

УДК 630.1-034.2/.8(477.68)
© 2017

В.М. ЗВЕРКОВСЬКИЙ,
доктор біологічних наук

С.А. СИТНИК,
кандидат біологічних наук

Дніпропетровський національний
університет імені Олеся Гончара –
Дніпропетровський державний
аграрно-економічний університет,
Україна

E-mail: Sytnyk_Svit@ua.fm

просп. Ю. Гагаріна, 72, м. Дніпро
вул. С. Єфремова 25, м. Дніпро

МЕТАЛИ
В СИСТЕМІ “ТЕХНОЗЕМ –
ROBINIA PSEUDOACACIA L.”
У РЕКУЛЬТИВАЦІЙНИХ
НАСАДЖЕННЯХ
СТЕПУ УКРАЇНИ

Досліджено вміст неорганічних контамінантів-металів (Sb, Pb, Cd, As, Ni, Cr) у деревині й корі стовбура, листках та плодах Robinia pseudoacacia L., що становить рекультивацийне насадження на техноземі вугільних шахтних відвалів. Отримані дані хімічних речовин субстрату вирощування робінії перевищують значення ГДК. Максимальні концентрації майже всіх досліджуваних металів зафіксовано у фракції листки, вищого концентрування досягав Нікель. Згідно зі значеннями коефіцієнтів біоаккумуляції, усі досліджувані метали належать до елементів слабого накопичення, Арсеніум та Нікель депонуються в надземній фітомасі дерев робінії найменше.

Ключові слова: надземна фітомаса, робінія несправжньоакація, неорганічні контамінанти-метали, рекультивация.

Постановка проблеми. Імобілізація неорганічних контамінантів-металів рослинами зі субстратів вирощування може використовуватися як ремедіаційний метод за оптимізації техногенно порушеного довкілля. Розробка заходів з охорони та оптимізації стану навколишнього середовища, забрудненого речовинами техногенного походження, передбачає дослідження закономірностей поглинання рослинами неорганічних контамінантів. До важливих належать питання подальшої утилізації надземної фітомаси з акумульованими хімічними речовинами з метою запобігання повторного забруднення різних структурних елементів екосистем. У цьому сенсі актуальним стає пошук стійких до токсикантів деревних видів рослин та їх депонуючих властивостей, які на значний

час будуть вилучати з навколишнього середовища та акумулювати їх переважно в тканинах деревини та кори.

За останні десятиліття отримані експериментальні підтвердження перспективності методу фіторемедіації, який застосовують для оптимізації трансформованих природних ландшафтів [2–5, 7, 8]. Дослідженню особливостей накопичення важких металів у системі “грунт–рослина” в умовах промислових зон присвячені роботи Н.І. Дроздової [2]. S.M. Ross (1994) вивчав питання утримання, трансформації та мобільності токсичних металів у ґрунтах [8]. У роботах M.N.W. Prasad з’ясовано функції механічного бар’єру ремедіаційної деревної рослинності, яка зростає в умовах техногенної міграції металів [7]. D.C. Adriano зі співавторами досліджено пи-

тання ремедіації порушеного довкілля із застосуванням деревних видів рослин [5]. Здійснено біогеоценологічне обґрунтування лісової рекультивації земель, порушених вугільною промисловістю в степовій зоні України [3]; визначено вміст важких металів у лісових насадженнях Північного Степу України [1, 4].

Невирішеними все ще залишаються питання біологічної акумуляції металів різними вегетативними і генеративними органами деревних рослин, що формують лісові насадження.

Мета дослідження – встановлення закономірностей акумуляції неорганічних контамінантів-металів у різних фракціях надземної фітомаси рослин робінії та її ремедіаційного потенціалу при рекультивації земель на шахтних відвалах.

Матеріали і методи дослідження. На ділянці лісової рекультивації шахти "Павлоградська" (Дніпропетровська область) була закладена пробна площа. Об'єктом дослідження слугували фракції надземної фітомаси (деревина і кора стовбура, листки, плоди) дерев робінії несправжньоакації (*Robinia pseudoacacia* L.) віком 41 рік, що зростає на техноземі у складі рекультивційного насадження. Зразки рослинного матеріалу відбирали тільки зі живих рослин, без ознак уражень, пошкоджень та хвороб.

Визначення концентрацій металів (*Sb*, *Pb*, *Cd*, *As*, *Ni*, *Cr*) у техноземі та рослинному матеріалі робінії здійснювали за допомогою методу плазмово-оптичної емісійної спектроскопії (ICP-OES). У даній роботі використаний спектрометр Technologist 5100 (Agilent) з індуктивно зв'язаною плазмою.

