

**ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ХВОЇ СОСНОВИХ КУЛЬТУР
НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ**

Вивчено вміст елементів групи важких металів у ґрунті та хвої сосни кримської шахти "Павлоградська" Північного Степу України. Розглянуто особливості накопичення металів хвоєю сосни залежно від складу ґрунтової суміші. Здійснено порівняльний аналіз кумулятивних властивостей хвої сосни на шахтній породі з екземплярами, що ростуть на ділянках рекультивациі. Показано, що істотніше накопичення важких металів у хвої відбувається у варіанті зростання дослідних екземплярів на шахтній породі. Визначено коефіцієнти біологічного поглинання для групи досліджуваних важких металів (Ni, Pb, Sn, Zn, Cr, Cu).

Ключові слова: акумуляція важких металів; хвоя сосни; рекультивовані землі; Північний Степ України.

Вступ. Високий рівень техногенного забруднення довкілля важкими металами у багатьох регіонах набуває характеру екологічного лиха. Цілком очевидно, що це негативно позначається і на життєвому стані насаджень лісових екосистем та умовах зростання деревостанів (Hensiruk, 1992; Hulchak et al., 2011). Особливо це проявляється в районах промислових підприємств, виробничий цикл яких супроводжується викидами в атмосферу свинцю, кадмію, цинку, міді, сірки й інших токсикантів. Небезпека накопичення важких металів у деревних рослинах полягає насамперед у послабленні та припиненні їх життєвого потенціалу, що може призводити до негативної зміни їх репродуктивних властивостей.

Стан рослин є інформативним інтегральним показником, що відображає характер забруднення навколишнього середовища. Особлива увага приділяють хвойним рослинам, які мають меншу стійкість до атмосферних поллютантів, порівняно з листяними (Valetova, 2004). Асиміляційні органи рослин відіграють роль життєзабезпечувальної ланки у функціонуванні рослинних організмів і є надзвичайно чутливими до змін умов зростання (Hensiruk, 1992).

Використання біологічних показників рослинних об'єктів, зокрема кумулятивних властивостей рослинних тканин до хімічних елементів, є одним із критеріїв, що характеризує стан забруднення та ступінь токсичності ґрунтів важкими металами, зокрема, на ділянках рекультивациі, що представляє значний теоретичний та науковий інтерес.

Аналіз вмісту елементів групи важких металів в асиміляційних органах надасть змогу виявити токсичні концентрації для рослин, внаслідок чого можна здійснити діагностику стану лісонасаджень.

Мета роботи – вивчення закономірностей накопичення важких металів асиміляційними органами сосни на відвалах шахти "Павлоградська" Західного Донбасу Північного Степу України.

Матеріали та методика дослідження. Об'єктом дослідження слугувала сосна кримська (*Pinus palasi-ana* L.), що зростає на рекультивованих землях шахтних відвалів м. Павлоград Дніпропетровської обл. Дослі-

дження проводили на ділянці лісової рекультивациі, яку створено у 1975 р. у зоні шахтних полів шахти "Павлоградська". На ділянці відбувається інтенсивна деформація верхніх шарів літосфери (Zverkovskiy, 1999). Для цієї ділянки випробовували два варіанти насипних едафотопів: варіант 1 – чиста шахтна порода (дослід); варіант 2, 0-0,5 м чорнозему, 0,5 м піску, 1,0 шахтної породи. Відбір проб проводили для сосен 41-річного віку (Kukkola, Rautio & Huttunen, 2000). Зразки відбирали тільки із живих, здорових рослин, без ознак пошкодження та хвороб.

Соснову хвою відбрали з дерев, які зростають на ґрунті із шахтної породи (контроль) та рекультивованих ґрунтах – шахтна порода із насипним ґрунтом (дослід) (Anuchin, 1982).

Визначення концентрацій металів у ґрунтах і хвої сосни здійснювали за допомогою методу плазмово-оптичної емісійної спектроскопії (ICP-OES). У цій роботі використано спектрометр Technologist 5100 (Agilent) з індуктивно зв'язаною плазмою. Зразки рослин подрібнювали до порошокподібного стану, після чого наважку рослинного матеріалу (0,3 г) поміщали в хімічний стакан, додаючи 10 мл концентрованої HNO_3 , 2 мл 30 % H_2O_2 і залишали реагувати з хімічними реактивами впродовж 1 год. Далі кислотні розчини відфільтрували та проаналізували на вміст металів. Аналізування вмісту важких металів виконано в Жиронському університеті (Іспанія).

Результати дослідження. У ході експериментів виявлено істотні розбіжності щодо характеру накопичення окремих металів, що зумовлено насамперед їх вмістом у ґрунтовій суміші, а також характером потрапляння та розповсюдження, локалізації та міграції металу в рослинних тканинах.

