

SCI-CONF.COM.UA

MODERN RESEARCH IN SCIENCE AND EDUCATION



**PROCEEDINGS OF IV INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
DECEMBER 7-9, 2023**

**CHICAGO
2023**

MODERN RESEARCH IN SCIENCE AND EDUCATION

Proceedings of IV International Scientific and Practical Conference

Chicago, USA

7-9 December 2023

Chicago, USA

2023

UDC 001.1

The 4th International scientific and practical conference “Modern research in science and education” (December 7-9, 2023) BoScience Publisher, Chicago, USA. 2023. 1250 p.

ISBN 978-1-73981-123-5

The recommended citation for this publication is:

Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Modern research in science and education. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Chicago, USA. 2023. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/iv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-research-in-science-and-education-7-9-12-2023-chikago-ssha-arhiv/>.

Editor

Komarytskyy M.L.

Ph.D. in Economics, Associate Professor

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighbouring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

e-mail: chicago@sci-conf.com.ua

homepage: <https://sci-conf.com.ua>

©2023 Scientific Publishing Center “Sci-conf.com.ua” ®

©2023 BoScience Publisher ®

©2023 Authors of the articles

**ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ
МЕТОДОМ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ**

Рибалова Ольга Володимирівна,

канд. техн. наук, доцент, доцент,

Бригада Олена Володимирівна

канд. техн. наук, доцент, доцент,

Мацак Антон Олександрович

канд. техн. наук, викладач,

Рихлик Катерина Володимирівна

студентка

Національний університет цивільного захисту України,

м. Харків, Україна

Анотація: Розвиток індустріалізації і урбанізації призводить до накопичення важких металів в ґрунтах, що впливає на забруднення підземних і поверхневих вод, накопичення в рослинах і збільшення захворюваності населення. Дослідження статті спрямовано на аналіз перспектив застосування фітотехнологій для очищення ґрунтового покриву від вмісту важких металів, що особливо актуально для зменшення впливу бойових дій на стан ґрунтів і післявоєнну відбудову України.

Ключові слова: ґрунтовий покрив, важкі метали, методи фітореємедіації, природоохоронні заходи

В глобальному планетарному масштабі ґрунтовий покрив є основною складовою педосфери і невід'ємною функціональною оболонкою біосфери, яка на рівні з іншими оболонками забезпечує її функціонування і цілісність. Забруднення і хімічна деградація ґрунтів складають одну з найважливіших проблем сільського господарства у всьому світі. Накопичення токсичних речовин в ґрунті може відбуватися в результаті технологічних порушень при використанні засобів захисту рослин, внесення наднормативних доз

мінеральних добрив, використання осадів стічних вод, застосування в якості нетрадиційних добрив відходів промислового виробництва, знаходження сільськогосподарських угідь поряд з великими автомагістралями, тощо. Існує величезна кількість різноманітних методів досліджень якісних і кількісних характеристик ґрунту [1, 2].

Ґрунтово-рослинний покрив планети є регулятором водного балансу суходолу, оскільки він поглинає, утримує й перерозподіляє велику кількість атмосферної вологи. Це – універсальний біологічний фільтр і нейтралізатор багатьох видів антропогенних забруднень.

Однією з вагомих причин погіршення екологічного та санітарного стану ґрунтів на території України є відсутність єдиної високорозвиненої системи очищення від забруднень. Найбільш низько затратний та екологічний спосіб - впровадження фітотехнологій, які використовуються безпосередньо в районі забруднення. На урбанізованих територіях найбільш вразливими до забруднення важкими металами є міські магістралі та санітарно-захисні зони промислових об'єктів, отже необхідний постійний контроль за санітарним станом ґрунту.

Методи екологічного захисту ґрунтуються на фундаментальних закономірностях масоенергопереносу в компонентах біосфери і спрямовані на розсіювання, розведення або трансформацію забруднення в нешкідливі сполуки до безпечного рівня. Необхідно зазначити, що найбільш економічно ефективними є захисні заходи, які використовують природні механізми самоочищення геосистем. Ґрунти виконують найважливіші функції у всіх наземних екосистемах, тому еколого-геохімічний стан ґрунтового покриву визначає стійкість біосфери Землі. Ґрунт можна порівняти з природним фільтром, який уловлює потрапляння різних забруднень, в числі яких найнебезпечнішими є важкі метали. Вони становлять велику небезпеку, як для людини, так і для природних екосистем, бо ці елементи досить швидко накопичуються в ґрунті, але дуже довго з неї видаляються, що впливає на зміну характеристик та призводить до часткового або повного зниження бонітету

[3, 4].

