

УДК 631.421.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.47>

ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ҐРУНТІВ АГРОЕКОСИСТЕМИ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

Врадій О.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища,

Вінницький національний аграрний університет

Саямон А.В. – аспірант кафедри екології та охорони навколишнього середовища,

Вінницький національний аграрний університет

Досліджено, що ґрунтовий покрив – це один з основних світових ресурсів. Ґрунт необхідний для розвитку сільського господарства. Він не тільки володіє необхідними для сільського господарства властивостями, такими як родючість, а також підтримує стабільність навколишнього середовища в цілому. Тому збереження та покращення родючості ґрунтів є одним з головних викликів для людства. Сільськогосподарські землі використовуються в сільськогосподарських цілях. Перш за все, їх продуктивність завжди зазнає постійного негативного впливу як природних, так і антропогенних процесів. З часом забруднюючі речовини накопичуються в ґрунті і спричиняють його фізичне руйнування. Особливо на територіях, прилеглих до великих міст, забруднення ґрунтів важкими металами на сьогоднішній день є актуальною проблемою. Проаналізовано, що одним із найпоширеніших забруднювачів ґрунтового покриву є важкі метали, що надходять до ґрунту в результаті дії антропогенних факторів. На землях сільськогосподарського призначення, що знаходяться в приватній власності, вирощується понад 60 % рослинницької продукції, тому вивчення вмісту важких металів на цих територіях є актуальним питанням. У даній роботі представлені результати досліджень вмісту важких металів у ґрунтах агроecosистеми, що включає в свій склад ліси та поля в межах села Плебанівка Жмеринського району Шаргородської міської громади Вінницького району Лісостепу Правобережного. Встановлена присутність концентрації важких металів: Pb, Cd, Zn та Cu у ґрунтах досліджуваної агроecosистеми. Перевичень гранично-допустимих концентрацій немає, але у зразку № 5, що відібраний в 500 м від лісу спостерігається найвища концентрація Pb у 1,98 мг/кг серед інших відібраних зразків. Найвища концентрація Cd – 0,10 мг/кг присутня у зразку № 1, що відібраний на відстані 10 м від лісу. А концентрація Cu найвища у зразку № 3 та № 5, що становить – 0,68 мг/кг, які відібрані на відстані від лісу у 100 та 500 м.

Ключові слова: агроecosистема, гранично допустима концентрація, ліс, важкі метали, перевищення.

Vradii O.I., Saliamon A.V. Ecotoxicological assessment of soils of the agroecosystem of the Right Bank Forest Steppe

It has been studied that soil cover is one of the main global resources. Soil is necessary for the development of agriculture. It not only has properties necessary for agriculture, such as fertility, but also supports the stability of the environment as a whole. Therefore, preservation and improvement of soil fertility is one of the main challenges for humanity. Agricultural land is used for agricultural purposes. First of all, their productivity is always negatively affected by both natural and anthropogenic processes. Over time, pollutants accumulate in the soil and cause its physical destruction. Soil contamination with heavy metals is an actual problem today, especially in areas adjacent to large cities. It was analyzed that one of the most common pollutants of the soil cover are heavy metals that enter the soil as a result of anthropogenic factors. More than 60% of crop production is grown on privately owned agricultural lands, so studying the content of heavy metals in these territories is an urgent issue. This work presents the results of research on the content of heavy metals in the soils of the agroecosystem, which includes forest and fields within the village of Plebanivka of the Zhmeryn District of the Sharhorod Urban Community of the Vinnytsia District of the Right Bank Forest Steppe. The presence of the concentration of heavy metals: Pb, Cd, Zn and Cu in the soil of the investigated agroecosystem was established.

There are no exceedances of the maximum permissible concentrations, but sample № 5, taken 500 m from the forest, has the highest Pb concentration of 1.98 mg/kg among other samples. The highest concentration of Cd – 0.10 mg/kg is present in sample № 1, which was taken at a distance of 10 m from the forest. And the concentration of Cu is highest in sample № 3 and № 5, which is 0.68 mg/kg, which were taken at a distance of 100 and 500 m from the forest.

