього, більшим галузненням та розповсюдженням на ділянці. На північно-східній експозиції найкращі умови для закріплення підросу завдяки наявності мохового покриву. Це добре відображено на віковому спектрі (Фіг. 7), з якого видно, що чисельність проростків, ювенільних та іматурних особин на цій експозиції найбільша.

Таблиця 5

Місцезнаходження ценопопуляції	Чисельність особин на 1 м ² , M±m
Відвал шахти ім. Леніна, західна експозиція	4,80±0,37
Відвал шахти ім. Леніна, північно-східна експозиція	8,90±0,32
Відвал шахти ім. Леніна, південна експозиція	3,80±0,36
Відвал шахти «6-14», вирівняна верхівка	3,29±0,28

При обчисленні зустрічальності було визначено, що найбільший її відсоток спостерігається на

верхівці відвалу шахти «6-14» та в середній частині відвалу шахти ім. Леніна (табл. 6).

Таблиця 6	
Місцезнаходження ценопопуляції	Зустрічальність ценопопуляцій <i>Silene supina</i> M. Bieb., % від загального покриття
Відвал шахти ім. Леніна, середня частина, західна експозиція	73
Відвал шахти ім. Леніна, трансекта ближче до вершини	55
Відвал шахти ім. Леніна, південна експозиція	35
Відвал шахти «6-14», вирівняна верхівка	100

Аналіз спектрів ценопопуляцій - це важливий спосіб пізнання їх структури. Він дозволяє на кількісній основі характеризувати якість ценопопуляції.

Вікові спектри ценопопуляцій *Silene supina* M. Bieb. на відвалі шахти ім. Леніна та відвалі шахти «6-14» наведено на Фіг. 7 та Фіг. 8.

Індикаторами низької життєздатності та стабільності є неповночленність вікових спектрів, зокрема відсутність або критично низький відсоток генеративних особин. Базовою ознакою ценопопуляцій є здатність рослин до генеративного самовідновлення, тому критичними слід вважати найнесприятливіші порогові умови існування, за яких особини у своєму онтогенезі не набувають генеративної фази, а популяції не містять генеративних особин й (або) життєздатного насіння та підросту генеративного походження і тим самим нездатні до генеративного самовідновлення і є нежиттєздатними. Отже, індикаторами низької життєздатності і стабільності ценопопуляцій *Silene supina* M. Bieb. слід вважати відсутність або критично низький відсоток генеративних особин. Разом з тим, неповночленність вікових спектрів не завжди говорить про загрозливий стан популяції, адже він може бути пов'язаний з абіотичними факторами (відсутність опадів, довготривала посуха тощо), з сезонними флуктуаціями, з особливостями розташування ценопопуляцій (експозиція, близькість до осередків природної рослинності, розташування на різних частинах відвалу тощо).

Для вивчених ценопопуляцій *Silene supina* M. Bieb. характерні неповночленні вікові спектри з піком на генеративних особинах, частина особин молодих вікових груп збільшується чи зменшується залежно від абіотичних умов та експозиції. В ценопопуляціях на відвалі шахти «6-14» спостерігається 2 піки на молодій та генеративній частинах спектру, навіть у випадку розташування облікових ділянок зверху вниз - піки на іматурній та вегетативній частині спектру, але з достатньою кількістю генеративних особин. Це, як вже було сказано,

пояснюється великим розміром генеративних особин смілки приземкуватої в цьому місцезростанні.

При аналізі віталітетної структури показано, що для *Silene supina* M. Bieb. характерні процвітаючі ценопопуляції (Фіг. 9).

Отже, на досліджених відвалах представлені ценопопуляції *Silene supina* M. Bieb. різного ступеня сформованості. Закономірності їх змін пов'язані з особливостями едафотопів. На південних та східних схилах більш інтенсивно протікають ерозійні процеси, розташування рослин - плямисте. На північних та західних схилах, де складаються більш сприятливі умови, щільність рослин в популяціях може сягати 75 і, навіть, 100 %. Слід зазначити, що всі досліджені ценопопуляції *Silene supina* M. Bieb. є життєздатними, стійкими, самовідновлюються у межах існування на відвалах вугільних шахт та займають певну екологічну нішу, а, отже, едафотопи відвалів вугільних шахт ім. Леніна та «6-14» є придатними для існування рослин та для проведення заходів з їх фіторекультивациі.

Розроблений спосіб діагностування придатності едафотопів породних відввів для фіторекультивациі за життєздатністю популяцій рослин (на прикладі *Silene supina* M. Bieb.) є ефективним, зручним, не потребує тривалого багаторічного слідування за станом популяцій та дозволяє швидко визначати стан едафотопу та можливість заселення його рослинами, що свідчить про готовність породного відвалу до здійснення фіторекультивацийних робіт.

