

УДК 581.5+631*[41+42]

Аспір. С.В. Бешлей¹;доц. В.І. Баранов², канд. біол. наук; аспір. С.П. Ващук²

ОЦІНКА ТОКСИЧНОСТІ СУБСТРАТІВ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ

Вивчено фітотоксичний вплив субстратів відвалів породи на різних стадіях формування їх едафотопу методом біотестування. Найбільш токсичним виявився субстрат на стадії окиснення, а в процесі формування едафотопу та поселенні рослин на відвалах фітотоксичність субстрату зменшується.

Ключові слова: фітотоксичний ефект, тест-рослини, субстрати породних відвалів, вугільні шахти.

Техногенне навантаження на ґрунтові комплекси значно погіршує властивості едафотопу, які забезпечують умови для формування рослинних угруповань. Внаслідок функціонування Червоноградського гірничопромислового комплексу (ГПК) мільйони тонн породи було вивезено із шахт, що сформувало десятки породних відвалів, які "закрили" сотні гектарів потенційно родючих ґрунтів. Едафотоп відвалів несприятливий для росту рослин, оскільки він характеризується кислотністю, високим вмістом важких металів, сильнокам'янистим складом породи, провальною водопроникністю, малим вмістом органічної речовини, несприятливими кліматичними умовами (у межах відвалів мікрокліматичних). Процес формування едафотопу триває десятич років і характеризується такими стадіями: окиснення, вивітрювання, масове поселення рослин [14].

Виникнення фітотоксичності на породних відвалах зумовлене окисненням сірковмісного мінералу (піриту) за взаємодії з атмосферним повітрям та за участі тіонових бактерій з утворенням сірчаної кислоти [15]. Також під час окиснення породи відбувається утворення токсичних газів. Так у Червоноградському ГПР з 1 м³ терикона, що горить, протягом доби виділяється: 10 кг оксиду вуглецю, 6,3 кг сірчаного газу, 0,6 кг сірководню й оксидів азоту. Під час горіння териконів збільшується і випаровування летких форм Hg [6]. Тому метою нашого дослідження було визначення ступеня фітотоксичності порід відвалів вугільних шахт.

Аналізувати кожен із негативних факторів окремо і порівнювати їх з гранично допустимими концентраціями є дуже клопіткою роботою і це не розкриває сумарного токсичного впливу техногенно деастрованих ґрунтів, адже їх вплив є багатофакторним. Для тестування еколого-геохімічних змін в екосистемах використовують вищі рослини (дерева, трави, кущі) [4]. Серед інших методів використовують тест-системи стерильності пилку рослин-біоіндикаторів [2]. Методи біоіндикації для характеристики едафотопу відвалів мають певні недоліки, адже за ними можна характеризувати лише ту територію, яка є середовищем існування живих організмів, тоді як на відвалах вугільних шахт на первинних етапах формування едафотопу рослинність відсутня.

Оцінити ступінь токсичності можна за допомогою біотестування едафотопу [3, 5]. Принцип методів біотестування базується на чутливості живих

організмів до екзогенних факторів. Суть методу полягає у визначенні впливу дослідних речовин на спеціально вибрані організми в стандартних умовах з реєстрацією різних поведінкових, фізіологічних чи біохімічних тест-реакцій. Тест-реакцію, або (тест-функцію) визначають як одну із закономірно виникаючих реакцій відповіді тест-системи на дію комплексу зовнішніх факторів [8]. Так у рослин, які ростуть на ґрунтах, забруднених важкими металами, сповільнюється процес елонгації коренів та інгібується їхній ріст загалом. Фітотоксини можуть здійснювати істотний вплив на рослинні клітини, їх фізіолого-біохімічні процеси, хімічний склад, що може призвести до зниження продуктивності та порушення фітосанітарного стану ґрунтів. Фітотестування є інформативним, високочутливим інтегральним методом біотичної індикації, який дає змогу якісно оцінити фітотоксичність ґрунтів [7]. Для такого аналізу використовуються різні тести-культури (мікроорганізми, рослини, тварини), що реагують на найбільш несприятливі зміни у ґрунті, воді чи у повітрі [11]. Найкращі результати отримують за багатофункціонального (наприклад: листя, коріння, пагони) аналізу. В роботі було використано як тест-культуру редис (*Raphanus sativus* L.), який характеризується високим рівнем чутливості насіння до токсичних речовин і аналіз схожості та величини морфометричних показників проростків дає змогу використовувати його для визначення сумарної токсичності ґрунту [13].

