

**Бібліографічні посилання**

1. **Адерихин П. Г.** Влияние лесной растительности на черноземы / П. Г. Адерихин, А. Л. Бельгард, С. В. Зонн // Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. – М. : Наука, 1983. – С. 117–126.
2. **Белова Н. А.** Естественные леса и степные почвы (экология, микроморфология, генезис) / Н. А. Белова, А. П. Травлеев. – Днепропетровск : ДГУ, 1999. – 348 с.
3. **Белова Н. А.** Экология, микроморфология, антропогенез лесных почв степной зоны Украины / Н. А. Белова. – Днепропетровск : ДГУ, 1997. – 263 с.
4. **Бельгард А. Л.** Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М. : Лесн. пром-сть, 1971. – 335 с.
5. **Гродзинский Д. М.** Естественная радиоактивность растений и почв / Д. М. Гродзинский. – К. : Наук. думка, 1965. – 216 с.
6. **Гродзинський Д. М.** Радіобіологія / Д. М. Гродзинський. – К. : Либідь, 2000. – 448 с.
7. **Іванов Є. А.** Радіоекологічні дослідження / Є. А. Іванов. – Л. : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2004. – 149 с.
8. **Кічно В. І.** Основи радіобіології та радіоекології / В. І. Кічно, С. В. Поліщук, І. М. Гудков. – К. : ХайТекПрес, 2010. – 320 с.
9. **Травлеев А. П.** Изучение естественной радиоактивности лесных биогеоценозов юго-востока СССР / А. П. Травлеев, Т. М. Антоненко, А. Г. Лындя // Вопросы степ. лесовед. и охраны природы. – Днепропетровск : ДГУ, 1975. – Вып. 5. – С. 13–19.
10. **Травлеев А. П.** Материалы к номенклатуре и классификации лесных почв подзоны настоящих степей / А. П. Травлеев // Вопросы степ. лесоведения. – Днепропетровск : ДГУ, 1972. – С. 16–21.
11. **Травлеев А. П.** Характеристика почв лесных культурбиогеоценозов настоящих степей СССР / А. П. Травлеев // Вопросы степ. лесовед. и охраны природы. – Днепропетровск : ДГУ, 1977. – С. 8–21.
12. **Тупика Н. П.** Характеристика гумусного состояния почв лесных биогеоценозов Присамарья / Н. П. Тупика // Вопросы степ. лесовед. и научные основы лесной рекультивации земель. – Днепропетровск : ДГУ, 1985. – С. 44–48.
13. **Ivanov Y. A.** Migration of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr from chernobyl fallout in Ukrainian, Belarussian and Russian soils / Y. A. Ivanov, N. Lewyckyj, S. E. Levchuk // Journal of Environmental Radioactivity. – 1997. – Vol. 35, Issue 1. – P. 1–21.
14. **Sizoo G. J.** Radioactivity and granular composition of soil / G. J. Sizoo, P. J. Hoogteijling // Physica. – 1947. – Vol. 13, Issue 9. – P. 517–528.

*Надійшла до редколегії 06.06.2013.*

УДК 631.474+631.452

**Н. Ф. Павлюкова, О. Ю. Рижова**

*Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара*

**ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ДЕЯКИХ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ  
У СИСТЕМІ «ГРУНТ – РОСЛИНА»**

**Вивчено видоспецифічні особливості акумуляції свинцю, нікелю та кадмію в системі «грунт – рослина» за різного рівня забруднення ґрунту зазначеними елементами. Установлено, що найвищий фітоекстракційний потенціал характерний для квітково-декоративних рослин (здатних до значної акумуляції у вегетативних органах важких металів).**

*Ключові слова:* важкі метали, деревно-чагарникові та квітничково-декоративні рослини, ґрунт.

**Изучены видоспецифические особенности аккумуляции свинца, никеля и кадмия в системе «почва – растение» в зависимости от различного уровня загрязнения почвы этими элементами. Установлено, что высший фитоэкстракционный потенциал характерен для цветочно-декоративных растений.**

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, древесно-кустарниковые и цветочно-декоративные растения, почва.

**Learning of species-specific features of lead nickel and cadmium accumulation in the system «soil – plant» at the different soil contamination level by the noted elements. It is set that the greatest phytoextraction potential is distinguishing for flower-garden plants.**

*Key words:* heavy metals, wood, flower-garden plants, soil.