Key words: agro-ecosystem, maximum permissible concentration, forest, heavy metals, excess.

Постановка проблеми. Розвиток антропогенних процесів на промислових територіях характеризується формуванням якісно нових біохімічних регіонів. Це супроводжується комплексною багатоелементною металізацією по ланцюгу джерела забруднення (викиди, відходи, стічні води) – осаджувачі (грунт, донні відклади) – основні середовища життєзабезпечення (повітря, вода, продукти харчування) – організм людини. Кількість руд важких металів, що потрапляють у навколишнє середовище в результаті антропогенного впливу, в сотні і тисячі разів перевищує фонові концентрації і дорівнює або перевищує обсяги промислового виробництва в усьому світі [4, 7]. Грунти відіграють важливу роль у кругообігу важких металів у навколишньому середовищі. Грунт є важливим середовищем для наземних екосистем і має універсальні адсорбційні властивості. Безсумнівно, саме грунт відображає ступінь довготривалого антропогенного впливу на навколишнє середовище в цілому. Коли ґрунти насичуються хімічними компонентами, тобто ксенобіотиками, вони можуть стати джерелом вторинного забруднення води, водойм, повітря, кормів для худоби та продуктів харчування людини. На відміну від інших середовищ (наприклад, повітря, де домінують процеси дифузії), грунт не має здатності до негайного відновлення [4, 6]. Тому хімічні забруднювачі можуть залишатися в ґрунті роками і включатися в екологічний ланцюг, що призводить до тривалого впливу токсичних речовин. Це збільшує ризик хронічного отруєння. Тому для ґрунтів необхідні довгострокові екологічні дослідження (моніторинг). Великі промислово розвинені агломерації є потужними джерелами забруднення всіх компонентів довкілля. Забруднення довкілля спричиняє якісні зміни хімічного складу ґрунтів [1]. Важливим показником ступеня антропогенного впливу на ґрунти є вміст важких металів. Сполуки важких металів є одними з токсичних речовин, що викидаються в атмосферу в промислових агломераціях [9]. Грунти суттєво відрізняються від інших компонентів біосфери як за своєю організаційно-структурною складністю, так і за функціональним призначенням. Спрямованість процесів, що постійно відбуваються в ґрунтах, контролюється низкою факторів, серед яких температура, вологість і стан кислотно-лужної та окисно-відновної рівноваги [10–13]. Однак навіть за однакових значень рН поведінка різних важких металів у навколишньому середовищі під час процесів ґрунтоутворення може бути дуже різною. Важкі метали потрапляють у грунт у вигляді оксидів і солей (розчинних і практично нерозчинних у воді, тобто сульфатів і сульфідів). Вважається, що оксиди важких металів переважно фіксуються у твердій фазі ґрунту, особливо при нейтральному або лужному рН. Вважається, що оксиди важких металів рівномірно розподілені в ґрунті і тому не є повністю токсичними. Слід зазначити, що це залежить від таких факторів, як тип ґрунту і рН розчину порової води. Поведінка важких металів у ґрунтах значно відрізняється від поведінки більшості катіонів макроелементів [2, 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінкою впливу забруднення важкими металами на різні ґрунтові процеси та параметри проведено численні

дослідження [5–6]. Основні поняття про мікроелементи та їх функції розкрито в роботах В. А. Ковди, П. А. Власюка, Г. В. Добровольського, Я. В. Пейве та ін. В Україні традиційно в користуванні підприємств різних форм власності перебувають лише землі сільськогосподарського призначення. Вирощування овочів у приватних домогосподарствах здійснюється без достатніх наукових знань та за відсутності екологічно безпечних технологій [7]. Наразі тривалий і надмірний антропогенний вплив на ґрунти та гонитва за врожайністю стрімко порушують природний баланс і погіршують стан довкілля. Порушується природний баланс і деградує навколишнє середовище. Як наслідок, продуктивність агроecosистем сильно знижується [13–14].

Мета дослідження – провести екотоксикологічну оцінку ґрунту в залежності від віддалі розташування лісу агроecosистеми села Плебанівка Жмеринського району Шаргородської міської громади Вінницького району.