Об'єктами дослідження були субстрати породних відвалів центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) та шахти "Надія", які знаходяться на різних стадіях формування їх едафотопу, а саме: стадії окиснення, вивітрювання, масового поселення рослин. Зразки субстрату відбирали у верхньому 20 сантиметровому шарі та просіювали через сита діаметром 2 мм. Актуальну кислотність (рН) визначали потенціометрично у водній витяжці, при співвідношенні розчину ґрунту: (1:5); вміст гумусу визначали за методикою Тюріна спектрофотометричним методом [12]. Для визначення важких металів проби спалювали у фарфорових тиглях у муфельній печі за температури 400-450 °С протягом 4-6 годин до отримання однорідного кольору золи. Після цього обробляли проби субстрату сумішшю HCl та HNO₃ у співвідношенні 3:1. Валовий вміст важких металів визначали атомно-адсорбційним методом на спектрофотометрі "С-115М1" [10]. Визначення фітотоксичності субстратів проводили за Берестецьким методом [1] пророщування на субстратах протягом 7 діб редису посівного. Для цього проби субстрату поміщали в чашки Петрі, зволожували дистильованою водою до сметаноподібного стану, вирівнювали поверхню та наносили на неї шар сухого стерильного піску товщиною 0,5 см. Чашки закривали і витримували одну добу за кімнатної температури для дифундування токсинів у пісок, після чого висівали насіння. Вологість субстратів із піском була в межах 70-80 %. Контролем слугував стерильний пісок зволожений до 70-80 % від повної вологості. Насіння пророщували за 23-25 °С в темноті протягом 7 діб (повторність досліду 3х100 насінин). Визначали схожість насіння та морфометричні параметри проростків – довжину кореня і пагона та їх масу. Фітотоксичний ефект (ФЕ, %) розраховували за формулою [9]:

¹ ІЕК НАН України, м. Львів;² Львівський НУ ім. Івана Франка

$$\Phi E = \frac{L_o - L_x}{L_o} \cdot 100,$$

де: L_o – середня довжина кореня рослини, вирощеної на контрольному середовищі; L_x – середня довжина кореня рослини, вирощеної під впливом токсичного фактора.

У процесі формування едафотопу на відвалах відбувається стабілізація рівня важких металів у субстраті та рН до межі 5,5, збільшується вміст органічної речовини (до 1,97 %) внаслідок деструкції клітковини відпаду рослин, які тут поселилися (табл. 1). Дослідження співробітників Донецького ботанічного саду НАН України [14] характеризують стадію окиснення високою кислотністю рН 3-4 та значним вмістом водорозчинних солей 1,5 %. Відмінність наших результатів можемо пояснювати тим, що на відвалі шахти "Надія" ведеться рекультивация субстрату шляхом нанесення шару піску, і тому найтоксичніший вплив спричиняє не едафотоп, а токсичні гази, які виділяються під час окиснення породи.

