

2. ЕКОЛОГІЯ ДОВКІЛЛЯ

УДК 662.271.4; 581.143; 549.28; 577.15 Доц. В.І. Баранов, канд. біол. наук –
Львівський НУ ім. Івана Франка; проф. М.М. Гузь, д-р с.-г. наук –
НЛТУ України, м. Львів; асист. М.С. Гавриляк – Львівська КА;
студ. С.П. Ващук – Львівський НУ ім. Івана Франка

ВИВЧЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ДЕРЕВНИХ РОСЛИН НА ДЕВАСТОВАНИХ ҐРУНТАХ ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Досліджено вміст важких металів (ВМ) у ґрунтах та хвої сосни, листках робінії звичайної, верби козячої – піонерних рослин породного відвалу вугільних шахт. Визначено коефіцієнт нагромадження ВМ тканинами рослин, на основі якого всі три деревні породи можна віднести до групи акумуляторів ВМ, а за нагромадженням заліза і кадмію навіть до гіперакумуляторів, що дає змогу використовувати їх як фіторемедіанти. Встановлено, що сосну звичайну, вербу козячу і робінію псевдоакацію можна рекомендувати для масових посадок на породних відвалах вугільних шахт Львівської області як не тільки ґрунтоутримувальних рослин, але і рослин – фіторемедіаторів важких металів, що зменшить їх вимивання з ґрунту відвалу та надходження у ґрунтові води і покращить екологічну ситуацію в районі.

Проблема рекультивації девастрованих ґрунтів має два основних аспекти – власне рекультивація ґрунту та підбір асортименту стійких рослин для фіторекультивації. На території Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) в с. Сілець Сокальського району Львівської області знаходиться породний відвал вугільних шахт. На ЦЗФ збагачується вугілля практично всіх шахт району. Висота відвалу 68 метрів, площа 76 га. Кислотність водних стоків з відвалу досить висока (рН 3-4), в породах високий вміст важких металів (в окремих місцях відбору перевищення ГДК у 6-8 разів), у ґрунті відвалу практично відсутня органічна речовина (вміст її менше 1-2 %), майже провальна водопроникність, висока крихкість порід ґрунту відвалу, а отже і висока можливість пилоутворення – всі ці показники характеризують ґрунти відвалу як малоприятливі для росту рослин, а сам відвал як екологічно небезпечний об'єкт [3]. Потреба рекультивації та озеленення відвалу таким чином, ставить низку проблем – це нейтралізація кислотності ґрунту, підбір органічного субстрату та рослин, стійких до цих несприятливих умов, та рослин – концентраторів важких металів (гіперакумуляторів), які можуть виконувати функції фіторемедіації [1, 8]. Основними піонерними рослинами на відвалі є кілька екземплярів сосни звичайної, верби козячої, берези, а з трав'яних – кунічник наземний (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.), який росте поодинокими кущами або невеликими куртинами.

Метою роботи було вивчення вмісту важких металів у ґрунтах відвалу та надземній масі дерев, які ростуть на ньому, визначення коефіцієнтів біологічного нагромадження (КБН) важких металів для з'ясування механізму їх стійкості до умов відвалу та питання, чи є ці рослини акумуляторами металів, що дасть змогу використовувати їх для фітоекстракції.

Проби ґрунту та рослин відбирали у 2008 р. – дослідні рослини на породному відвалі, контрольні в екологічно чистій зоні – в лісі та на його узбіччі за кілька км від відвалу методом "конверту". Проби рослин висушували до повітряно сухої маси, а проби ґрунту у термостаті за 105 °С до абсолютно сухої маси, далі проби розтирали до однорідного стану. 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 охолодження наважки золи розчиняли у амонійноацетатному буфері рН 4,8, в якому визначаються рухомі форми ВМ, фільтрували розчини через фільтр Шота № 3 під вакуумом і визначали вміст елементів на атомно-адсорбційному спектрофотометрі ААС-115 з селективними світлофільтрами. Паралельно визначали вміст елементів в стандартних розчинах і за калібрувальним графіком визначали вміст елементів [6]. Актуальну кислотність визначали на електронному іонометрі марки рН-150, гідролітичну кислотність визначали за методом Каппена [2].