Фітотехнології пропонують ефективні інструменти для екологічно безпечного розв'язання проблеми очищення забруднених ділянок ґрунту та води, видалення повітряних забруднювачів, підвищення рівня безпеки продовольства і створення відновлювальних джерел енергії, що сприяє раціональному природокористуванню. ФітореMediaція базується на таких механізмах: фітостабілізація – осадження поллютантів у кореневій зоні рослин у результаті адсорбції корінням та запобігання міграції у ґрунті, ґрунтових водах та повітрі; фітоекстракція – поглинання забруднювачів коренями з подальшим переміщенням у надземні органи рослини; фітостимуляція – активізація мікробного метаболізму у ризосфері рослин, сприяє активізації процесів поглинання і (або) розкладання поллютантів; фітодеградація та фітотрансформація – розкладання органічних ксенобіотиків рослинами з утворенням нетоксичних сполук, що характеризує величезний потенціал і біологічну варіативність метаболізму рослини [5].

Фітоекстракція – це поглинання забруднювачів коренями з подальшим накопичення в надземній частині рослини, яке зазвичай супроводжується збором урожаю та остаточним видаленням рослинної біомаси. Це процес видалення забруднень. Фітоекстракція стосується металів (наприклад, Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn), металоїдів (наприклад, As, Se), радіонуклідів (наприклад, ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{234}U , ^{238}U) і неметали (наприклад, B) [6], оскільки вони, як правило, не піддаються подальшій деградації або змінам у формі всередині рослини. Фітоекстракція, як правило, не розглядається для органічних або поживних забруднювачів, які поглинає рослина, оскільки рослина може їх метаболізувати, змінювати або випаровувати, таким чином запобігаючи накопиченню забруднюючих речовин. Однак деякі дослідження показали накопичення незмінених органічних забруднень у надземній частині рослини. Цільовим середовищем, як правило, є ґрунт, хоча забруднювачі в осадах і мулах також можуть піддаватися фітоекстракції. Розчинні метали в поверхневих водах або видобутих ґрунтових водах можна ймовірно очистити за

допомогою фітоекстракції, можливо, у поєднанні з ризофільтрацією.

Фітоекстракція також відомий як фітоаккумуляція, фітоабсорбція та фітосеквестрація (усі вони також можуть застосовуватися до накопичення забруднень у коренях). Деякі практики визначають термін фіторемедіація як вилучення металів рослинами. Фітоекстракцію також називають фітомайнінгом або біомайнінгом. Більш вузьке визначення фітовидобутку – це використання рослин для отримання економічної вигоди від металів, видобутих рослиною, чи то із забруднених ґрунтів, чи з ґрунтів, що мають природний високий вміст металів [7].

У наш час проводяться активні дослідження рослин-гіперакумуляторів забруднюючих речовин. Як правило, забруднювачами виступають важкі метали, хімічні сполуки, гербіциди. Рослини слугують своєрідним фільтром у процесі фіторемедіації ґрунту. Технології фіторемедіації набувають популярності завдяки низькій вартості, можливості використання безпосередньо в районі забруднення та зменшення контакту забруднення з людиною та оточуючим середовищем. Фітотехнології пропонують ефективні інструменти для екологічно безпечного розв'язання проблеми очищення забруднених ділянок ґрунту і води, видалення забруднювачів з атмосферного повітря, підвищення рівня безпеки харчування і створення відновлювальних джерел енергії, що сприяє раціональному природокористуванню. Завдяки рослинному метаболізму відбувається розщеплення забруднюючих речовин поглинутих кореневищем рослини та видалення цих речовин шляхом транспірації. Важливе місце в даному процесі має поглинання важких металів з ґрунту наземними тканинами рослини. Фінальним етапом процесу фіторемедіації є фітотрансформація – розкладання органічних ксенобіотиків рослинами з утворенням нетоксичних сполук, що характеризує величезний потенціал і біологічну варіативність метаболізму рослини. В умовах змін клімату виникає нагальна потреба обґрунтування використання фітотехнологій для очищення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря. Різні сорти та життєві форми рослин демонструють різні потенціали

поглинання [5].

Завдяки рослинному метаболізму відбувається розщеплення забруднюючих речовин поглинутих кореневищем рослини та видалення цих речовин шляхом транспірації. Різні сорти та життєві форми рослин демонструють різні потенціали поглинання. Для прикладу, розглянемо акумулятивні властивості деяких видів рослин. Чорнобривці – одна з найбільш невибагливих квіткових культур, які можна зустріти практично на кожній присадибній ділянці. Мають обмежене промислове використання, проте доведена їх толерантність до забруднення ґрунтів важкими металами та здатність до акумуляції. На ділянках ґрунту засіяних чорнобривцями виявлено відновлення ферментативної функції ґрунту, що є дуже важливим для ґрунтового покриву особливо в урбоєкосистемах [5]. Внаслідок покращення чорнобривцями ферментативних властивостей ґрунту, збільшується чисельність ризосферних мікроорганізмів. Завдяки цьому у ризосфері відбувається адсорбція забруднюючих речовин корінням чорнобривців безпосередньо з ґрунту та ґрунтових вод. Дослідження цього процесу полягає в аналізі стану ділянки ґрунту, внесенні насіння чорнобривців та спостереженні за вегетаційним періодом рослин [5].