Матеріали та методи досліджень. Зразки ґрунту для досліджень відбирались на площі агроecosистеми, що включає в свій склад ліс експлуатаційного призначення з переважаючими дубово-грабовими породами та агроценоз, що включає в себе поле площею 33 га, на якому основною культурою, яку вирощують а період 2024 року – року наших досліджень є соя сорту Аполло, Seed Graine Company, Канада. Попередником була озима пшениця сорту Кубус, що розташовані в селі Плебанівка Жмеринського району Шаргородської міської громади Вінницького району (48°47'39" пн. ш. 28°00'36" сх. д.). Перед посівом основної культури (сої) було проведено дискове лушення попередника озимої пшениці дисковою бороною АГ-2.4. В 1 декаді листопада проведено оранку на глибину 18–20 см. При настанні фізичної спілості ґрунту проведено закриття вологи. 10 травня проводився посів сої сівалкою СЗ-4.0 з одночасною передпосівною культивуацією Європак – 6000. Норма висіву сої 140 кг/га з одночасним внесенням мінеральних добрив сульфат амонію у нормі 100 кг/га.

Зразки ґрунту відбирали перед безпосередньою обробкою поля агрохімікатами методом конверту, суть якого полягає у відборі ґрунтів п'яти проб з кожного поля чи ділянки. Проби ґрунту відбирали на глибині переорювання ґрунтів до 20 см. Всі п'ять зразків змішували з кожної ділянки окремо, відбирали залишки вегетативної маси рослин, після чого формували представницьку пробу методом точкових проб для лабораторних досліджень. Зразки ґрунту були розміщені у пронумеровані пакети та доставлені для проведення лабораторного дослідження до Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України».

Визначення важких металів у ґрунтах проводилося за допомогою методу атомно-абсорбційної спектроскопії, який полягає у визначенні наявності та концентрації різних хімічних елементів шляхом поглинання атомами цих елементів квантів світла певних довжин хвиль. Метод, у багатьох відношеннях, схожий на атомно-емісійний спектральний аналіз, проте він базується на вимірюванні не випромінювання, а поглинання світла атомами хімічних елементів. Під час аналізу речовини, її нагрівають до високих температур, для чого зазвичай використовують полум'я газового пальника. Джерело випромінювання – лампа з порожнім катодом, що випромінює світло тих довжин хвиль, які поглинаються атомами хімічного елемента, який аналізується. Для кожного хімічного елемента використовується окреме джерело випромінювання, яке містить саме цей елемент. Наприклад, для аналізу міді використовується лампа, яка містить саме мідь і випромінює світло з певною довжиною хвилі. Таким чином, існують лампи з кількома хімічними елементами, спектри яких не перекриваються.

Інтенсивність поглинання світла прямо пропорційна концентрації хімічного елемента. Однак, чутливість визначення також залежить від фонового випромінювання, тому реєструючий прилад синхронізується з модулятором, який перериває світловий потік від лампи з певною частотою для усунення впливу фонового випромінювання. Метод дозволяє визначати концентрації близько 70 хімічних елементів, які входять до складу різних сумішей. Цей метод широко використовується на практиці, тому що дозволяє аналізувати мікрокількості та домішки [8].

Виклад основного матеріалу досліджень. Результати наших досліджень показують певний вміст важких металів у ґрунтах агроєкосистеми (табл. 1). Перевищення гранично допустимих концентрацій не спостерігалось, ні по Pb, Cd, Zn, ні по Cu у жодному із відібраних зразків. Наприклад, у зразку № 1, концентрація Pb, Cd, Zn та Cu була нижчою від ГДК у 3,84, 7,0, 48,93 та 4,83 раз відповідно. У зразку № 2 концентрація Pb, Cd, Zn та Cu була нижчою від ГДК у 5,21, 7,77, 41,81 та 4,83 рази відповідно. У зразку № 3 концентрація Pb, Cd, Zn та Cu була нижчою від ГДК у 3,07, 8,75, 46,93 та 4,41 раз відповідно. У зразку № 4 концентрація Pb, Cd, Zn та Cu була нижчою від ГДК у 3,82, 7,77, 41,81 та 5,66 раз відповідно. У зразку № 5 концентрація Pb, Cd, Zn та Cu була нижчою від ГДК у 3,03, 10,0, 45,09 та 4,41 раз відповідно. У зразку № 6 концентрація Pb, Cd, Zn та Cu була нижчою від ГДК у 3,48, 11,66, 44,23 та 8, 57 раз відповідно.

