

10. Крижанівська М.Я. Основи ландшафтного дизайну: Підручник. – Київ: «Ліра-К», 2017. – 218 с.

11. Постанова Кабінету Міністрів України від 01.08.06 № 1045 «Про затвердження Порядку видалення дерев, кущів, газонів і квітників у населених пунктах». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1045-2006-%D0%BF#Text> (дата звернення 10.03.2021).

УДК 504.054-034.4:504.75.05(477)

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.46>

НАСЛІДКИ ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ СПОЛУК СВИНЦЮ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ І ЗДОРОВ'Я УКРАЇНЦІВ

Кухнюк О.В. – доктор філософії,
старший викладач кафедри природничих дисциплін,
Черкаська медична академія

Коцюрба В.П. – к.м.н.,
старший викладач кафедри фахових медичних та фармацевтичних дисциплін,
Черкаська медична академія

Ліфер К.О. – старший викладач кафедри природничих дисциплін,
Черкаська медична академія

Дослідити екотоксикологічний вплив Свинцю на організм людини через дослідження рівнів забруднення ґрунтів і продуктів харчування у Черкаській області.

Опрацьовані літературні джерела та інтернет-ресурси з питань впливу Свинцю на організм людини та його ролі у виникненні захворювань.

Проведений аналіз проб ґрунту і сільськогосподарської овочевої продукції (моркви, буряку, цибулі, картоплі) з Черкаського, Золотоніського, Уманського і Канівського районів. Використані методики фізико-хімічного аналізу: тестування ІСР-MS (мас-спектрометрія з індуктивно зв'язаною плазмою), електрохімічне визначення Свинцю в біорідинах методом полярографії змінного струму та визначення Свинцю у зразках ґрунту і овочах методом інверсійної вольтамперометрії.

У статті представлені матеріали, що стосуються проблеми накопичення Свинцю у сільськогосподарській продукції і небезпеки для здоров'я людини, що визначається його значною токсичністю і високою кумулятивною здатністю.

Наведені результати досліджень вмісту Свинцю в окремих овочах та ґрунті.

Також відмічено негативний вплив Свинцю на розвиток організму людини зі вказаними нормами та гранично допустимими концентраціями. Розкриті симптоми захворювань дітей і дорослого населення, в тому числі й професійних захворювань.

Найбільш токсичними є похідні органічних сполук Свинцю, зокрема тетраетилсвинець.

Доведено, що частка техногенного Свинцю в ґрунтах та овочевій продукції перевищує його показники в деяких регіонах Черкаської області. Особливо його акумулюють бульби картоплі і коренеплоди моркви та буряку.

Указано на необхідність продовження систематичного спостереження та контролю за забрудненням ґрунтів, сільськогосподарської продукції, зокрема, овочів з метою профілактики та зменшення негативного впливу на здоров'я населення Черкаської області.

Ключові слова: екотоксикант, токсичність, кумулятивний ефект, важкі метали, свинець, гранично допустима концентрація, сільськогосподарська продукція.

Kuhniuk O.V., Kotsiuruba V.P., Lifer K.O. Consequences of the ecotoxicological impact of lead compounds on the environment and health of Ukrainians

To investigate the ecotoxicological impact of Lead on the human body through the study of soil and food contamination levels in the Cherkasy region.

Literary sources and Internet resources on the impact of Lead on the human body and its role in the occurrence of diseases have been studied. The analysis of soil samples and agricultural products (carrots, beets, onions, potatoes) from Cherkasy, Zolotonosha, Uman and Kaniv districts was carried out. Physicochemical analysis methods used: ISR-MS testing, electrochemical determination of Lead in biofluids by alternating current polarography and inversion voltammetry.

The article presents materials related to the problem of lead accumulation in agricultural products and the danger to human health, which is determined by its significant toxicity and high cumulative capacity. It also gives the results of studies of the content of Lead in certain vegetables and soil. The negative influence of Lead on the development of the human body with the specified norms and maximum permissible concentrations was also noted. The symptoms of occupational diseases of the adult population and children have been revealed. The most toxic are derivatives of organic Lead compounds, in particular tetraethyl lead.

It has been proven that the share of man-made lead in soils and vegetable products exceeds its indicators in some regions of the region. Potato tubers and root crops of carrots and beets accumulate especially.