Серед екологічних проблем особливе місце посідає проблема забруднення токсичними викидами навколишнього середовища і його вплив на рослинність. Її вивчення вимагає, щоб і забруднювачі, і рослини розглядалися не самі по собі, а як взаємний вплив, оскільки в даному випадку перш за все становить інтерес не накопичення в ґрунті важких металів, а вплив цього процесу на живі організми [1; 2]. У працях із даної тематики важливо також мати уявлення про фактори, які регулюють надходження елементів-забруднювачів не тільки у ґрунт, а й у рослини [3]. За останні десятиріччя швидко поширилось вивчення гомеостазу важких металів у рослинах, що зумовлено трьома подіями. Однією з них було введення у культуру природно відібраних металотолерантних рослин для вивчення фізіологічних аспектів стійкості рослинних організмів до абіотичного стресу, зумовленого дією важких металів [4]. Другою – постулат про те, що металоакмулювальні рослини можуть використовуватись для очищення забруднених ґрунтів – фітореMediaції [5] та, нарешті, ідентифікація у рослин металодетоксифікувального ферменту фітохелатин синтази, що, у свою чергу, зумовило важливість молекулярно-генетичного підходу у розкритті фундаментальних основ детоксифікації важких металів.

Проте в розвитку підходу до очищення забруднених ґрунтів ще бракує всебічного розуміння комплексу гомеостатичних механізмів рослин та функціонування певних бар'єрних механізмів (ґрунт – рослина) на шляху надходження токсикантів до цілої рослини або її певних вегетативних органів [6].

Тому метою роботи було встановлення видоспецифічних особливостей акумуляції свинцю, нікелю та кадмію в системі «ґрунт – рослина» за різного рівня забруднення ґрунту зазначеними елементами.

**Об'єкт і методи дослідження.** Об'єктами досліджень були деревно-чагарникові і квітниково-декоративні рослини. У модельних дослідах використовували 2–3-річні саджанці, які перевалювали до поліетиленових контейнерів на 5 кг ґрунту (чорнозем звичайний), квітниково-декоративні рослини висаджували в контейнери на 2 кг ґрунту і вирощували в них упродовж досліду. Суміш важких металів (свинцю, кадмію, цинку) вносили у вигляді водного розчину в концентраціях 5, 10, 20 ГДК.

Визначення вмісту зазначених важких металів проводили аналітичними методами з використанням атомно-адсорбційного спектрофотометра С 115 (Україна) та подальшою статистичною обробкою отриманих даних із використанням загальних методів параметричної статистики та математичної програми Statgraphic.

**Результати досліджень.** Проведені дослідження накопичення свинцю в кореневій системі рослин дозволили встановити, що за дії суміші важких металів із концентрацією 5 ГДК рівень його акумуляції значно варіює залежно від виду рослини. Так, у ялини звичайної, сумаху, таволги верболистої, таволги мензієсової темпи поглинання цього елемента з ґрунту доволі повільні, а концентрація свинцю в коренях цих видів не перевищує 20 мкг/г сухої речовини (табл.). До групи із значно вищим накопиченням можна віднести більшість досліджених видів рос-

лин, у яких вміст свинцю складає від 30 до 100 мкг/г сухої речовини (табл.). Серед досліджених рослин найвищим ступенем акумуляції свинцю в кореневій системі відрізняються туя західна та нагідки лікарські з вмістом важкого металу 228,7 і 129,6 мкг/г сухої речовини відповідно.

Таблиця

**Вміст деяких важких металів у кореневій системі деревних рослин у модельному досліді з важкими металами (мкг/г сухої речовини)**