Таблиця 1

Вміст важких металів у ґрунтах агроєкосистеми, мг/кг

№ зразка	Важкі метали							
	Pb	ГДК	Cd	ГДК	Zn	ГДК	Cu	ГДК
№ 1 (10 м)	1,56	6,0	0,10	0,7	0,47	23,0	0,62	3,0
№ 2 (50 м)	1,15	6,0	0,09	0,7	0,55	23,0	0,67	3,0
№ 3 (100 м)	1,95	6,0	0,08	0,7	0,49	23,0	0,68	3,0
№ 4 (200 м)	1,57	6,0	0,09	0,7	0,55	23,0	0,53	3,0
№ 5 (500 м)	1,98	6,0	0,07	0,7	0,51	23,0	0,68	3,0
№ 6 (1000 м)	1,72	6,0	0,06	0,7	0,52	23,0	0,35	3,0

Найвищий вміст Pb виявлено у зразку № 5, в порівнянні із № 1, № 2, № 3, № 4 та № 6 у 1,26, 1,72, 1,01, 1,26 та 1,15 раз відповідно. Найвищий вміст Cd спостерігався у зразку № 1, він був вищим у порівнянні із зразком № 2, № 3, № 4, № 5 та № 6 у 1,11, 1,25, 1,11, 1,42 та 1,66 раз відповідно. Найвищий вміст Zn спостерігався у зразку № 2 та № 4 – 0,55 мг/кг, він був вищим порівняно із № 1, № 3, № 5 та № 6 у 1,17, 1,12, 1,07 та 1,05 раз відповідно. І найвищий вміст Cu був у зразку № 3 та № 5, в порівнянні із зразком № 1, № 2, № 4 та № 6 у 0,01, 0,01, 1,28 та 1,94 раз відповідно.

У зразку № 1 концентрація Pb була найвищою, вона була вищою в порівнянні із Cd, Zn та Cu у 15,6, 3,31 та 2,51 раз відповідно. У зразку № 2 концентрація Pb також була найвищою в порівнянні із Cd, Zn та Cu у 12,77, 2,09 та 1,71 раз відповідно. У зразку № 3 концентрація Pb була вищою в порівнянні із Cd, Zn та Cu у 24,37, 3,97 та 2,86 раз відповідно. Концентрація Pb у зразку № 4 була найвищою також і в порівнянні із Cd, Zn та Cu у 17,44, 2,85 та 2,96 раз відповідно. Концентрація Pb була найвищою і у зразку № 5, в порівнянні із Cd, Zn та Cu у 28,28, 3,88 та 2,91 раз відповідно. У зразку № 6 концентрація Pb знову ж таки була найвищою в порівнянні зі Cd, Zn та Cu у 28,66, 3,30 та 4,91 рази відповідно.

Нами був визначений показник коефіцієнту небезпеки у ґрунтах досліджуваної агроєкосистеми (рис. 1). Якщо даний показник перевищує 1, це означає, що дані ґрунти не є сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур, але якщо його показник має наближене значення до 1, це також свідчить про те, що умовою використання цих ґрунтів у сільськогосподарських цілях може бути підбір специфічних сільськогосподарських рослин.

