

*Купчик О. Ю.  
Чернігівський національний педагогічний  
університет імені Т.Г. Шевченка*

## **ВИЗНАЧЕННЯ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ ВМІСТОМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПРОДУКТАХ РОСЛИННИЦТВА ТА ҐРУНТІ ПРИ ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ**

Вміст важких металів в продуктах рослинництва та ґрунті визначено методом інверсійної вольтамперометрії. Пробопідготовка зразків виконана окиснювальною мінералізацією в нітратній кислоті. Встановлено, що рослинна продукція придатна до вживання в їжу, окрім червоної смородини, в якій перевищено вміст кадмію. Можна вважати, що основним постачальником важких металів є ґрунт.

**Ключові слова:** важкі метали (цинк, кадмій, свинець, мідь), овочі, фрукти, ґрунт, інверсійна вольтамперометрія.

Содержание тяжелых металлов в продуктах растениеводства и почве определено методом инверсионной вольтамперометрии. Пробоподготовка образцов выполнена окислительной минерализацией в нитратной кислоте. Установлено, что растительная продукция пригодна к употреблению в пищу, кроме красной смородины, в которой превышено содержание кадмия. Можно считать, что основным источником тяжелых металлов является почва.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы (цинк, кадмий, свинец, медь), овощи, фрукты, почва, инверсионная вольтамперометрия.

The content of heavy metals in the soil and crop products defined by stripping voltammetry. Sample preparation of samples is made by oxidation mineralization in nitric acid. Established that plant products suitable to use in food, except red currant, which exceeded the content of cadmium. It can be assume that the main supplier of heavy metals is the ground.

**Keywords:** heavy metals (zinc, cadmium, lead, copper), vegetables, fruits, ground, stripping voltammetry.

**Вступ.** Інтенсивний розвиток різних галузей промислового виробництва, засобів пересування призводить до значного забруднення середовища хімічними речовинами. Найбільшу небезпеку в якості джерел забруднення являють важкі метали. Кумулятивний характер накопичення важких металів призводить до того, що з кожним роком зростає їх вплив на навколишнє середовище [13].

Забруднення важкими металами атмосфери, води, ґрунту є дуже серйозною проблемою, тому що більшість культурних ландшафтів потрапляють під їхній вплив, що в свою чергу відбивається як на продуктивності сільськогосподарських культур, так і на якості продуктів. Джерелом потрапляння важких металів у ґрунт можуть бути атмосферні опади, які можуть містити свинець, кадмій, арсен, ртуть, хром, нікель, цинк та інші елементи. Найбільшим джерелом важких металів є промисловість. Важкі метали потрапляють в атмосферу у вигляді аерозолей, пилу, розчинів у стічних водах і з сміттям. Важкі метали в мінеральних добривах є природними домішками, які містяться в агроґрунтах [3].

На думку багатьох вчених, саме рослини є основною ланкою екологічного ланцюга, що зв'язує всі об'єкти біосфери. Поглинання рослинами різного роду токсичних елементів, у тому числі важких металів є найнебезпечнішим. Вживання рослин, зібраних на забруднених територіях, може загрожувати здоров'ю населення, негативно впливаючи

© Купчик О. Ю., 2016

на роботу внутрішніх органів і фізіологічні процеси, що протікають в них. З рослинної сировини важкі метали переходять в їжу, а потім надходять в організм людини.

Серед сільськогосподарських культур посиленого моніторингу якості та безпеки заслуговує овочева продукція, яку споживають у вигляді як надземної маси, так і коренеплодів з різною ймовірністю накопичення забруднювачів. Незважаючи на те, що ці культури не належать до основних продуктів харчування, їх виробництво сезонне, а споживання не вимагає технологічної обробки, з одного боку, а з іншого - високий вміст біологічно активних речовин, необхідних організму, диктують певні вимоги щодо їх виробництва на всіх етапах технологічного ланцюга, починаючи від селекції та районування нових сортів і закінчуючи дотриманням правил технологічної дисципліни. Теж стосується і фруктів.

При низькій калорійності овочі та фрукти містять велику кількість вітамінів, мінеральних речовин, ферментів, фітонцидів та інших важливих сполук для підтримки і збереження здоров'я людей. Однак така продукція через накопичення в ній залишків пестицидів, солей важких металів і надмірної кількості нітратів може бути небезпечною [3].

Тому, доцільно зосередити увагу на проблемі оцінки накопичення важких металів в овочах і фруктах, що викликає необхідність вивчення їх в системі ґрунт-рослина.