Джерела інформації:

1. Третьяков С. В. Экологические проблемы Донецкой области / С. В. Третьяков // Экологические проблемы промышленных мегаполисов: Тр. II междуна. науч.-практ. конф. (Москва, 24 - 27 мая 2005 г.). - М., 2005. - С. 8 - 11.

2. Зубова Л. Г. Теоретичні і прикладні основи відновлення техногенних ландшафтів до рівня природних (на прикладі териконів ландшафтів Донбасу): автореф. дис. на здобуття наук, ступеня

д-ра техн. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Л. Г. Зубова. - Дніпропетровськ, 2004. - 32 с

3. Принципы освоения земель, нарушенных угольной промышленностью / В. Н. Зверковский, Н. Н. Цветкова, А. А. Дубина, Н. П. Тупика // Промышленная ботаника: стан та перспективи розвитку: матер. III Міжнар. наук. конф. (Донецьк, 3-5 верес. 1998 р.). - Д., 1998. - С. 159 - 162.

4. Голубев В. Н. Биологическая флора Крыма / В. Н. Голубев. - Ялта: НБЦ-ННЦ, 1996. - 126 с.

5. Хархота А. И. Подбор фитомелирантов для рекультивации техногенных земель / А. И. Хархота // Интродукция и акклиматизация растений. - 1989. - Вып. 12. - С. 45-47.

6. Горбунов И. И. Классификация пород угольных терриконов по степени пригодности для биологической рекультивации / И. И. Горбунов, Т. Г. Зарубина, Б. М. Туник // Структурно-функциональные особенности естественных и искусственных биогеоценозов: Тез. докл. Всесоюз. совещ. (г. Днепропетровск, 26 - 28 окт. 1978 г.). - Днепропетровск: Б. и., 1978. - С. 227 - 228.

7. Торохова О. Н. Динамика некоторых свойств породы техногенных экотопов Донбасса / О. Н. Торохова // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: матер. Междунар. науч. конф. (Екатеринбург, 4-8 июня, 2007 г.). - Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2007. - С. 612 - 615.

8. Кучеровский В. В. Фитоиндикационная и фитомелиоративная роль естественной растительности в оптимизации техногенных ландшафтов Кривбасса / В. В. Кучеровский // Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития: Тез. докл. респ. науч. конф. (Донецк, сент. 1990 г.). - Киев: Наук, думка, 1990. - С. 75 - 76.

9. Тарчевский В. В. Изучение естественной растительности как необходимый этап биологической рекультивации отвалов при открытой добыче бурых и каменных углей / В. В. Тарчевский, Т. С. Чибрик // Растения и промышленная среда: Матер. I Укр. конф. - Киев: Наук, думка. - 1968. - С. 19-27.

10. Хархота А. И. Ботаническая оценка техногенных земель / А. И. Хархота // Экологические проблемы аграрного производства. Симпозиум I.

Биологические и горнотехнические проблемы рекультивации нарушенных земель и повышение их продуктивности: Матер, межрегион, науч.-практ. конф. - Днепропетровск, 1992. - С. 128.

11. Хархота А. И. Состояние и перспективы интродукционного изучения фитомелиорантов в Донецком ботаническом саду АН УССР / А. И. Хархота // Ботанические исследования на Украине: Докл. Укр. ботан. Об-ва. - Киев: Наук, думка, 1990. - С. 106-107.

12. Сетт И. В. Ценопопуляции *Silene supina* M. Bieb. на эдафотопках отвала угольной шахты в Донбассе / И. В. Сетт, А. И. Хархота // Популяции в пространстве и времени: Сб. матер, докл. 8 Всерос. популяционного семинара (Н. Новгород, 11-15 апреля 2005 г.). - Н.Новгород, 2005. - С. 375 - 376.

13. Злобин Ю. А. Ценопопуляционная диагностика экотопа / Ю. А. Злобин // Экология. - 1980. - № 2. - С. 22 - 30. (прототип).

14. *Silene supina* M. Bieb. - Смілка приземкувата [М. М. Федорончук, Я. П. Дідух, Р. І. Бурда] // Екофлора України. Т. 3. / Відпов ред.. Я. П. Дідух. - К.: Фітосоціоцентр, 2002. - С. 268 - 269.

15. Жилиев Г. Г. Жизнеспособность популяций растений / Геннадий Георгиевич Жилиев. - Львов, 2005. - 304 с.