The article indicates the need to continue systematic monitoring and control of soil pollution, agricultural products, in particular, vegetables, in order to prevent and reduce the negative impact on the health of the population of the Cherkasy region.

Key words: *ecotoxicant, toxicity, cumulative effect, heavy metals, plumbum, maximum permissible concentration, agricultural products.*

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Отримання екологічно чистої продукції для забезпечення українців, у тому числі сільськогосподарської, з мінімальним вмістом важких металів, зокрема Свинцю (Pb), є пріоритетом політики нашої держави.

Сполуки Свинцю мають масштабні обсяги виробництва з широкою сферою застосування у нашій країні та країнах світу, що зумовлює його надходження і поширення в різні об'єкти навколишнього природного середовища, серед яких: машинобудівне виробництво, хімічні та металургічні підприємства, нафтобази, склади військової техніки та важливі агропромислові комплекси по всій території України.

Щорічно в атмосферу надходить 1250 кілограмів свинцю [1].

Здатність до кумуляції в органах і тканинах, висока біологічна активність Свинцю створюють реальну загрозу для здоров'я людини. Тому актуальним стало вивчення проблеми забруднення важкими металами, зокрема сполуками Свинцю, об'єктів навколишнього середовища, особливо в умовах погіршення екологічної ситуації в Україні.

Занепокоєння науковців також викликане неминучим погіршенням якості продукції сільськогосподарського виробництва та гігієнічними показниками середовища проживання населення України та Європи [2].

Адже забруднення сполуками Свинцю атмосфери, ґрунтового шару і водного середовища знижує продуктивність рослин у цілому, порушує природно сформовані фітоценози та нормальні процеси органогенезу, що призводять до появи специфічних тератологічних змін у рослин з різних систематичних груп.

Також з'явилась серйозна загроза забруднення ґрунтів важкими металами внаслідок повномасштабної війни. У результаті чого псується родючість українських земель, унеможливується їх обробка, що у подальшому призведе до незворотних екологічних наслідків та світової продовольчої кризи.

До війни Україна в межах ООН забезпечувала 40% постачання пшениці у світі. Наразі в українських портах перебуває понад 20 млн тон пшениці. Лише нещодавно

після досягнення міжнародної домовленості щодо розблокування портів експорт відновився. У 2021 році Україна виробила близько 80 млн тон пшениці, кукурудзи та ячменю. А цього року через війну врожай може виявитися вдвічі меншим [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, на які спирається автор. Відомо, що Свинець є одним з найдавніших і найбільш ґрунтовно вивчених екотоксикантів. До цього часу ведуться дискусії щодо його токсичної дії як екологічного, так і професійного токсиканта. Металічний Свинець використовується для виготовлення апаратури, типографських сплавів, металевої фольги, гончарному та керамічному виробництвах, для виготовлення куль і дробу, виготовлення кришталю та інше.

Нині перед дослідниками постала нова проблема – вивчення впливу Свинцю. Доведено, що особливі технологічні умови: висока температура, запиленість, утворення аерозолу, конденсації при виплавці свинцю, при зварюванні та різанні конструкцій, рекуперації акумуляторів – спричиняють надходження у повітря, здатних до накопичення частинок Свинцю [4, 5].

Джерелами надходження сполук Свинцю у довкілля є: цемент, пестициди, фарби, лаки, барвники, батарейки – плюмбум сульфат ($PbSO_4$), поліграфічна продукція, телевізори та ін. електроприлади, лампи, кольорове скло – плюмбум (II) оксид (PbO), в акумуляторах ($PbSb_2O_6$).

Вченими доведено, що значна частина важких металів надходить до живого організму в іонному вигляді і розподіляється згідно з особливостями іонів. Досліди Кабата-Пендіас А. свідчать, що швидкість поглинання мікроелементів у тканинах рослин значною мірою залежить від природи хімічного елемента [1, 6, 8]. Свинець залишається в основному як поверхневі відклади чи поверхневе аерозольне покриття на поверхні рослин, в той час як інші метали частково проникають до листка [6].

У цілому забруднення біосфери солями важких металів призводить до зниження продуктивності рослин, порушення природних фітоценозів, деструкції асиміляційного потенціалу фітомаси, порушення процесів органогенезу у вигляді специфічних змін у рослин і погіршення якості продукції рослинництва [2].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття.