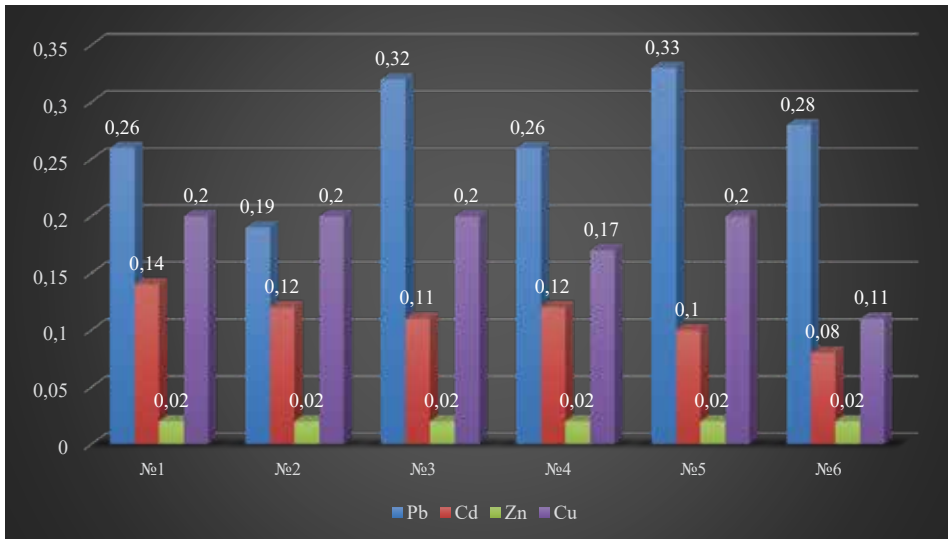


Рис. 1. Коефіцієнт небезпеки важких металів в ґрунтах агроєкосистеми

Найвищий показник коефіцієнта небезпеки Pb спостерігався у зразку № 5, він був вищим порівняно із зразком № 1, № 2, № 3, № 4 та № 6 у 1,26, 1,73, 1,03, 1,26 та 1,17 раз відповідно. По Cd найвищий показник коефіцієнта небезпеки був у зразку № 1, він був вищим порівняно із зразком № 2, № 3, № 4, № 5 та № 6 у 1,16, 1,27, 1,16, 1,4 та 1,75 раз відповідно. Показник коефіцієнта небезпеки по Zn у всіх зразках становив 0,02. А найвищий показник коефіцієнта небезпеки по Cu спостерігався у зразку № 1, № 2, № 3 та № 5 і становив 0,2, що був вищим порівняно із зразком № 4 та № 6 у 1,17 та 1,81 раз відповідно.

У зразку № 1 найвищий показник коефіцієнта небезпеки спостерігався по Pb, він був вищим порівняно із Cd, Zn та Cu у 1,85, 13,0 та 1,3 раз відповідно. У зразку № 2 найвищий показник коефіцієнта небезпеки спостерігався по Pb, він був вищим порівняно із Cd, Zn та Cu у 1,58, 9,5 та 0,95 раз відповідно. У зразку № 3 найвищий показник коефіцієнта небезпеки спостерігався по Pb, він був вищим порівняно із Cd, Zn та Cu у 2,9, 16,0 та 1,6 раз відповідно. У зразку № 4 найвищий показник коефіцієнта небезпеки спостерігався по Pb, він був вищим порівняно із Cd, Zn та Cu у 2,1, 13,0 та 1,5 раз відповідно. У зразку № 5 найвищий показник коефіцієнта небезпеки спостерігався по Pb, він був вищим порівняно із Cd, Zn та Cu у 3,3, 16,5 та 1,65 раз відповідно. У зразку № 6 найвищий показник коефіцієнта небезпеки спостерігався по Pb, він був вищим порівняно із Cd, Zn та Cu у 3,5, 14,0 та 2,5 раз відповідно.