Результати наших досліджень щодо визначення вмісту важких металів у хвої сосни показали наявну тенденцію їх накопичення у варіанті зростання дослідних екземплярів на шахтній породі, порівняно із рекультивованими землями (рис.).

Середній вміст практично усіх досліджених важких металів у хвої змінюється в межах від 1,56 до 69,15 мг/кг. Відповідно до представлених даних, найви-

Цитування за ДСТУ: Ловинська В. М. Вміст важких металів у хвої соснових культур на рекультивованих землях / В. М. Ловинська, М. М. Харитонов, В. М. Зверковський // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27(3). – С. 105–107

Citation APA: Lovynska, V. M., Kharytonov, M. M., & Zverkovskiy, V. M. (2017). The Content of Heavy Metals in the Needles of Pine Cultures on Reclaimed lands. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(3), 105–107. Retrieved from: <http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/279>

щу кількісну концентрацію дослідженого ряду металів виявлено для Плюмбума та Цинку, тоді як найменший вміст у хвої встановлено для Нікелю.

У разі додавання у варіант із шахтною породою суглинку простежено тенденцію до зниження концентрації усіх досліджуваних металів у хвої. Таке зниження становить для нікелю – 66,2 %, для свинцю – 78,6 %, для олова – 4 %, для цинку – 1,2 %, для хрому – 81,3 % та для міді – 30,0 %.

Зазначені результати показують, що якщо накопичення на шахтній породі таких металів, як Станум, Цинк, Купрум відбувається незначно, то вміст Нікелю у хвої зростає у 3,0, свинцю – в 4,7, а хрому – в 5,4 разів.

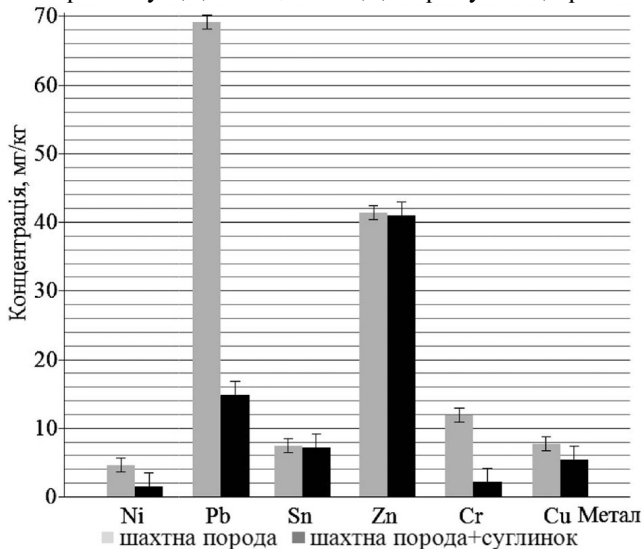


Рис. Вміст важких металів у хвої рослин сосни кримської

Відомо, що в невеликих концентраціях мідь і нікель є потрібними для рослин, беручи участь у процесах метаболізму (Chernavina, 1970). Однак у надлишкових концентраціях важкі метали можуть заважати надходженню в рослину інших елементів живлення, що приз-

водитиме до порушення збалансованості мінерального складу (Kukkola, Rautio & Huttunen, 2000).

Зверковський В. М. дослідив кількісний вміст мікроелементів у листях рослин та їх варіювання у визначених межах (Zverkovskiy, 1999). Дані щодо таких важких металів як нікель, свинець, мідь на варіанті шахтної породи з суглинком, які ми отримали, узгоджуються з результатами автора, тоді як на чистій шахтній породі значення вмісту зазначених елементів перевищує величину максимуму на 22 % (нікель), 85 % (хром).

Найбільший показник акумулювання елементів токсичної групи визначено для Свинцю, вміст якого у хвої екземплярів, що зростали на шахтній породі, перевищував такий у вегетативній частині листяних порід, описаних в роботі (Zverkovskiy, 1999) – у 3,6 раза. Значення вмісту такого елемента як Мідь входить у межі зазначеного діапазону для листя рослин, що повністю узгоджується із автором.

Отже, за аналогічних умов навколишнього середовища, акумулювання важких металів асимілюючими органами треба віднести до впливу техногенного забруднення шляхом надходження елементів із ґрунтовим розчином. Токсичне депонування елементів із спостережено для кожного з досліджуваних металів.

Порівняння даних щодо вмісту досліджуваних елементів у ґрунті з гранично допустимими концентраціями (ГДК) у двох досліджуваних варіантах показало, що як на шахтній породі, так і в разі додавання суглинку, спостережено перевищення допустимих норм металів (табл. 1) (Trahtenberg, 1994).