Фітоекстракція, також звана фітоакумуляцією або фітосанітацією, використовує рослини або водорості для видалення забруднень з ґрунту або води. Після того, як рослина або водорості поглинули забруднюючі хімічні сполуки та накопичили їх з води або ґрунту, їх збирають як біомасу і, як правило, спалюють. Зола осідає у спеціальних місцях або у сховищах безпеки або використовується для вилучення металів. Такою властивістю володіють рослина родини Капустяних. Альпійську Ярутку (*Thlaspi caerulescens*) застосовують для вилучення кадмію. Рослини родини Злакові – Ветивер (*Vetiveria zizanoides*) спеціалізується на вилученні цинку Zn, кадмію Cd і свинцю Pb. Рослини родини Капустяні – Гірчиця салатна (*Brassica juncea*) спроможні витягувати свинець Pb, рослини родини Ароїдні – Пістія (*Pistia stratiotis*) застосовують для вилучення срібла Ag, ртуті Hg, нікелю Ni, свинцю

Pb і цинку Zn.

Аналогічними властивостями володіє і Верба (*Salix viminalis*). Після завершення вегетаційного періоду проводиться аналіз ґрунту для виявлення зменшення концентрації важких металів у дослідній ділянці ґрунту, що характеризує здатність цієї рослини до фітореMediaційного процесу та очищенні ґрунту від сполук важких металів.

Приклади інших рослини, які беруть участь у процесі очищення ґрунтів урбанізованих територій та рослин індикаторів забруднення представлено у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

**Ефективність рослин у процесі очищення ґрунтів
урбанізованих екосистем**

Забруднюючі речовини ґрунтів урбанізованих територій	Вплив поллютантів на природне середовище	Рослини індикатори	Реакція рослин індикаторів на поллютанти	Рослини фітореMediaтори
Сірка	Знижується врожайність с/г культур, деградація лісів та фауни	Капуста, люцерна, квасоля, цибуля, редька, соя	Некроз листя	Люцерна
Ртуть	Скорочення життя тварин, пригнічення росту рослин	Троянда	Поява білих плям на листі	Пістія, страти отес, салікорнія
Свинець	Небезпечний вплив на здоров'я людини і тварин	Сальвія		Верба, чорнобривці, амарант, ветивер
Фосфор		Груша, айва	Уповільнення росту, обпадання листя	Гірчиця, соняшник
Мідь	Накопичення в живих організмах	Календула, люпин, гвоздика,		Чорнобривці
Нафтопродукти	Гибель живих організмів, незворотні процеси в навколишньому середовищі	Чорнобривці прямостоячі, елодея канадська, осока	Зниження вмісту хлорофілу в листках, підвищення вмісту	Чорнобривці, гречка

Аналіз даних наведених у таблиці 1, можна стверджувати, що реакція біоценозу на зовнішні впливи може оцінюватися за результатами зміни фізіологічної активності представників біоценозу, результати яких можуть бути основою прогнозування спрямованості процесів самоочищення.

Інтерес до рослин, що накопичують метали, спочатку зосереджувався на гіперакумуляторах, рослинах, які накопичують метал із ґрунту, багатого на метали, значно більшою мірою (наприклад, у 100 або 1000 разів), ніж інші рослини в цьому ґрунті, і досягають певних заданих значень незвично високої концентрації металу в деяких частинах рослини. Ці рослини, як правило, відносно рідкісні та зустрічаються лише в окремих районах по всьому світу, з менш ніж чотирма сотнями ідентифікованих видів для восьми важких металів [7]. Важкі метали, як правило, фітотоксичні для рослин; однак гіперакумулятори розвинулися на ґрунтах, багатих важкими металами. Можливою фізіологічною причиною гіперакумуляції металів може бути стратегія толерантності до таких високих концентрацій металів у ґрунті. Інші потенційні причини гіперакумуляції металів включають можливу конкурентну перевагу, засіб протистояння посуші, ненавмисне поглинання металу або захист від травоядних тварин або патогенів, таких як бактерії та гриби [7].