Породний відвал вугільних шахт – це природна модель дії багатофакторного стресу на рослини, до чинників якого можна віднести високий вміст важких металів, кислотність, високу температуру ґрунту, низький вміст органіки та поживних елементів, часто – відсутність вологи [4]. Виживання рослин у цих умовах є досить проблемним. Одним з найбільш токсичних за дією на рослини є високий вміст важких металів [1, 9], тоді як інші негативні природні чинники можуть збільшувати або зменшувати ефект їх дії, наприклад зміна кислотності середовища в той чи інший бік або зміна температури можуть регулювати поглинання окремих ВМ рослинами [8, 10].

Як відомо у рослин існує три основних групи, які розрізняються за механізмом стійкості до високого вмісту ВМ у ґрунті: рослини – гіперакумулятори, з вмістом ВМ набагато більшим за їх вміст у ґрунті, рослини – індикатори з вмістом ВМ приблизно таким, як у ґрунті і рослини – унікачі, у яких вміст ВМ значно нижчий за вміст у субстраті [5]. Який з цих механізмів стійкості сформувався у деревних рослин, які ростуть на породному відвалі було невідомо.

Для вивчення екологічної ситуації насамперед варто було з'ясувати величини основних негативних чинників ґрунту відвалу – кислотності та вмісту важких металів, які одними з перших визначають токсичність ґрунту для рослин. Актуальна кислотність водних стоків визначена у 2007-2009 рр., перебували в межах рН 2,74-2,9, водних витяжок з різних зразків породи – в межах рН 3,0-4,5 [3]. Така висока кислотність вказує на безумовну потребу вапнування ґрунту відвалу під час його рекультивації [7], крім цього, більшість рослин потребує для нормального росту і розвитку нейтрального або слабнокислого середовища, тому було визначено також гідролітичну кислотність, за якою було обраховано дозу вапна для вапнування порід відвалу. Величина гідролітичної кислотності (ГК) у різних зразках породи відвалу була така – ГК червоної породи = 1.4175 мг/екв., ГК чорної породи = 0.62 мг/екв., ГК сірої породи = 0.28 мг/екв на 100 г ґрунту. Відповідно, перераховані дози вапна для нейтралізації кислотності за породами становили такі величини – для червоної – 2,12, чорної – 0.93 і сірої – 2.12, а в середньому з 3 порід 1.15 тонн/га. У перерахунку на умовно орний шар (глибина 25-30 см) всієї площі відвалу, тобто 76 га, це становить 87,4 тонни вапна. Далі було здійсне-

но аналіз вмісту важких металів у породах відвалу. У табл. 1 наведено середній вміст важких металів (із загальної кількості 212 проб) і мінімальні, проміжні та максимальні показники вмісту металів, наведені в таблиці, виведені як середнє з цих 212 показників, після чого було виведено середнє (умовно кларкове) значення з цих трьох показників.

Табл. 1. Визначення рухомих форм важких металів у ґрунті породного відвалу ЦЗФ

Вміст елемента	Вміст важких металів (мг/кг золи)							
	Zn	Cd	Ni	Co	Pb	Cu	Cr	Fe
Мінімальний	0	0	16.53	0	7.64	12.59	31.19	6.8
Проміжний	35.67	0.1	37.56	5	35.67	89.04	235.36	10.2
Максимальний	62.07	0.8	79.48	40	73.25	244.16	2159.1	15.6
Середнє значення	48.87	0.45	44.52	22.5	38.85	115.26	808.6	10.9
ГДК	23	0,5 (ОДК)	4	5	6	3	6	-

Передусім варто відзначити, що в багатьох місцях відбору проб вміст важких металів значно перевищував ГДК, навіть за середнім значенням, виведеним як середнє (умовно кларкове) на всю породу відвалу, вміст важких металів – свинцю, міді і особливо хрому (в 134 рази) значно перевищує ГДК.

Під час порівняння вмісту всіх ВМ у контрольних рослин з рослинами, які ростуть на відвалі, можна загалом сказати, що елементи поглинались селективно, однак за вмістом окремих елементів простежуються певні закономірності їх нагромадження. Вміст цинку знижувався у всіх трьох рослин за росту на породах, винятком є верба на червоній породі. На чорній породі у сосни спостерігалось зниження вмісту всіх елементів, крім свинцю, вміст якого підвищувався, що певною мірою дає змогу віднести сосну до групи рослин-уникачів, але за нагромадженням свинцю до рослин – акумуляторів.