Показники вмісту елементів групи важких металів на шахтній породі перевищують ГДК у ґрунтах в 1,27 (Pb), 10,81 (Ni), 20,2 (Sn), 2,5 (Zn), 9,2 (Cu) разів. Концентрація хрому на дослідній ділянці більша за показник гранично допустимого у 1877,2 раза. Для характеристики біологічної активності хвої сосни кримської розраховано коефіцієнт біологічного поглинання (акумуляції) (КБП) (табл. 2).

Табл. 1. Вміст важких металів у ґрунті

Варіант субстрату	Концентрація металів (мг/кг) + стандартне відхилення					
	Нікель	Плюмбум	Станум	Цинк	Хром	Купрум
Шахтна порода	43,06 ^{±2,55}	40,64 ^{±14,58}	40,45 ^{±1,40}	56,48 ^{±1,57}	93,86 ^{±2,21}	27,50 ^{±0,19}
Шахтна порода+суглинок	29,59 ^{±0,07}	18,14 ^{±2,70}	24,63 ^{±2,18}	60,43 ^{±9,47}	56,38 ^{±3,36}	24,01 ^{±6,38}
ГДК	4,0	32,0	2,0	23,0	0,05	3,0

Табл. 2. Значення коефіцієнтів біологічної акумуляції

Варіант субстрату	Концентрація металів (мг/кг) + стандартне відхилення					
	Нікель	Плюмбум	Станум	Цинк	Хром	Купрум
Шахтна порода	0,107	1,702	0,184	0,734	0,127	0,281
Шахтна порода + суглинок	0,053	0,818	0,290	0,678	0,040	0,226

Відповідно до представлених даних, за шкалою І. А. Авессаломова (1987), із вивчених металів до елементів групи сильного накопичення ($10 > \text{КБП} \geq 1$) належить Плюмбум, усі інші метали – до елементів слабкого накопичення ($1 > \text{КБП} \geq 0,1$) (Avessalomov, 1987). Із даних таблиці видно, що біопоглиняльна активність хвої сосни, яка зростає в умовах впливу шахтної породи, в 1,1-3,2 раза вища, порівняно із варіантом зростання із додаванням до неї суглинку. Це стосується усіх досліджених металів, окрім Стануму, для якого виявлено вищу кумулятивну здатність у варіанті із суглинком.

Висновки:

1. Встановлено тенденцію до накопичення елементів групи важких металів у варіанті зростання дослідних екземплярів на шахтній породі, порівняно із рекультивованими землями.
2. Вміст важких металів на шахтній породі перевищує гранично допустимі концентрації в 1,27 (Pb) – 20,2 раза.
3. Найвищий вміст у хвої сосни на шахтній породі з дослідженого ряду металів виявлено для Свинцю та Цинку, тоді як найменший – для Нікелю.
4. Порівняльний аналіз кумулятивних властивостей хвої сосни на шахтній породі з екземплярами, що ростуть

на ділянках рекультивациі, показав, що якщо накопичення в асиміляційних органах на шахтній породі таких металів, як Sn, Zn, Cu відбувається незначно, то вміст Ni зростає у 3, Pb – у 4,7, Cr – у 5,4 разів.

5. За коефіцієнтом біологічного поглинання, до елементів сильного накопичення віднесено Pb, тоді як всі інші виявилися елементами слабого накопичення.

Перелік використаних джерел

- Апучин, Н. Р. (1982). *Lesnaja taksacija*. Moscow: Lesn. prom-st, 552 p. [in Russian].
 Avessalomov, I. A. (1987). *Geohimicheskie pokazateli pri izuchenii landshaftov: ucheb.-metod. posobie*. Moscow: Moskovskij universitet, 108 p. [in Russian].
 Chernavina, I. A. (1970). *Fiziologija i biohimija mikrojelementov*. Moscow: Vysshaja shkola, 310 p. [in Russian].
 Hensiruk, S. A. (1992). *Lisy Ukrainy*. Kyiv: Nauk. dumka, 408 p. [in Ukrainian].