Варіант дослідю	Pb		Cd		Ni	
	M ± m	t <sub>st</sub>	M ± m	t <sub>st</sub>	M ± m	t <sub>st</sub>
1	2	3	4	5	6	7
Ялина звичайна						
Контроль	7,77 ± 0,4	–	1,48 ± 0,11	–	5,96 ± 0,57	–
5 ГДК	19,8 ± 1,84	6,4	8,44 ± 0,45	15,1	14,91 ± 0,83	8,9
10ГДК	69,37 ± 5,21	11,8	23,93 ± 2,0	11,2	33,45 ± 3,05	8,9
20 ГДК	327,82 ± 18,78	17,0	63,69 ± 3,23	19,2	112,38 ± 11,41	9,3
Сосна кримська						
Контроль	4,91 ± 0,49	–	2,41 ± 0,16	–	1,85 ± 0,14	–
5 ГДК	21,68 ± 1,17	13,5	4,77 ± 0,28	7,3	7,1 ± 0,44	11,2
10 ГДК	41,3 ± 3,35	10,8	24,09 ± 0,98	21,9	27,67 ± 2,4	10,7
20 ГДК	81,1 ± 6,09	12,5	48,42 ± 3,56	12,9	84,37 ± 7,94	10,4
Сумах пухнастий, ф. розсіченолиста						
Контроль	3,71 ± 0,34	–	1,04 ± 0,06	–	4,69 ± 0,35	–
5 ГДК	12,77 ± 1,24	7,0	7,04 ± 0,8	7,5	34,57 ± 3,01	9,9
10 ГДК	22,5 ± 1,67	11,0	13,14 ± 0,89	13,6	52,19 ± 3,2	14,8
20 ГДК	47,13 ± 4,25	10,2	33,85 ± 3,25	10,1	105,51 ± 10,05	10,0
Сумах пухнастий						
Контроль	4,23 ± 0,3	–	1,03 ± 0,07	–	3,78 ± 0,26	–
5 ГДК	14,72 ± 1,14	8,9	5,92 ± 0,48	10,1	8,34 ± 0,74	5,8
10 ГДК	29,23 ± 2,14	11,5	10,19 ± 0,85	10,8	61,29 ± 3,72	15,4
20 ГДК	61,77 ± 4,12	13,9	38,38 ± 3,77	9,9	94,52 ± 8,15	11,1
Туя західна						
Контроль	23,41 ± 1,51	–	5,19 ± 0,4	–	7,34 ± 0,45	–
5ГДК	228,72 ± 15,12	13,5	17,75 ± 1,76	3,42	26,32 ± 2,58	7,2
10ГДК	305,4 ± 25,97	10,8	32,78 ± 2,52	6,32	57,03 ± 3,1	15,8
20ГДК	715,75 ± 39,52	17,5	77,79 ± 6,83	14,99	173,58 ± 9,37	17,7
Туя складчаста						
Контроль	8,92 ± 0,74	–	2,33 ± 0,16	–	2,12 ± 0,11	–
5 ГДК	59,36 ± 4,31	11,5	15,83 ± 1,13	11,8	35,98 ± 3,5	9,7
10ГДК	240,06 ± 16,24	14,2	31,19 ± 2,99	9,7	72,4 ± 4,79	14,7
20 ГДК	326,27 ± 23,23	13,7	65,95 ± 4,88	13,0	152,6 ± 10,69	14,1

M ± m – середньоарифметичне значення та його похибка, t<sub>st</sub> – значення коефіцієнта Стьюдента (статистично достовірної різниці двох середніх відносно контролю).

За розрахунками показника внутрішньотканинного забруднення можна дійти висновку, що найвищою фітоекстракційною здатністю володіють три види пенстемонів: аризонський, красивий і зглажений, оскільки його значення у них максимальні. Разом із цим найефективніше функціонування бар'єрних механізмів, що запобігають транслокації важких металів із ґрунту до кореневої системи рослин, спостерігається у таволг.

При вирощуванні рослин з вмістом суміші важких металів у ґрунті 10 ГДК не було встановлено значних відмінностей у накопиченні свинцю в кореневій системі відносно попереднього варіанта дослідів. Слід лише зазначити, що асортимент

видів із максимальними темпами акумуляції цього важкого металу дещо розширився і в коренях бальзаміну садового, майорців струнких, нагідок лікарських, титонії круглолистої і туї західної концентрація свинцю зросла вже до 272–493 мкг/г сухої речовини. Внесення у ґрунт максимальної концентрації суміші важких металів викликало суттєве зростання вмісту свинцю в кореневій системі переважної більшості видів рослин. Це може свідчити про вичерпність ємності захисних механізмів в умовах жорсткого металевого навантаження, але, в той же час (якщо загибелі рослини в цілому не спостерігається), – про запуск внутрішньоклітинних механізмів детоксикації та компартменталізації. Разом із цим, чітко виділяється група видів із найнижчим фітоекстракційним потенціалом, до складу якої входять переважно деревно-чагарникові рослини: сосна кримська, сумахи, таволги та два види пенстемонів, у яких концентрація свинцю не перевищувала 150 мкг/г сухої речовини. Наведена тенденція підтверджується і розрахованими показниками внутрішньотканинного забруднення, які для деревно-чагарникових рослин були мінімальними, а для пенстемонів, як і у попередніх варіантах дослідів, відмічена слабка ефективність функціонування бар'єру «ґрунт – рослина».

Аналізуючи вміст кадмію в кореневій системі рослин за його мінімального рівня надходження у ґрунт, слід зазначити, що майже у всіх залучених до експерименту деревно-чагарникових рослин темпи його акумуляції досить повільні і вони не накопичують значних кількостей цього елемента. Проте вміст нікелю в кореневій системі квітничково-декоративних рослин відрізнявся доволі суттєвими темпами акумуляції цього металу, які в 1,5–30 разів перевищували аналогічний вміст у деревно-чагарникових рослин (табл.).