Для оцінювання процесу надходження і концентрування металів у компартментах

надземної фітомаси робінії несправжньоакації використовували коефіцієнт біологічної акумуляції як відношення середнього вмісту металів у різних фракціях до їх середнього вмісту в субстраті вирощування

$$K_{\text{бак}} = C_{\text{рк}} / C_{\text{суб}}$$

де $K_{\text{бак}}$ – коефіцієнт біологічної акумуляції; $C_{\text{рк}}$ – вміст металу в компартменті рослини, мг/кг; $C_{\text{суб}}$ – вміст металу в техноземі, мг/кг.

Результати дослідження та їх обговорення. На першому етапі робіт була визначена концентрація металів у субстраті вирощування та встановлена відповідність отриманих даних нормам ГДК та показникам, що вважають фітотоксичними (табл. 1).

Показники вмісту металів у досліджуваному техноземі в різному ступені перевищували значення ГДК хімічних речовин у ґрунті: *Pb* – 1,3; *Cd* – 5,3; *Ni* – 10,8; *As* – 12,9; *Cr* – 15,7 рази, за винятком Стибіуму, концентрація якого входила до діапазону допустимих значень. Підкреслимо, що встановлені значення концентрацій не виходять за межі фітотоксичності [6].

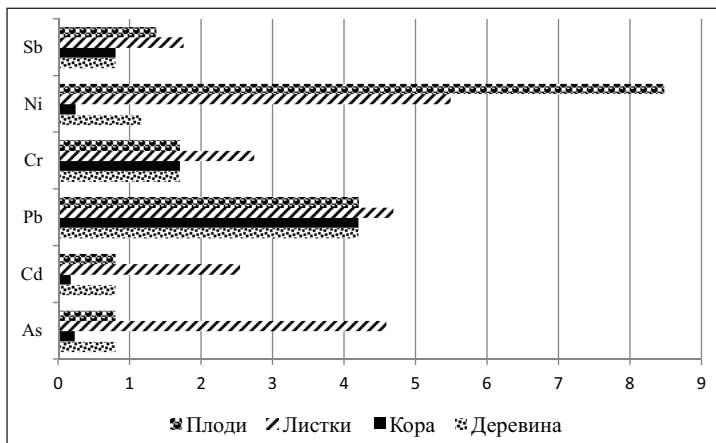
Неорганічні контамінанти на кислих субстратах, яким є досліджуваний технозем (рН 4,6–4,8), мають різний ступінь рухливості. Тканини фракцій надземної фітомаси здатні з неоднаковою інтенсивністю акумуляувати метали, тому на наступному етапі дослідження було визначено концентрацію досліджуваних металів у компартментах надземної фітомаси робінії (рисунок).

За абсолютними значеннями вмісту досліджувані речовини належать до групи неорганічних контамінантів низьких концентрацій: діапазон їх значень у фракціях надземної фітомаси робінії несправжньоакації становить 0,8–8,5 мг/кг абсолютно сухої маси.

1. Уміст металів у техноземі ділянки лісової рекультивації, мг/кг

Показник, мг/кг	Метал					
	Арсеніум	Кадміум	Плюмбум	Хром	Нікель	Стибіум
Концентрація	25,8 ± 2,73	5,3 ± 0,18	40,6 ± 3,58	93,9 ± 2,21	43,06 ± 2,53	1,5 ± 0,14
ГДК ґрунту	2,0	1,0	32,0	6,0	4,0	4,5
Фітотоксичність*	30,0	5,0	100,0	1000,0	-	-

* Визначено за А. Кабата-Пендіас (2010).



Уміст металів у надземній фітомасі робінії несправжньоакації, мг/кг

Однакову концентрацію в усіх досліджуваних компартментах надземної фітомаси (4,4–4,6 мг/кг) продемонстрував Плюмбум; Хром мав ту саму концентрацію – 1,7 мг/кг у всіх фракціях, крім листків, де відбувалося його більш інтенсивне концентрування (2,8 мг/кг). У розподілі Стибіуму виявлена однакова представленість у деревині і в корі стовбура (0,8 мг/кг) та його подвійне перевищення зазначених концентрацій у листках та плодах.

У фракції надземна фітомаса листків зафіксовані максимальні концентрації майже для всіх досліджуваних металів, з яких найвищого концентрування досягав Нікель – 5,5 мг/кг абсолютно сухої маси. Деревина і кора стовбура мають нижчі концентрації досліджуваних контамінантів порівняно з фракцією листки. У фракції деревина стовбура вище концентрування відносно кори стовбура зафіксовано для Нікелю, Кадміуму, Арсеніуму в 4,8; 4,7 та 3,5 раза відповідно. Однаковий вміст на одиницю абсолютно су-

хої маси виявлено для Плюмбуму, Хрому та Стибіуму.