Регулярне споживання продуктів з високим вмістом важких металів неминуче призводить до порушення роботи багатьох систем організму (серцево-судинної, травної та ін.). Але для більшості важких металів не існує «специфічних» ознак отруєння і ураження організму, що ускладнює виявлення причин недуги, а отже, і лікування. Основними джерелами цинку є м'ясо, птиця, тверді сири, а також зернобобові та крупи. Овочі та фрукти, хоча і не відносяться до основних його джерел, але також можуть поповнювати і балансувати раціон. Більшість овочів містять його в межах 0,1 ... 0,5 мг / 100 г. Підвищена кількість відзначена в зеленому горошку (1,5 мг / 100 г), петрушці і картоплі (0,9), часнику і моркві (0,6 мг / 100 г). Трохи менше його в суниці, агрусі, малині. У незначній кількості він міститься в баклажанах, кавуні, перці червоному, хроні, шпинаті, абрикосі, сливі, журавлині, черешні. Збільшити кількість цього елемента можна шляхом застосування хелатних мікродобрив. Засвоєння організмом цинку вимагає дотримання певного співвідношення з міддю: високе співвідношення цинку до міді (40:1) призводить до значного підвищення вмісту холестерину в крові. Мідь накопичується в печінці, мозку, серці та нирках. Біологічна роль міді пов'язана з роботою 25 білків і ферментів. Найбільша кількість природної міді містить порошок какао - до 4,55 мг / 100 г. Простий відвар вівса і вівсянка так само не менш багаті на мідь - 0,50 мг. В овочах органічної міді порівняно мало, особливо вирощених на торф'яних ґрунтах. Підвищена кількість може спостерігатися в овочах після обробки мідьвмісними фунгіцидами. Однак ця неорганічна мідь не зовсім корисна. У баклажанах, картоплі, помідорах, хроні і салаті міді порівняно багато - 0,12 ... 0,14, а іноді вміст може збільшуватися до 0,30 мг/100 г. В інших овочах вміст природної міді коливається в межах 0,05 ... 0,10 мг / 100 г [3, 11]. Високим вмістом міді відрізняються соки: томатний, абрикосовий і морквяний.

Свинець - дуже небезпечний нейротоксичний хімічний елемент. Роль свинцю в життєдіяльності організму вивчена недостатньо. Відомо, що свинець бере участь в обмінних процесах кісткової тканини. З іншого боку, свинець є канцерогеном і тератогеном для організму. У чоловіків утримання свинцю в організмі вище, ніж у жінок. Свинець - потужний токсин, часто пов'язаний з розвітком багатьох поведінкових проблем, включаючи агресію, дефіцит уваги та інші девіантні форми поведінки. Основним

шляхом надходження в організм свинцю є шлунково-кишковий тракт і атмосферне повітря [11]. Зараз практично всі продукти харчування забруднені свинцем. З їжею людина щодня споживає приблизно 150 ... 180 мкг свинцю. Він накопичується в усіх органах овочевих рослин, але найбільш в листках. Для профілактики свинцевих забруднень необхідні дієти з підвищеною кількістю білка і невеликим - жирів, які сприяють його накопиченню в нирках, печінці, мозку і кістках. Дуже важливе значення має споживання овочевої продукції з великою кількістю пектинів - кавунів, гарбузів, помідорів, фізалісу, буряка столового.

Кадмій відноситься до токсичних елементів, є одним з політантив навколишнього середовища. Найбільше надходження кадмію в атмосферу пов'язано з діяльністю промислових підприємств і спалюванням різноманітних відходів. Основними шляхами надходження кадмію в організм людини є пероральний, інгаляційний і через шкіру. Основним критичним органом, що характеризує інтенсивність кадмієвого навантаження на організм, є нирки. Відомо, що кадмій, аналогічно міді та цинку, знижує адреналінову гіперглікемію, але сам по собі не впливає на вміст цукру в крові, впливає на вуглеводний обмін. З віком вміст кадмію в організмі збільшується, особливо у чоловіків [9].

З мінеральними добривами, водою для поливу і фосфогипсом в організм людини надходить також арсен і нікель. Особливо небезпечні погано очищені фосфорні добрива, які імпортуються з-за кордону. Для овочівництва необхідно використовувати нові форми легкорозчинних мінеральних добрив. Особливо цінні вони при крапельному зрошенні для фертифертигації (внесення добрив з поливальною водою).