У рамках світової економічної кризи проблеми нестачі якісних органічних продуктів харчування, що призвели до наростання голоду в окремих країнах унаслідок військової агресії російської федерації, зростає необхідність проведення досліджень сільськогосподарської продукції на вміст екотоксикантів. Тим часом також збільшується рівень забруднення ґрунтів і вирощеної на них продукції, зокрема овочів.

Незважаючи на цілий ряд наукових досліджень, проблема забруднення свинцем відійшла на другий план. Разом із тим результат нашої роботи підтверджує, що рівні забруднення об'єктів довкілля солями важких металів, зокрема Pb, мають тенденцію до зростання. Тому повернення науковців до даної проблеми стає більш вагомим і вимагає розширення спектру досліджень ґрунтів і сільськогосподарської продукції.

Формулювання цілей статті (постановка завдання).

Мета нашого дослідження: з'ясувати наслідки впливу Свинцю на організм людини через дослідження рівнів забруднення його сполуками екосистеми Черкаської області та продуктів харчування.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Для регіонів з інтенсивно розвинутою

промисловістю спостерігається підвищення техногенного забруднення ґрунтів різними токсичними елементами, зокрема сполуками Свинцю.

Із ґрунту через кореневу систему потрапляють до рослин разом з поживними речовинами і важкі метали (Cd, Pb, Cu, Hg та інші).

Накопичення Свинцю бульбами картоплі відбувається в результаті дифузії між забрудненим ґрунтом і рослиною. Тому практично весь Pb затримується у шкірці бульби.

За рахунок кухонної обробки суттєво можна зменшити вміст металу в картоплі та овочах. Так, під час очищення, промивки, зняття шкірки, протирання і бланшування овочів вміст Свинцю знижується на 50%, а у картоплі на 80–85%.

Втрати Pb тільки при однократній промивці салату складають 90%, а при трикратній 93%.

У ґрунті важкі метали присутні у двох фазах – твердій і рідкій.

У твердій вони знаходяться в обмінному та фіксованому стані і входять до складу тонкодисперсних мінеральних частин та гумусової речовини, являючи собою складову нерозчинних солей.

Свинець легко поширюється і з повітрям у вигляді аерозолів.

Також його міграція відбувається в системі: вода-ґрунт-рослини-продукти харчування-людина.

У середньому кожний житель Європи та США поглинає 0,3 мг Свинцю щоденно [7].

За нормами ВОЗ споживання Свинцю з продуктами харчування не повинно перевищувати 3 мг на тиждень. При цьому важливо знати значення гранично допустимої концентрації (ГДК) металу для ґрунту, продуктів харчування та токсичну дозу для людини (табл. 1.) [7].

ГДК Свинцю у ґрунті 30 мг/кг.

Таблиця 1

Гранично допустимі концентрації (ГДК) свинцю у харчових продуктах

Продукти	Свинець, мг/кг
1. Овочі й картопля свіжі та свіжоморожені	0,5
2. Фрукти і ягоди свіжі та свіжоморожені	0,4
3. Гриби свіжі й консервовані	0,5
4. Консерви овочеві в скляній, алюмінієвій цільнотягнутій і металевій тарі	0,5
5. Консерви овочеві у збірній металевій тарі	1
6. Консерви фруктово-ягідні та соки у скляній, алюмінієвій, цільнотягнутій металевій тарі	0,4
7. Консерви фруктово-ягідні та соки у збірній металевій тарі	1
8. Картопля, овочі сушені і концентровані (у перерахунку на сиру масу)	0,4
9. Консерви для дитячого харчування на овочевій та фруктовій основі	0,3
10. Овоче-молочні і плодомолочні суміші	0,3

Нами вивчено інтернет-ресурси та літературні джерела з питань впливу важких металів, зокрема Свинцю на організм людини та їх роль у виникненні захворювань.

Методом інверсійної вольтамперометрії проведено аналіз зразків ґрунту і сільськогосподарської продукції (моркви, буряку, цибулі, картоплі) з різних районів Черкаської області (Черкаський, Золотоніський, Уманський і Канівський).

За нашими даними найбільша концентрація Свинцю зафіксована у ґрунтах Черкаського району – 0,261 мг/кг при нормі 30 мг/кг.

У інших районах регіону вміст металу не перевищував 0,25 мг/кг.

Норма вмісту Свинцю в овочах по НТД складає 0,1 мг/кг (Наказ МОЗ України від 13.05.2013 № 368 «Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм» та ДСТУ 7033:2009).