Табл. 2. Визначення рухомих форм важких металів в рослинах породного відвалу ЦЗФ

Назва рослини (колір породи)	Вміст важких металів (мг/кг золи)							
	Zn	Cd	Ni	Co	Pb	Cu	Cr	Fe
Сосна (контр.)	896,0	24,0	423,23	60,25	69,68	159,8	155,2	280,8
Сосна (чорна)	196,1	24,6	307,52	54,86	79,79	92,56	78,00	269,8
Сосна (червона)	319,8	20,1	422,37	52,99	73,45	105,4	83,36	167,0
Робінія (контр.)	1289,2	26,5	431,81	56,47	16,35	340,4	161,6	987,6
Робінія (чорна)	928,87	24,6	200,14	64,85	40,28	286,8	186,8	1336
Верба (контр.)	354,78	8,79	52,39	24,86	56,59	18,11	13,69	75,50
Верба (чорна)	264,44	11,9	343,87	43,11	28,14	23,84	67,69	77,97
Верба (червона)	389,81	29,9	197,64	63,63	67,22	64,02	170,6	235,6

У робінії псевдоакації на чорній породі (на відвалі на червоній породі відсутня, росте на чорній в околицях відвалу) знижувався вміст цинку, кадмію, нікелю, міді, але збільшувався вміст кобальту, свинцю, хрому і заліза, тобто робінія являє собою рослину проміжного типу з більш чітким селективним поглинанням елементів. У верби козячої вміст всіх елементів (виняток – верба на чорній породі) за росту на обох породах збільшувався, що дає змогу віднести її до групи рослин-акумуляторів елементів, але за умови підвищеного вмісту ВМ у ґрунті, тобто у стресових умовах.

Однак цифри визначення вмісту ВМ у рослинах та їх зміни за дії стресового чинника не дають однозначної відповіді на питання, до якої групи віднести рослину і більш чітку відповідь про ставлення досліджуваних рослин до певної групи може дати аналіз показників коефіцієнта біологічного нагромадження (КБН) важких металів у рослинах, тобто відношення вмісту у рослині до вмісту металу у ґрунті, за величини якого, більшої за одиницю, рослину можна віднести до рослин акумуляторів. За показниками КБН усі дерева можна віднести до групи акумуляторів, за винятком нагромадження окремих елементів, а за нагромадженням, наприклад заліза і, особливо кадмію, навіть до гіперакумуляторів.

Табл. 3. Визначення коефіцієнта біологічного нагромадження важких металів

Назва рослини (колір породи)	Коефіцієнт біологічного нагромадження важких металів (вміст у сухій масі рослини/вміст у ґрунті)							
	Zn	Cd	Ni	Co	Pb	Cu	Cr	Fe
Сосна – контроль	18,3	53,4	9,5	2,67	1,79	1,38	0,19	25,8
Сосна (чорна)	4,01	54,6	6,9	2,43	2,05	0,8	0,09	24,8
Сосна (червона)	6,54	44,66	9,97	2,35	1,89	0,91	0,1	15,36
Робінія – контроль	26,38	58,22	9,69	2,5	0,42	2,95	0,19	90,85
Робінія (чорна)	19,0	54,66	4,49	2,88	1,03	2,48	0,23	122,9
Верба – контроль	7,25	19,53	1,17	1,1	1,45	0,15	0,02	6,94
Верба (червона)	7,97	66,44	4,43	2,82	1,73	0,55	0,21	21,67
Верба (чорна)	5,41	26,44	7,72	1,91	0,72	0,20	0,08	7,17

До винятків можна віднести те, що сосна не нагромаджує хром, робінія псевдоакація хром і свинець, верба козяча – хром і мідь. За росту на ґрунтах відвалу величина КБН змінюється, хоча однотипної реакції не спостерігалось – відзначено і збільшення, і зниження вмісту ВМ залежно від виду породи, однак навіть внаслідок зниження величини КБН рослини можна віднести до групи акумуляторів важких металів. Варто зазначити, що за наявності великої кількості ВМ у ґрунті у рослин спостерігається ефект "уникання", тобто знижується коефіцієнт нагромадження важких металів.

Таким чином, сосну звичайну, вербу козячу і робінію псевдоакацію можна рекомендувати для масових посадок на породних відвалах вугільних шахт Львівської області як не тільки ґрунтоутримувальних рослин, але і рослин – фітотормедіаторів важких металів, що зменшить їх вимивання з ґрунту відвалу та надходження у ґрунтові води і покращить екологічну ситуацію в районі.