Табл. 1. Характеристика едафотопу на різних стадіях його формування

Стадія формування едафотопу	Зольність (г золи / г повітряно сухого ґрунту)	Вміст важких металів (мкг/г повітряно сухого ґрунту)						рН (H ₂ O)	Вміст органічного вуглецю (%)
		Zn	Cd	Mn	Pb	Cu	Fe		
Окиснення	0,974	6,2	0,13	63	2,9	6,3	406	6,6	0,39
Вивітрювання (чорна порода)	0,847	27,5	0,28	330	10,4	191,4	3655	3,95	1,44
Вивітрювання (червона порода)	0,942	26,8	0,38	363	7,8	128,6	6397	4,77	0,14
Масового поселення рослин	0,8248	11,7	<0,05	22,5	14,3	6	1680	5,51	1,97

Одним із критеріїв оцінки фітотоксичності субстрату під час використання методу біотестування є схожість насіння та морфометричні показники рослин, який навіть на рівні візуального спостереження дає уявлення про токсичність того чи іншого субстрату (табл. 2).

Табл. 2. Проростання насіння та морфометричні показники редису посівного (*Raphanus sativus* L.) на субстратах породних відвалів

Стадія формування едафотопу	Кількість пророслих насінин		Довжина пагона (см)	Маса пагона (мг)	Довжина кореня (см)	Маса кореня (мг)	ФЕ (%)
	M ^{±m}	%					
Контроль	54,33 ^{±1,20}	100	0,82 ^{±0,03}	12,40 ^{±0,62}	1,25 ^{±0,06}	3,50 ^{±0,34}	–
Окиснення	0	0	0	0	0	0	100
Вивітрювання (чорна порода)	31,00 ^{±1,15}	57	0,50 ^{±0,03}	7,40 ^{±0,40}	0,97 ^{±0,04}	1,80 ^{±0,20}	22
Вивітрювання (червона порода)	18,33 ^{±0,88}	34	0	0	0,40 ^{±0,18}	1,90 ^{±0,28}	68
Масове поселення рослин	51,00 ^{±0,58}	94	0,62 ^{±0,06}	11,50 ^{±0,34}	1,68 ^{±0,05}	5,20 ^{±0,33}	–

Найбільший фітотоксичний вплив спричиняв субстрат породного відвалу шахти "Надія" на стадії окиснення – насіння редису не проростало. На

стадії вивітрювання субстрату (породний відвал ЦЗФ) проростало лише 34 % насіння на червоній породі, та 57 % – на чорній порівняно з контролем. На нашу думку, більш токсичний вплив червоної породи, порівняно з чорною, зумовлений різним вмістом рухомих форм важких металів. Найменш токсичним (проростання насіння 94 %) виявився субстрат на стадії масового поселення рослин (відвал ЦЗФ), де формується рослинне угруповання з берези повислої, сосни звичайної та кунічника наземного, який є домінуючим видом у цьому угрупованні (*Betula pendula* – *Pinus sylvestris* – *Calamagrostis epigeios*). Подібна закономірність простежувалась і за величиною морфометричних показників. На червоній породі формування пагона не спостерігалось, на чорній породі його довжина та маса були меншими за контрольні та становили 0,50^{±0,03} і 7,40^{±0,40} відповідно. За величинами довжини кореня та його маси простежується така послідовність: найбільші на стадії масового поселення (довжина – 1,68^{±0,05}, маса – 5,20^{±0,33}) порівняно із контролем, і їх зменшення тією чи іншою мірою на червоній та чорній породах на стадії вивітрювання. Найбільш чутливим показником до дії екзогенних факторів є довжина коренів рослин, яку і було використано для обрахунку фітотоксичного ефекту.

На стадії окиснення субстратів було зафіксовано 100 % фітотоксичний ефект, на стадії вивітрювання він становив у середньому 68 % для червоної породи та 22 % – для чорної. Головним чинником підвищення показника фітотоксичного ефекту досліджуваних територій відвалів є висока загазованість повітря, кислотність субстратів, значний вміст важких металів. На стадії масового поселення рослин фітотоксичний ефект відсутній і характеристики едафотопу сприятливі для росту рослин.