У варіантах дослідів з унесенням у ґрунт 10 ГДК суміші важких металів досліджені види рослин за рівнем накопичення кадмію в кореневій системі підрозділяються на дві групи. Першу складають види, у яких відмічене стрімке зростання концентрації токсиканта (в 4–6 разів порівняно з попереднім варіантом дослідів), що може вказувати на доволі слабку інтенсивність функціонування бар'єрних механізмів детоксикації важких металів. До другої групи можна віднести види з більш розвиненими бар'єрними механізмами, у яких концентрація токсиканта зросла лише в 1,5–2 рази. До цієї групи належать практично всі деревно-чагарникові рослини. Із підвищенням концентрації внесеного у ґрунт нікелю до 10 ГДК поступово збільшується і його концентрація в кореневій системі рослин. У восьми деревно-чагарникових видів концентрація нікелю в коренях не перевищує 100 мкг/г сухої речовини (табл.). Найвищий ступінь акумуляції токсиканта притаманний деяким представникам квітничково-декоративних рослин – майорці стрункі, бальзамін садовий.

Аналіз розподілу кадмію і нікелю в кореневій системі рослин за їх максимальної концентрації в ґрунті дозволив виявити подальше зростання розриву у вмісті токсикантів між квітничково-декоративними і деревно-чагарниковими видами. Наведена тенденція підтверджується і розрахунками показника внутрішньотканинного забруднення, які у представників першої групи видів були значно вищі.

**Висновки.** Процесам транслокації важких металів у системі «ґрунт – рослина» притаманний дозозалежний ефект. Також доведено видоспецифічну здатність рослин до часткового вилучення важких металів із активного кругообігу шляхом їх іммобілізації у тканинах кореневої системи. Найактивніший вплив бар'єрних механізмів на системи рослин відмічено для деревно-чагарникових рослин, зокрема, для сосни кримської, ялини звичайної та сумаху пухнастого, у яких рівень перерозподілу токсикантів у системі «ґрунт – рослина» виявився мінімальним. Найвищий фітоекстракційний потенціал характерний для квітничково-декоративних рослин, здатних до значної акумуляції у вегетативних органах важких металів.

## Бібліографічні посилання

1. **Алексеев Ю. В.** Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. **Коршиков И. И.** Взаємодія рослин з техногенно-забрудненим середовищем / И. И. Коршиков, В. С. Котов, И. П. Михеєнко. – К. : Наук. думка, 1997. – 175 с.
3. **Кулагин А. А.** Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей / А. А. Кулагин, Ю. А. Шагиева. – М. : Наука, 2005. – 190 с.
4. **Серегин И. В.** Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения / И. В. Серегин, В. Б. Иванов // Физиология растений. – 2001. – № 4. – С. 606–630.
5. **Скопецька О. В.** Комплексний еколого-фізіологічний аналіз міграції та нагромадження свинцю в агроєкосистемах / О. В. Скопецька, О. І. Косик, М. М. Мусієнко // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – № 1. – С. 27–35.
6. **Salt D. E.** Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants / D. E. Salt, I. Raskin // Biotechnology. – 1995. – Vol. 13. – P. 468–474.

*Надійшла до редколегії 15.04.2013.*

УДК 528.7:63.502

**И. А. Тарахкало**

*Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара*

## К ВОПРОСУ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПИРОГЕННЫХ СУКЦЕССИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Проведен аналіз локальних теплових аномалій на території Луганської області за період з 2008 по 2012 год. Установлена сезонна піковість виникнення пірогенних явлень, виділено два пікових періода, повторюючихся з різною інтенсивністю из года в год.**

*Ключевые слова:* пірогенні сукцесії, локальні теплові аномалії.

**Проведено аналіз локальних теплових аномалій на території Луганської області за період із 2008 по 2012 рік. Установлено сезонну піковість виникнення пірогенних явищ, виділено два пікові періоди, які повторюються з різною інтенсивністю з року в рік.**

*Ключові слова:* пірогенні сукцесії, локальні теплові аномалії.

**An analysis of the local thermal anomalies in the Lugansk region has been conducted in the period from 2008 to 2012. Seasonal peaks of pyrogenic events have been identified, highlighting two peak periods, recurring with varying intensity from year to year.**

*Key words:* pyrogenic succession, local thermal anomalies.

Пірогенні сукцесії<sup>1</sup> (лат. pyrogenic succession) представляють собою серйозну проблему для степної зони України. Эти процессы влекут за собой как значительные экономические потери, так и непоправимый ущерб биосфере.

Большое значение для предотвращения и снижения негативных последствий от пиrogenных процессов имеет прогнозирование возникновения и развития пиrogenной динамики на определенной территории.

<sup>1</sup>Сукцессионные изменения растительности после степного, лесного или какого-либо другого пожара. Существенный вклад в развитие представлений о сукцессии внес В. Н. Сукачев.