16. Фарафонов М. Г. Вопросы диагностики устойчивости природных комплексов к техногенным нарушениям / М. Г. Фарафонов, О. Ф. Садыков // Проблемы устойчивости биологических систем: Тез. докл. Всесоюз. школы (Севастополь, 15-20 окт., 1990 г.). - Харьков, 1990. - С. 48 - 49.

17. Савинов А. Б. Фенотипическая индикация ценопопуляции растений в условиях техногенеза / А. Б. Савинов // Экологический мониторинг. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та. - 2003. - Ч. 5. - С. 300 - 323.

18. Серебряков Н. Г. Экологическая морфология растений / Н. Г. Серебряков. - М.: Высшая школа, 1962. - 378 с.

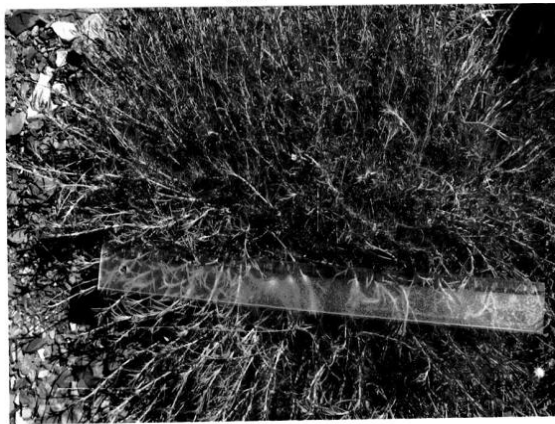
19. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике / В. М. Шмидт. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. - 288 с. 20. Вайнагий И. В. К методике изучения семенной продуктивности растений / И. В. Вайнагий // Ботан. журн. - 1974. - 59, № 2. - С. 826 - 831.



Фіг. 3



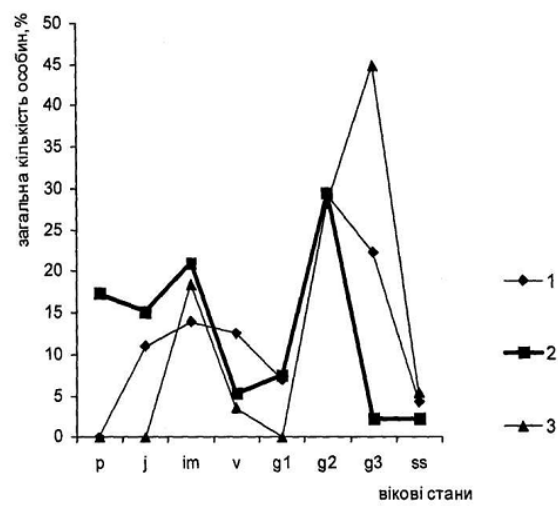
Фіг. 4



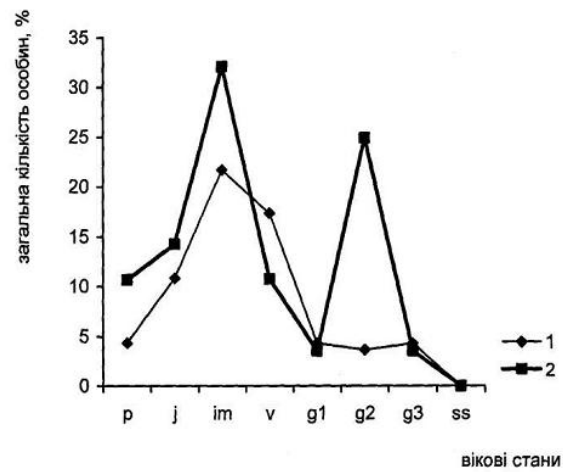
Фіг. 5



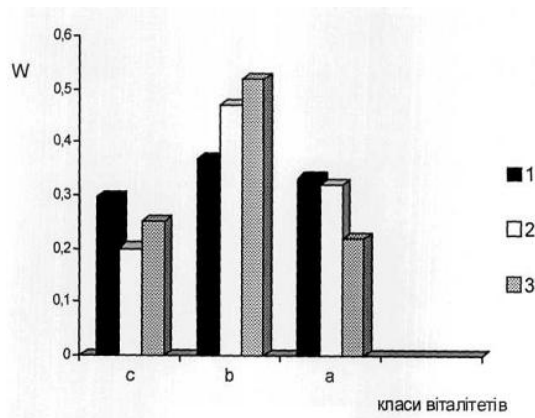
Фіг. 6



Фіг. 7



Фіг. 8



Фіг. 9