Література

1. Берестецкий О.А. Методы определения токсичности почв / О.А. Берестецкий. – К.: Вид-во "Урожай", 1971. – С. 139-243.
2. Бессонова В.П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами / В.П. Бессонова. – Сер.: Экология. – 1992. – № 4. – С. 45-50.
3. Горова А.І. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту / А.І. Горова, С.І. Кулина // Вісник Львівського університету. – Сер.: Біологічна. – 2008. – Вип. 48. – С. 189-194.
4. Губачов О.І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій / О.І. Губачов // Науковий вісник КУЕІТУ. – 2010. – № 3 (29). – С. 164-171.
5. Кабилов Р. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории / Р. Кабилов, А. Сагитова, Н. Суханова // Экология. – 1997. – № 6. – С. 408-411.
6. Книш І.Б. Розподіл вмісту хімічних елементів у породах териконів Червоноградського гірничо-промислового району / І.Б. Книш, В.В. Маркевич // Вісник Львівського університету. – Сер.: Геологічна. – 2003. – Вип. 17. – С. 148-158.
7. Левик В. Фітотоксична оцінка ґрунтів на територіях підземної виплавки сірки Передкарпатського сірконосного басейну / В. Левик // Вісник Львівського університету. – Сер.: Біологічна. – 2010. – Вип. 52. – С. 70-76.
8. Лисовицкая О.В. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения / О.В. Лисовицкая, В.А. Терехова // Доклады по экологическому почвоведению, 2010. – № 1, вып. 13. – С. 1-18.
9. Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. – М.: Изд-во "Высш. шк.", 1998. – 287 с.
10. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеоздат, 1981. – № 3. – С. 14-17.

11. Мэннинг У.Д. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / У.Д. Мэннинг, У.А. Федер. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с.

12. Никитин Б.А. Определение содержания гумуса в почве / Б.А. Никитин // Агрохимия: журнал, 1972. – № 3(3). – С. 123-125.

13. Практикум по агрохимии: учебн. пособ. – Изд. 2-е, [перераб. и доп.] / под ред. акад. РАСХН / В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

14. Кондратюк Е.Н. Промышленная ботаника / Е.Н. Кондратюк, В.П. Тарабрин, Р.И. Бурда и др. – К.: Вид-во "Наук. думка", 1980. – 260 с.

15. Трохова О.Н. К вопросу фитотоксичности породы промышленных отвалов Донбаса / О.Н. Трохова // Промышленная ботаника, 2007. – Вып. 7. – С. 80-84.

Бешлей С.В., Баранов В.И., Ващук С.П. Оценка токсичности субстратов отвалов угольных шахт методом биотестирования

Изучены фитотоксичное влияние субстратов отвалов породы на различных стадиях формирования их эдафотопов методом биотестирования. Наиболее токсичным оказался субстрат на стадии окисления, а в процессе формирования эдафотопов и поселения растений на отвалах фитотоксичность субстрата снижается.

Ключевые слова: фитотоксический эффект, тест-растения, субстраты породных отвалов, угольные шахты.

Beshley S.V., Baranov V.I., Vashchuk S.P. Toxicity assessment of coal mining substrates by biotesting methods.

It is studied the phytotoxic impact of rock dumps substrates on different stages of their edafotop formation by biotesting method. The most toxic was occurred the substrate at the stage of oxidation. At the process of edafotop formation and plants settling on the dumps the substrate phytotoxic effect is decreasing.

Keywords: phytotoxic effect, test plants, rock dumps substrates, coal mines.

УДК 332.01:336:504.05

Доц. М.І. Бублик, канд. фіз.-мат. наук;
магістр О.І. Самборська – НУ "Львівська політехніка"

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОГО МАРКЕТИНГУ

Досліджено теоретико-методологічні основи формування екологічного маркетингу як інструменту природокористування в Україні. Розглянуто чинники екологізації бізнесу. Запропоновано концепцію виробництва екоспецифічних товарів та послуг на українському ринку.