Література

1. **Алексеев Ю.В.** Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л. : Изд-во "Агропромиздат". – 1987. – 142 с.
2. **Александрова Л.Н.** Лабораторно-практические занятия по почвоведению / Л.Н. Александрова, О.А. Найденова. – Л. : Изд-во "Агропромиздат", 1986. – С. 57-58.
3. **Баранов В.І.** Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ "Львів-системенерго" як об'єкта для озеленення / В.І. Баранов // Вісник Львівського університету. Сер. Біологічна. – 2008. – Вип. 46. – С. 172-178.
4. **Баранов В.І.** Хіміко-мінералогічний склад порід відвалу вугільних шахт ЦЗФ "Львів-системенерго" та їх вплив на проростання насіння / В.І. Баранов, І.Б. Книш // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку : матер. V міжнар. наук. конф. – Донецьк, 2007. – С. 36-37.
5. **Кузнецов Вл.В.** Физиология растений / Вл.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 2006. – 742 с.

6. **Определение содержания тяжелых металлов в пробах почвы** // В сб.: Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – изд. 2-е, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во ЦИНАО, 1992. – 32 с.

7. **Правила проведення біологічної рекультивації породних відвалів вугільних шахт України.** Видання офіційне. – К. : Вид-во "Мінвуглепром України", 2007. – 30 с.

8. **Прасад И.М.** Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами / И.М. Прасад // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 5. – С. 764-780.

9. **Citotoxicity, Mutagenicity and Carcinogenetic Potencial of Heavy Metals Related to Human Environment.** NATO-ASI, ser. 2. – Vol. 26 / Ed. Hadjiliadis N.D. Dordrecht: Kluwer, 1997. – 629 p.

10. **Phytoremediation.** Methods and Rewiews / Ed. Neil Willey / Bristol: Humana Press / Univ. West England. – 2007. – P. 516.

11. **Raskin I.** Phytoremediation of Toxic Metals. Using Plants to Clean Up the Environment / I. Raskin, B.D. Ensley // New-York: Wiley and Sons. – 2000. – P. 685.

Баранов В.И., Гузь М.М., Гавриляк М.С., Ващук С.П. Изучение содержания тяжелых металлов у древесных растений на девастированных почвах породного отвала угольных шахт

Исследовано содержание тяжелых металлов в почве и хвое сосны, листьях робинии лжеакации, ивы козьей – пионерских растениях породного отвала угольных шахт. Определенно коэффициент нагромождения тканями растений, на основе которого все три древесных породы можно отнести к группе аккумуляторов ТМ, а за нагромождением железа и кадмия даже к гипераккумуляторам, что дает возможность использовать их как фиторемедианты. Установлено, что сосну обычную, иву козьячу и робинию псевдоакацию можно рекомендовать для массовых посадок на породных отвалах угольных шахт Львовской области как не только почвоудерживающих растений, но и растений – фиторемедиаторив тяжелых металлов, что уменьшит их вымывание из почвы отвала и поступление в грунтовых воды и улучшит экологическую ситуацию в районе.

Baranov V.I., Guz M.M., Gavrilak M.Ja., Vaschuk S.P. Investigation of the heavy metals contents in the plants on the devastated soil in the result of coal mine's rock debris

The article is devoted to the investigation of the heavy metals content in the soil and in the wood plants in the result of coal mine's rock debris of the Central concentrating factory. The index of suitability to the phytoremediation and the plants stability to the unfavorable conditions of rock debris has been motivated scientifically. It is set that a pine-tree ordinary, willow of kozyachu and robiniyu pseudoacacia, can be recommended for the mass landings on the pedigree dumps of coal mines of the Lvov area as not only gruntuotrimuval'nikh plants but also plants – fitoremediatoriv of heavy metals, that will decrease their washing from soil a dump and entering ground of water and will improve an ecological situation in a district.

УДК 712.41 Доц. М.П. Курницька, канд. с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів
КОМПОЗИЦІЯ ДЕКОРАТИВНИХ ГРУП СТРИЙСЬКОГО ПАРКУ

Проаналізовано основні закономірності формування декоративних деревних груп Стрийського парку за структурними особливостями, композиційними чинниками побудови, систематикою та естетичністю. Зроблено узагальнення переважних властивостей досліджуваних декоративних груп. Встановлено, що основні вади груп пов'язані не так з композиційними моментами, як з ретельністю догляду і формування. У чагарників не здійснюють формувального обрізування, прорідження крон, не виконують випадкових домішок, спостерігається поростеве загушення композицій. Впливають на вигляд груп і благоустрій території, стан газонів, дорожні покриття і т. ін.

Ключові слова: композиція, парковий пейзаж, декоративні групи, проектування, декоративність.