У досліджених пробах моркви, буряку, картоплі залишкова кількість Рb дещо перевищує допустимі норми згідно Наказу МОЗ України № 368 від 13.05.2013 року «Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм» та ДСТУ.

Із проб картоплі досліджуваних районів Черкаської області залишкова кількість Свинцю перевищувала допустимі рівні у всіх зразках (0,307–0,105 мг/кг) при нормі 0,1 мг/кг.

У зразках буряку, представлених Канівським і Уманським районами, спостерігалось перевищення ГДК металу у 2–2,5 рази відповідно 0,258 мг/кг і 0,245 мг/кг.

Дослідження показали, що коренеплоди моркви в регіонах накопичують Свинець по – різному.

По Черкаському району виявлена найбільша середня концентрація металу в моркві – 0,342 мг/кг, а по Канівському району вона найменша – 0,065 мг/кг при нормі 0,1 мг/кг (табл. 2.).

Концентрація Свинцю у зразках цибулі найменша і не перевищує ГДК.

Таблиця 2

Вміст Свинцю в овочевій продукції з окремих районів Черкаської області, мг/кг (середнє за 2019–2021 рр.)

Район	Овочі	Свинець
Чигиринський район	Морква	0,102
	Буряк	0,025
	Картопля	0,105
	Цибуля	0,065
Черкаський район	Морква	0,342
	Буряк	0,034
	Картопля	0,262
	Цибуля	0,095
Золотоніський район	Морква	0,198
	Буряк	0,022
	Картопля	0,132
	Цибуля	0,049
Уманський район	Морква	0,246
	Буряк	0,245
	Картопля	0,307
	Цибуля	0,089
Канівський район	Морква	0,065
	Буряк	0,258
	Картопля	0,302
	Цибуля	0,073

Окрім вживання овочів Свинець може потрапляти до організму людини через побутові джерела: повітря старих будівель, у яких застосовувались фарби на основі свинцю; воду, яка потрапляє зі свинцевих припоїв водопроводу і металевого посуду; використання кераміки з високим вмістом свинцю; пари етильованого бензину в атмосфері [9].

Для людини небезпека Свинцю визначається його значною токсичністю і високою кумулятивною здатністю.

Різні сполуки Свинцю мають різний ступінь токсичності. Малотоксичним є стеарат свинцю, проте солі неорганічних кислот хлорид і сульфат свинцю – є більш токсичними.

Високотоксичними вважають органічні алкіловані сполуки, а саме тетраетилсвинець, який містить 64% металу [8].

Необхідно відмітити токсичний вплив Свинцю на організм людини. Адже цей елемент відомий більше 2000 років. У древній Греції йому дали назву і на його честь назвали планету Сатурн. Звідси і назва отруєння цим металом «сатурнізм» (плумбізм).

Отруєння Свинцем спостерігались ще з давніх–давен і були пов'язані з технологією виготовлення вин, лудінням бронзових котлів для приготування їжі і використання свинцевих водогонів. Використання металевого Свинцю поширено і у теперішній час [8].

Свинець, що потрапив до ШКТ, всмокується погано, але той, що вдихається із забрудненим повітрям, поглинається майже повністю. У крові основна частина Pb міститься в еритроцитах і лише близько 5% в плазмі у вигляді комплексів із фосфатами, білками та органічними кислотами. У разі перевищення він починає накопичуватись в організмі з утворенням стійких депо, переважно у кістковій тканині. Тривала експозиція може стати причиною сатурнізму, при якому розвивається «свинцевий колорит», свинцева облямівка по краях ясен і губ, збільшується ризик артеріальною гіпертонії, погіршується перебіг хронічних хвороб нирок [9].

До групи ризику підвищеної експозиції Свинцю належать водії, працівники кузовних робіт, лакофарбового виробництва і люди, які проживають уздовж автошляхів.

Діти більш чутливі до токсичної дії Свинцю. Навіть при рівнях 10 мкг/кг у дітей за тривалої дії свинець викликає пошкодження нирок. При дослідженні біосередовища (сироватки крові, еритроцитів, сечі) дітей, які страждають на гострий та хронічний пієлонефрит, виявлено вміст Pb у сечі більше ніж у 40%, що свідчить про ймовірний зв'язок між вмістом цього металу в організмі та розвитком патології нирок. Утворення стійких сполук Свинцю з гемоглобіном еритроцитів, повільне вивільнення може бути одним із факторів, що сприяють розвитку пієлонефриту [10].