Мета роботи - оцінити вміст важких металів у овочах і фруктах, вирощених на території, суміжній з діяльністю міської теплоелектроцентралі, а також у ґрунті, на якому вони зростають та встановити кореляцію між ними.

**Результати дослідження.** Найбільш великим стаціонарним забруднювачем атмосферного повітря в місті залишається комунальне експлуатаційне підприємство «Чернігівська ТЕЦ». За останні роки (2010-2014) спостерігається збільшення обсягів викидів за рахунок збільшення використання твердого палива. Підприємством в атмосферне повітря викидається за рік 2,6 тис. тонн сполук азоту, діоксиду сірки 1,373 тис. тонн, оксиду вуглецю 0,2 тис. тонн, речовин у вигляді твердих частинок 4,401 тис. тонн [2].

При виборі орієнтації напрямку маршрутного пробовідбору враховували кліматичні характеристики місцевості і типу джерела в залежності від масштабу впливу на територію (локальний, регіональний) та його виду. Для локальних джерел при виборі напрямку вектора маршруту пробовідбору необхідно враховувати приземну розу вітрів. Так, для джерел з висотою викидів від 100 до 200 м (труби ТЕЦ) відбір проб проводять у діапазоні від 0,2 км до (3-5) км [10]. У даному напрямку знаходиться сел. Жовінка і дачний масив, де і був проведений відбір овочів, фруктів і ґрунту.

Відбір проб овочевих і фруктових культур проводився відповідно до вимог [4]. Проби овочевих і фруктових культур відбиралися на досліджуваних ділянках точковими пробями по діагоналі, через рівні відстані, в трьох точках, масою близько 1 кг. Точкові проби збиралися на брезенті, з'єднувалися і виходила об'єднана проба, яка ділилася на три групи за величиною плода: великі, середні і дрібні. Від кожної групи відбиралося 20% овочів/фруктів, загальною масою 1 кг.

Відбір проб ґрунту проводився відповідно до вимог, зазначених в [1]. Розмір пробних майданчиків становив 10 \* 10 м. Ґрунт відбирався методом «конверта», зразки ґрунту зсипалися на поліетиленову плівку і ретельно перемішувалися, квартовалися 3 рази. Після квартування ґрунт розрівнювали, умовно ділили на шість квадратів, з центру яких відбирали приблизно однакову кількість ґрунту в полотняний мішечок, масою близько 1 кг. Потім ґрунт висушували до повітряно-сухого стану при кімнатній температурі. Очищали від різних включень і просіювали через сито з діаметром отворів 0,5 мм і з наважки отримували водну витяжку.

Мінералізацію рослинних проб та водної витяжки ґрунту проводили методом мокрого озолення. Для цього використовували програмовану піч ПДП - Lab. Наважку фруктів і овочів (1 г) змішували з 2,5 мл концентрованої нітратної кислоти в кварцовій склянці, потім нагрівали до температури 150-180 °С до розчинення проби і випаровували до 1/3 початкового об'єму. Потім додавали 2 мл концентрованої нітратної кислоти і 1 мл 30% -ного розчину пероксиду водню і випаровували насухо протягом 60-70 хв при температурі 150-350 °С. Пробу озолювали при температурі 450°С протягом 30 хв. Операцію додавання нітратної кислоти, пероксиду водню, випаровування і озолення повторювали три рази до отримання однорідної золи білого, жовтого або сірого кольору. Золю розчиняли в 1 мл мурашиної кислоти і розбавляли бідистилятом до 10 мл. У кварцову електрохімічну комірку додавали 10 мл дистильованої води, 0,2 мл мурашиної кислоти і аліквоту проби об'ємом 2 мл [8].

Вміст важких металів визначали на аналізаторі вольтамперометричному ТА-Lab (НПП «Гомьаналіт», РФ) в трьохелектродній електрохімічній комірці. В якості індикаторного електрода використовували амальгамний електрод. В якості електрода порівняння і допоміжного електрода використовували хлорсрібний електрод, заповнений розчином 1М хлориду калію.