Ключові слова: екологічно чистий продукт, екологічний маркетинг, екобренд, екологізація бізнесу, екологічна потреба, екологічна послуга.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Проблеми екологічного маркетингу та механізмів його формування пов'язані із стимулюванням виробництва і збуту екологічно нейтральних товарів і послуг. Їх вирішення особливо актуальне на етапі реалізації концепції збалансованого розвитку виробництва та споживання у системі природокористування.

Аналіз основних досліджень і публікацій в яких започатковано вирішення цієї проблеми. Фундаментальну теоретичну базу щодо екологічного маркетингу та його застосування як одного з механізмів ефективного природокористування сформували ще у 80-х роках минулого століття.

У роботі [1] автор О.Ю. Дмитрук запропонував під екологічним маркетингом розуміти "вид людської діяльності, спрямований на задоволення за-

питів і потреб людей за допомогою обміну товарами, послугами, інформацією та ін., що не порушують екологічної рівноваги навколишнього природного середовища та не впливають на здоров'я людей".

У дисертаційній роботі О.В. Садченко [2] відзначила, що вітчизняний і закордонний досвід включення складових екологічного маркетингу, або як його ще називають, "зеленого маркетингу", в управління природокористуванням не має цільового і системного характеру, що викликає потребу у створенні та запровадженні цілісного, комплексного, системного екологічного маркетингу. Обґрунтувавши базисну роль економічних потреб у системі екологічного маркетингу, автор роботи [2] відводить їй визначальну роль, оскільки шляхом задоволення саме економічних потреб виробники досягають своєї мети – одержання прибутку, а також покращення якості життя.

До завдань екологічного маркетингу варто віднести екологізацію бізнесу, тобто зменшення забруднення навколишнього середовища та формування у споживачів екологічної свідомості у механізмах природокористування. Проведений аналіз досліджень і публікацій, дозволив зробити висновок, що цю проблему інтенсивно розробляють провідні вчені країн Заходу. З літературних джерел, які доступні українському читачу треба відзначити книги американського автора К. Прокоп "Як стати "зеленим" [3], який наголошує на трьох моментах, що заохочують підприємців ставати "зеленими": маркетинг, соціальна відповідальність та економічний ефект.

Фундаментальні основи екологізації бізнесу заклали провідні науковці у працях [1-13], а саме: Л.Г. Мельник у підручнику "Екологічна економіка", В.Я. Шевчук – "Екологічне управління", Ю.М. Навроцький у навчальному посібнику "Екологічне підприємство", Теліженко тощо. Деякі проблеми розглянуто в літературі із стійкого розвитку, так Р.М. Марутовський у виданні Програми Розвитку ООН "Практика сталого розвитку в Україні" зробив аналіз досвіду окремих виробництв. Теорію комунікації та зв'язків з громадськістю "паблік рилейшнз" розробив Г.Г. Почепцов. У напрямі екологічної соціології та її взаємодії з комунікацією працює вітчизняний соціолог О.Г. Стегній.

Метою дослідження є розроблення теоретико-методологічних основ формування екологічного маркетингу.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Проаналізувавши доробок у галузі екологічного маркетингу ми дійшли висновку про необхідність вирішення існуючих екологічних проблем рекреаційного природокористування, серед яких актуальними є розроблення механізмів урбоекоекологічного маркетингу, оскільки мешканці міст є основними споживачами неекологічних продуктів і послуг, отже формують високий попит на екологічні продукти.

Розвитку екоспецифічних товарів та послуг сприяло два фактори [7]: пошук унікальності продукту поряд з аналогічними з метою реклами; імператив гармонізації життя з природою в умовах деструктивних процесів, пов'язаних з техногенними катастрофами, терористичними актами, використанням досягнень генної інженерії та глобальним потеплінням, тощо.

Формування ринку екологічних товарів та послуг потрібно здійснювати в межах концепції послідовного впровадження заходів, які спрямовані на