Висновки і пропозиції. За результатами наших досліджень встановлена присутність концентрації важких металів: Pb, Cd, Zn та Cu у гунтах досліджуваної агроєкосистеми. Перевищень гранично-допустимих концентрацій немає, але у зразку № 5, що відібраний в 500 м від лісу спостерігається найвища концентрація Pb у 1,98 мг/кг серед інших відібраних зразків. Найвища концентрація Cd – 0,10 мг/кг присутня у зразку № 1, що відібраний на відстані 10 м від лісу. А концентрація Cu найвища у зразку № 3 та № 5, що становить – 0,68 мг/кг. Показник коефіцієнту небезпеки найвищий по Pb – 0,33 у зразку № 5, а найнижчий у всіх зразках по Zn – 0,02. По Cd та Cu найвищий показник коефіцієнту небезпеки розрахований у зразках № 1. Для зниження вмісту важких металів у ґрунтах досліджуваної агроєкосистеми, де висіяною культурою є соя пропонується використання мікробіологічних препаратів перед посівом, що доможе зменшити і надходження і їх вміст у ґрунті та дасть можливість рости і розвиватися культурі, а також стримати рівень забруднення врожаю у межах допустимого рівня.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мислива Т.М. Важкі метали в лісоаграрних ландшафтах Житомирського Поділля. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2006. С. 260–263.
2. Мислива Т.М. Важкі метали в урбоєдафатопах і фітоценозах та території м. Житомира. *Вісник ХНАУ*. 2009. № 2. С. 134–142.
3. Надточій П.П. Екологія ґрунту та його забруднення. К.: Аграрна наука, 1997. 286 с.
4. Надточій П.П. Екологія ґрунту: монографія. Житомир: Вид-во «ПП Рута », 2010. 473 с.
5. Razanov S., Melnyk V., Symochko L., Dydiv A., Vradii O., Balkovskiy V., Khirivskiy P., Panas N., Lysak H., Koruniak O. Agroecological assessment of gray forest soils under intensive horticulture. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2022. Vol. 12 (4). P. 459–464. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess12.4>
6. Razanov S., Aliksieiev O., Aliksieieva O., Vradii O., Mazur K., Puyu V., Piddubna A., Povochnikov M., Postoienko D., Zelisko O. The content of heavy metals and trace elements in different soils used under the conditions of homestead plots and field agricultural lands of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25 (6). P. 42–50. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/186820>
7. Razanov S., Aliksieiev O., Bakhmat O., Bakhmat M., Lytvyn O., Aliksieieva O., Vradii O., Mazur K., Razanova A., Mazurak I. Accumulation of chemical elements in the vegetative mass of energy cultures grown on gray forest soils in the Western Forest Steppe of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25 (9). P. 282–291. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/191439>
8. Мазур В.А., Врадій О.І. Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами науково-дослідної ділянки в НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 2 (13). С. 16–24. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-2-2
9. Razanov S.F., Husak O.B., Tkalich Y.I., Vradii O.I., Aleksieiev O.O., Verhelis V.I., Razanova A.M. Influence of soil moisture level on the translocation of plumbum and cadmium in the grains of winter cereals. *Agrology*. 2022. Vol. 5(4). P. 122–125. DOI: 10.32819/021119
10. Aliksieiev O.O., Vradii O.I. Organic agriculture as an element of soil preservation and restoration. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 3 (30). С. 228–239. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-3-17
11. Razanov S., Husak O., Hnativ P., Dydiv A., Bakhmat O., Stepanchenko V., Pryshchepa A., Shcherbachuk V., Mazurak O. 2023a. The influence of the gray forest soil

moisture level on the accumulation of Pb, Cd, Zn, Cu in spring barley grain. *Journal of Ecological Engineering*, 24(7), 285–292. <https://doi.org/10.12911/22998993/164747>.

12. Razanov S., Melnyk V., Symochko L., Dydiv A., Vradii O., Balkovskyi V., Khirivskyi P., Panas N., Lysak H., Koruniak O. 2022. Agroecological assessment of gray forest soils under intensive horticulture. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*, 12 (4), 459–464. doi: <https://doi.org/10.31407/ijeess12.4>.

13. Razanov S., Piddubna A., Gucol G., Symochko L., Kovalova S., Bakhmat, M., Bakhmat O. 2022. Estimation of heavy metals accumulation by vegetables in agroecosystems as one of the main aspects in food security. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*, 12 (3), 159–164. <https://doi.org/10.31407/ijeess12.320>.

14. Razanov S., Tkachuk O., Lebedieva N., Shkatula Yu., Polishchuk M., Melnyk M., Krektun B., Razanova A. 2023b. Phytoremediation of heavy metal contamination by perennial legumes. *International Journal of Environmental Studies*, 1–7. <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2296764>