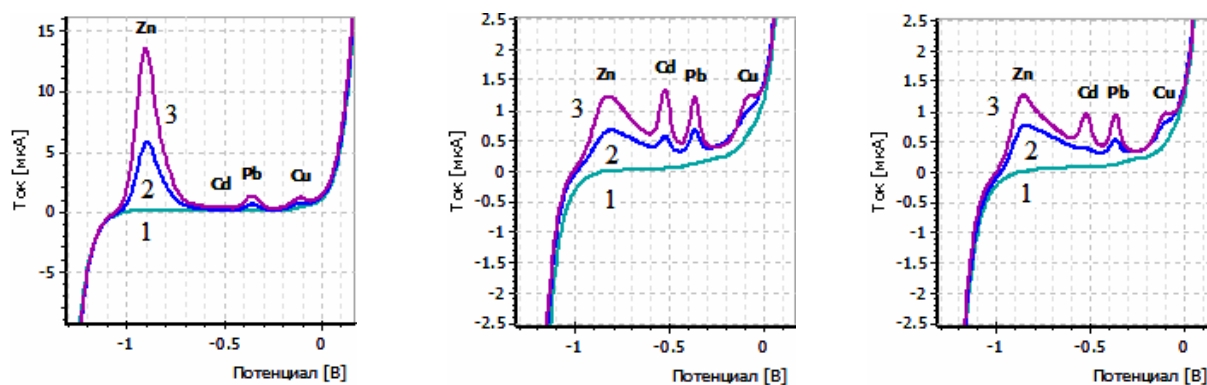
Аналіз овочів та фруктів проводили за стандартною методикою для продуктів, для ґрунту - за стандартною методикою для стічних вод, на фоновому електроліті, що містить 200 мкл концентрованої мурашиної кислоти (х.ч.), при наступних умовах: - електрохімічна очистка індикаторного електрода при потенціалі +0,050 В протягом 15 с, накопичення металів на поверхні індикаторного електрода при потенціалі -1,500 В протягом 30 с, заспокоєння розчину при потенціалі -1,300 В протягом 5 с, розгортка потенціалу зі швидкістю 80 мВ / с. відносна похибка такого аналізу не перевищує 7%.

Визначення металів проводили методом добавок з використанням стандартних розчинів, що містять по 1 мг / л або 10 мг / л кожного з визначених металів, які були приготовані на основі державних стандартних зразків (ДСЗ) і бідистилята. Розрахунок концентрації металів виконували за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми ТА-Lab (версія 3.6.10).

Пробу кожного зразка аналізували в трьох паралельних дослідах. Результати обробляли методом математичної статистики за відомою методикою; розраховували середнє значення та інтервальне значення з довірчою ймовірністю 95%.

Об'єктами дослідження були обрані найбільш поширені харчові продукти рослинного походження: овочі (цибуля, часник, перець, буряк, морква, огірок, картопля, помідор, капуста) та фрукти (яблуко, груша, малина, чорна і червона смородина, йошта, брусниця, виноград). Для оцінки масштабу забруднення ґрунту ми визначали розчинні форми важких металів, тобто найбільш доступні для живих організмів, оскільки вони практично миттєво включаються в обмінні процеси живих організмів.

На рисунку 1 представлені типові приклади вольтамперних кривих фону (1), проби без додавання (2) і з добавкою (3) аналізованого металу, отримані для проб овочів, фруктів і ґрунту.



а

б

в

**Рис.1. Типові вольтамперограми на прикладі проб  
«а» - помідора, «б» - груші, «в» - ґрунта**

З малюнка 1 видно, що на вольтамперних кривих розчину фону в інтервалі потенціалів від -1200 мВ до +100 мВ відсутні піки струму окиснення (крива 1). Це свідчить про чистоту фонового електроліту, а саме про відсутність у ньому цинку, кадмію, свинцю і міді, оскільки в умовах реєстрації вольтамперної кривої можливо анодне розчинення раніше сконцентрованих на індикаторному електроді тільки цих металів. На вольтамперній кривій проб овочів, фруктів та ґрунту (крива 2) є чотири максимуми струму - при потенціалах -900, -550, -320 і -50 мВ, які відповідають процесам анодного окиснення цинку, кадмію, свинцю і міді відповідно. При введенні добавки стандартних розчинів цинку, кадмію, свинцю і міді, максимумами струму окиснення зростають пропорційно збільшенню концентрації цих металів (крива 3). Аналогічні вольтамперні криві зареєстровані для інших досліджуваних зразків овочів і фруктів.

У табл. 1 наведені розраховані концентрації важких металів в овочах, фруктах і ґрунті.