У плодах робінії несправжньоакації максимального концентрування набув Нікель – 8,5 мг/кг, що є максимальною концентрацією, виявленою для досліджуваних хімічних речовин у всіх фракціях надземної фітомаси модельних дерев робінії у складі лісового рекультиваційного насадження. Найменший вміст у плодах продемонстрували Арсеніум та Хром.

За даними наукової літератури, коефіцієнти транслокації металів з ґрунту до рослинного організму становлять: *Pb* і *Cr* – 0,01–0,1; *Ni* і *Cu* – 0,1–1,0; *Zn* і *Cd* – 1,0–10,0 [6]. Результати розрахунків значень коефіцієнтів біологічної акумуляції за даними вмісту металів у компартментах надземної фітомаси робінії та субстраті вирощування підтверджують, що всі досліджувані метали в системі "технозем–надземна фітомаса робінії" належать до елементів слабого накопичення ($1 > \text{КБП} \geq 0,1$) – табл. 2.

2. Коефіцієнти біологічної акумуляції в надземній фітомасі робінії

Компартмент рослин	Метал					
	Арсеніум	Кадміум	Плюмбум	Хром	Нікель	Стибіум
Деревина	0,031	0,152	0,103	0,018	0,027	0,020
Кора	0,009	0,032	0,103	0,018	0,006	0,020
Листки	0,178	0,491	0,152	0,029	0,127	0,043
Плоди	0,031	0,152	0,103	0,018	0,197	0,034

Максимальне значення коефіцієнта біологічної акумуляції було зафіксовано для Кадміуму у фракції листки. Такі речо-

вини, як Арсеніум та Нікель депонуються в надземній фітомасі дерев робінії найменше.

Висновки

Технозем, що слугував субстратом для вирощування робінії несправжньоакації, характеризується фактичними концентраціями металів, які перевищують значення ГДК хімічних речовин ґрунту, за винятком Стібіуму. Більш ніж десятикратне перевищення ГДК встановлено для Арсеніуму та Хрому.

У всіх досліджуваних компартментах надземної фітомаси однакове концентрування було лише в Плюмбуму, розподіл інших металів мав індивідуальний характер. Максимальне концентрування майже всіх досліджуваних металів зафіксовано у фракції листки. Розташування елементів у цій фракції за зниженням концентрації має таку послідовність: $Ni > Pb > As > Cr > Cd$.

Деревина і кора стовбура мають нижчі концентрації досліджуваних контамінантів порівняно із фракцією листки, найвище концентрування зареєстровано в Плюмбуму.

У плодах робінії несправжньоакації максимального концентрування набув Нікель, що є максимальним показником, виявленим для досліджуваних металів у всіх фракціях надземної фітомаси. Найменший вміст металів у плодах зафіксували Арсеніум та Хром, за їх максимального перевищення ГДК у техноземі.

Досліджувані метали належать до елементів слабкої інтенсивності біологічної акумуляції у всіх фракціях надземної фітомаси робінії несправжньоакації.

Бібліографія

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.

2. Дроздова Н.И. Изучение особенностей накопления тяжелых металлов в системе "почва–растение" в условиях промышленных зон г. Гомеля / Н.И. Дроздова, Т.В. Макаренко // Экологический вестник. – 2015. – № 4(34). – С. 96–102.

3. Зверковський В.М. Біогеоценологічне обґрунтування лісової рекультивациі земель, порушених вугільною промисловістю в степовій зоні України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук / В.М. Зверковський. – Дніпропетровськ, 1999. – 40 с.

4. Ситник С.А. Вміст елементів групи важких металів у деревині головних лісотвірних порід рекреаційно-оздоровчих лісів

Північного Придніпровського Степу України / С.А. Ситник, В.М. Ловинська, М.М. Харитонов // Електронний науковий журнал "Лісове та садово-паркове господарство". – 2015. – № 6. – 9 с.

5. Role of assisted natural remediation in environmental cleanup / D.C. Adriano, W.W. Wenzel, J. Vangronsveld, N.S. Bolan // Geoderma. – 2004. – Vol. 122, Issues 2–4. – P. 121–142.

6. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants / A. Kabata-Pendias, H. Pendias. – CRC Press, 2001. – 432 p.

7. Prasad M.N.W. Metals in the environment – analysis by biodiversity / M.N.W. Prasad. – N.Y.: Marcel Dekker, 2001. – 504 p.

8. Ross S.M. Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils / S.M. Ross // Toxic metals in soil-plant system. – N.Y.: Wiley, 1994. – P. 63–152.