Свинець, як інші важкі метали, негативно впливає на імунну систему організму. На сьогодні досліджено основні механізми його імунотоксичної дії. При спостереженні за станом здоров'я у людей з підвищеним рівнем свинцю в крові встановлено підвищену схильність до інфекційних захворювань. За даними, клітинні компоненти імунної системи є більш чутливими до дії свинцю, ніж гуморальні фактори (антитіла) [8].

Висновки з даного дослідження та перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі. Широке використання Свинцю та його сполук у різних галузях господарства призвело до значного забруднення ним навколишнього середовища. Основними техногенними джерелами забруднення Свинцем є викиди промислових підприємств та вихлопні гази автомобільного транспорту. В Україні

найбільше забруднені Свинцем регіони, де сконцентровані галузі важкої промисловості, а також території навколо автомагістралей.

Частка техногенного Свинцю в природних середовищах, у тому числі й ґрунтах індустріальних міст, на 1–2 порядки перевищує його природний фон. Найбільш токсичними є похідні органічних сполук Свинцю, серед яких тетраетилсвинець.

Учені постійно слідкують за екологією промислових міст на накопичення важких металів, зокрема Свинцю (беруть зразки ґрунту і сільськогосподарської продукції; проби піску на дитячих майданчиках; осади на дні водойм та досліджують продукти харчування, зокрема яйця домашніх курей).

Найбільша концентрація свинцю зафіксована у ґрунтах Черкаського району – 0,261 мг/кг.

Зразки сільськогосподарської продукції, що надходили з різних районів Черкаської області упродовж 2019–2021 років, підтверджують наявність Свинцю.

Спостерігається тенденція накопичення Pb в овочевій продукції Канівського, Черкаського і Уманського районах. У середньому його вміст в овочах у межах 0,342–0,245 мг/кг при нормі 0,1 мг/кг.

Найбільше акумулюють цей метал бульби картоплі і коренеплоди моркви та буряку.

З метою виключення негативного впливу важких металів на здоров'я населення України потрібне проведення постійного моніторингу овочевої продукції, яка потрапляє на споживчий ринок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Смоляр В. Т., Петрашенко Г.І. Свинець в харчових продуктах і раціонах. *Проблеми харчування*. 2007. № 4. С. 42–51.
2. Кухнюк О.В., Коцюрuba В.П. Накопичення солей важких металів у навколишньому середовищі та їх вплив на життєдіяльність організмів. *Modern innovations and promising ways of development of culture and science: матеріали XXXI Міжнар. наук.-практ. конф.* 09–12 серпня 2022 р. Бостон, США, 2022. С. 29–32.
3. Український урожай цьогоріч може виявитися вдвічі меншим від звичного через війну. URL: <https://gordonua.com/ukr/news/war/ukrajinskij-urozhaj-tsogo-roku-mozhe-vijavitsija-vdvichi-menshim-vid-zvichajного-cherez-vijnu-zelenskij-1619508.html> (дата звернення 24.08.2022).
4. Дмитруха Н.М. До проблеми імунотоксичності свинцю і кадмію (огляд літератури). *Современные проблемы токсикологии*. 2009. № 1. С. 4–9.
5. Лазаренко І.А. Вплив макродисперсної та наноформи свинцю на накопичення його в організмі. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2012. №2 (28). С. 95–97.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
7. Методы определения токсичных элементов (ГОСТ 26926–86, ГОСТ 26927–86). URL: https://dnaop.com/html/64471/doc-ГОСТ_26927-86 (дата звернення 23.08.2022).
8. Трахтенберг І.М., Дмитруха Н.М., Луговський С.П., Чекман І.С., Купрій В.О., Дорошенко А.М. Свинець – небезпечний поллютант. Проблема стара і нова. *Український журнал сучасних проблем токсикології*. 2015. №3 (71). URL: <http://protox.medved.kiev.ua/index.php/ua/issues/2015/3/item/450-lead-is-a-dangerous-pollutant-the-old-and-new-problem>.
9. Лабораторний довідник Сінево / за ред. О.І. Винник. 2019. 732 с.
10. Маркевич В.Е., Лобода А.М. Уміст свинцю в біосередовищах дітей, хворих на піелонефрит. *Здоров'я ребенка*. 2009. № 6 (21). С. 50–52.