Деякі гіперакумулятори з одного металу можуть гіперакумуляувати інші метали, якщо вони присутні; наприклад, гіперакумулятори міді або кобальту будуть гіперакумуляувати обидва. Інші гіперакумулятори поглинатимуть лише певний метал, навіть якщо інші присутні [7].

Коріння рослин зазвичай містять більш високі концентрації металів, ніж пагони, незважаючи на механізми транслокації. Може виникнути верхня межа концентрації металу в корені. Метали, як правило, нерівномірно розподілені по рослині, хоча в гіперакумуляторах вміст металу в листі часто більший, ніж в інших частинах рослини; наприклад, найбільша частка нікелю в *Alyssum holdreichii* виявлена в листі [7]. Кадмій і цинк були виявлені як в коренях, так і в пагонах, хоча пагони мали вищі концентрації цинку. Високі концентрації цинку були виявлені в невеликих напівсферичних тільцях, розташованих на поверхні

деяких листків *Thlaspi caerulescens* [7].

Фітоекстракція відбувається в кореневій зоні рослин. Коренева зона зазвичай може бути відносно мілкою, з основною масою коренів на меншій, а не на більшій глибині. Це може бути обмеженням фітоекстракції.

Через дефіцит, малу біомасу, повільний темп росту, невизначені або спеціалізовані умови вирощування багатьох гіперакумуляторів або відсутність гіперакумуляторів для деяких найбільш серйозних забруднень, таких як хром, ефективність гіперакумуляторів для фітоекстракції є невизначеною, особливо якщо вони можуть видалити лише відносно невелику масу металів із ґрунту. Рішення цієї невизначеності включають посилений скринінг рослин-кандидатів у гіперакумулятори, селекцію рослин, генетичну розробку кращих гіперакумуляторів, генетичну передачу здатності до гіперакумуляції рослинам з більшою біомасою, стратегії удобрення, які збільшують біомасу гіперакумуляторів, або використання більш швидко зростаючої біомаси металакумуляуючі установки, які не є гіперакумуляторами. Метали можуть поглинатися іншими рослинами, які не накопичують високі концентрації гіперакумуляторів, наприклад, кукурудзою (*Zea mays*), сорго (*Sorghum bicolor*), люцерною (*Medicago sativa* L.), вербою (*Salix* spp.). Більша біомаса цих рослин може призвести до більшої маси металів, які вилучаються з ґрунту, навіть якщо концентрації в рослинах можуть бути нижчими, ніж у гіперакумуляторах, оскільки концентрація металу в рослині, помножена на біомасу, визначає кількість вилученого металу. Придатність гіперакумуляторів у порівнянні з негіперакумуляторами необхідно буде вирішити шляхом подальших досліджень і польових випробувань фітоекстракції.

Фіторемедіація, або використання рослин для очищення та відновити природного стану – відносно нова технологія, але завдяки низьким затратам на впровадження та експлуатацію одержала широке поширення в багатьох країнах світу. Таким чином, можна стверджувати, що фіторемедіація – один з найбільш перспективних методів відновлення навколишнього середовища, який дозволяє природним шляхом досягти видалення або істотного зниження небезпечних

речовин з переведенням їх в менш отруйні компоненти, завдяки чому зменшується техногенний тиск на природне середовище.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Nataliya Stupak. Impact of Agricultural Transition on Soil Protection in Ukraine: The Role of Institutional Change, Land Use Policy Vol. 55, September 2016, p. 86-97.
2. Shraddha Singhad, Jayant Karwadiyab, Sudhakar Srivastavab, Prasanta Kumar Patrac. Potential of indigenous plant species for phytoremediation of arsenic contaminated water and soil. Ecological Engineering Vol. 175, February 2022
3. Monika Bansala , Shabir H.Wanib. Recent advancement in plant genetic engineering for efficient phytoremediation. Phytoremediation, Biotechnological Strategies for Promoting Invigorating Environs , 2022, p 195-202.
4. Jin-Song Luoab, Zhenhua Zhanga. Mechanisms of cadmium phytoremediation and detoxification in plants. The Crop Journal ,Vol. 9, Issue 3, June 2021, p. 521-529
5. Рибалова О.В., Коробкіна К.М., Мельник Л.В., Бондаренко О.О. // Акумулятивні властивості чорнобрівців в процесі фіторемедіації забруднених важкими металами ґрунтів Trends Of Development Modern Science And Practice, 2021, p. 207-211
6. Salt DE, Prince RC, Baker AJM, Raskin I, Pickering IJ. 1999. Zinc ligands in the metal hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* as determined using X-ray absorption spectroscopy. Environ Sci Technol 33: 713-717
7. Brooks RR. 1977. Copper and cobalt uptake be *Haumaniastrum* species. Plant Soil 48: 541-544