- Hulchak, V. P., Kravchuk, M. F., Dudynets, A. Ya. et al. (2011). *Osnovni polozhennia orhanizatsii i rozvytku lisovoho hospodarstva Dnipropetrovskoi oblasti*. Irpin: Prytoka, 129 p. [in Ukrainian].
 Kukkola, E., Rautio, P., & Huttunen, S. (2000). Stress indications in copper- and nickel-exposed Scots pine seedlings. *Environ. Experim. Botany*, 43(3), 197–210.
 Trahtenberg, I. M. (1994). *Tjzhelye metally vo vneshnej srede: Sovremennye gigienicheskie i toksikologicheskie aspekty*. Minsk: Nauka i tehnika, 286 p. [in Russian].
 Valetova, E. A. (2004). Vlijanie tehnogennogo zagrjaznenija na sodержanie tjzhelyh metallov v hvoe sosny. *Vosstanovlenie narushennyh landshaftov*, 4, 261–264. Barnaul: AltGU. [in Russian].
 Zverkovskiy, V. M. (1999). Bioheotsenolohichne obgruntuvannia lisovoi rekultyvatsii zemel, porushenykh vuhilnoi promyslovistiu v stepovii zoni Ukrainy. *Abstract of candidate dissertation for biological sciences* (03.00.16 – Ecology). Dnipropetrovsk, 40 p. [in Ukrainian].

В. Н. Ловинская, Н. Н. Харитонов, В. Н. Зверковский

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ХВОЕ СОСНОВЫХ КУЛЬТУР НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

Изучено содержание элементов группы тяжелых металлов в почве и хвое сосны крымской в зоне шахты "Павлоградская" Северной Степи Украины. Рассмотрены особенности накопления металлов хвоей сосны в зависимости от состава почвенного субстрата. Осуществлен сравнительный анализ кумулятивных свойств хвои сосны, произрастающей на шахтной породе с экземплярами, растущих на участках рекультивации. Показано, что более существенное накопление тяжелых металлов в хвое происходит в варианте роста опытных экземпляров на шахтной породе. Определены коэффициенты биологического поглощения для группы исследуемых тяжелых металлов (Ni, Pb, Sn, Zn, Cr, Cu).

Ключевые слова: аккумуляция тяжелых металлов; хвоя сосны; рекультивированные земли; Северная Степь Украины.

V. M. Lovynska, M. M. Kharytonov, V. M. Zverkovskiy

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE NEEDLES OF PINE CULTURES ON RECLAIMED LANDS

Plant condition is informative integral indicator that reflects the characters of environment contamination. The special attention is given to conifers, which have a lower resistance to atmospheric pollutants compared to deciduous plants. The aim of research is to study the features of accumulation of heavy metals by assimilating organs of pine growing on the mine dumps of Western Donbas within Northern Steppe of Ukraine. The object of the study was the Crimean pine (*Pinus palasiana* L.) growing on reclaimed land of Pavlograd mine dumps within Dnipropetrovsk region. The study was conducted at the site of forest restoration, created in 1975 in the area of mine field of the mine "Pavlogradska". Pine needles were selected from trees that grow in the soil of mine rocks (experiment sample) and reclaimed soils – the mine rock with suclay (control). Determining the concentration of heavy metals in soil and pine needles was performed using the method of plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) on the spectrometer Technologist 5100 (Agilent), in Spain, Girona. The results of the research determining heavy metals content in pine needles showed the existing trend of accumulation in the version of growth experiment samples on the mine rock compared to the reclaimed lands. Firstly, we have found that the average content of heavy metals in the pine needles ranges from 1.56 to 69.15 mg/kg. The highest concentration of the studied metals range found for Pb and Zn, while the lowest content in the needles established for Ni. These results show that if the metals accumulation on the mine rock is small for Sn, Zn, Cu, then the content of Ni in needles increases in 3.0, Pb in 4.7, and Cr in 5.4 times. Secondly, the comparison of the contents of the studied elements in the soil with the maximum permissible concentration in two studied variants showed that both the mine rock, so with adding suclay, observe the excess of the acceptable norm of metals. Thirdly, the indicators of content elements of heavy metal at the mine rock exceeding the maximum permissible concentration in soils at 1.27 (Pb), 10.81 (Ni), 20.2 (Sn), 2.5 (Zn), 9.2 (Cu) times. Finally, to characterize the biological activity of Crimean pine needles, the biological coefficient accumulation was calculated. From the studied metals lead belongs to the elements with strong accumulation ability and all other metals belong to elements of weak accumulation. Accumulated activity of pine that grows under the influence of mine rock in 1.1-3.2 times higher compared to the variant of mine rock with adding suclay. To conclude, the research results showed a trend of accumulation of heavy metal elements in the variant of growth sample copies on the mine rock, compared to plants growing in the reclamation areas.

Keywords: accumulation of heavy metals; pine needles; reclaimed lands; the Northern Steppe of Ukraine.

Інформація про авторів:

Ловинська Вікторія Миколаївна, канд. біол. наук, доцент, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна. **Email:** glub@ukr.net

Харитонов Микола Миколайович, д-р с.-г. наук, професор, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна. **Email:** nick-nick@mail.ru

Зверковський Василь Миколайович, д-р біол. наук, професор, Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, Дніпро, Україна. **Email:** zverkovsky@yahoo.com