Аналізуючи значення, що представлені в таблиці 1, можна зробити наступні висновки:

- вміст цинку знаходиться в межах для овочів від 3,0 до 4,9 мг/кг, найменша кількість в жовтих помідорах і найбільша - в цибулі; для фруктів від 0,025 до 1,5 мг/кг, найменша у винограді і найбільша в малині;

- вміст кадмію знаходиться в межах для овочів від «не виявлено» до 0,18 мг/кг в огірку; для фруктів від 0,0022 мг/кг в яблуках до 0,1 мг/кг в червоній смородині, що відповідає 3,3 ГДК;

*Таблиця 1*

**Вміст важких металів в овочевій та фруктовій продукції, та ґрунті**

Об'єкт дослідження	Zn	Cd	Pb	Cu
<b>Овочі</b>				
огірок	4,2±1,0	0,018±0,005	0,26±0,09	0,20±0,05
морква	3,9±1,1	0,0061±0,0016	0,21±0,06	0,61±0,20
цибуля	4,9±1,4	0,0044±0,0014	0,30±0,09	0,75±0,24
помідор жовтий	3,0±0,8	-	0,28±0,08	0,70±0,22
бурак	4,7±1,3	0,0055±0,0015	0,28±0,08	0,38±0,12
перець болг. черв.	4,2±1,2	0,0087±0,0023	0,40±0,12	0,53±0,17
часник	4,2±1,2	0,012±0,003	0,32±0,09	1,00±0,30
капуста білокач.	4,0±1,1	0,0043±0,0012	0,32±0,10	0,23±0,07
картопля	3,7±1,0	0,0055±0,0015	0,32±0,10	0,48±0,15
ГДК [11]	10,0	0,03	0,5	5,0
<b>Фрукти</b>				
абрикос	0,36±0,10	0,015±0,004	0,39±0,12	0,0011±0,0004

малина	1,5±0,4	0,012±0,004	0,12±0,03	0,11±0,03
чорна смородина	0,22±0,07*	0,027±0,009	0,14±0,05	-
червона смородина	1,3±0,4	0,100±0,032	0,16±0,05	0,29±0,09
йошта	0,60±0,17*	0,021±0,006	0,12±0,04	0,68±0,22
брусниця	0,32±0,03*	0,0075±0,0020	0,34±0,12	0,68±0,22
виноград	0,025±0,008*	0,0049±0,0013	0,28±0,08	0,11±0,04
груша	0,38±0,10*	0,0029±0,0008	0,22±0,06	0,057±0,022
яблуко	0,22±0,06*	0,0022±0,0006	0,20±0,06	0,087±0,033
ГДК [11]	10,0	0,03	0,4	5,0
<b>Грунт</b>				
грунт	2,56±0,06*	0,16±0,15	0,31±0,09	2,80±0,07
ГДК (для водорозчинних форм) [12]	23	0,70	6,00	3,00

\* - нижче межі виявлення

- вміст свинцю знаходиться в межах для овочів від 0,21 мг/кг в моркві до 0,40 мг/кг в перці болгарському червоному; для фруктів від 0,12 мг/кг в малині і йошті до 0,39 мг/кг в абрикосі;

- вміст міді знаходиться в межах для овочів від 0,20 мг/кг в огірку до 1,0 мг/кг в часнику; для фруктів від 0,0011 мг/кг в абрикосі до 0,68 мг / кг в йошті і брусниці.

Таким чином, вміст важких металів переважає в овочах.

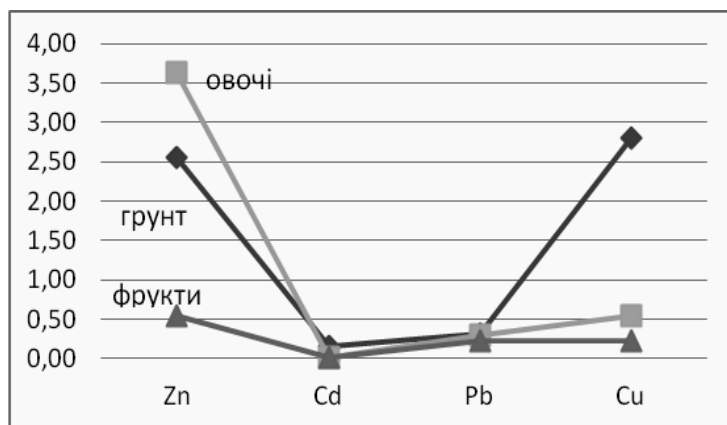
Порівняння середніх значень вмісту важких металів у ґрунті, овочах і фруктах (табл. 2) в графічному зображенні дає можливість визначити: які хімічні елементи залежать від основного джерела надходження хімічних елементів, які не залежать або є частково залежними [7].

Таблиця 2

### Середній вміст хімічних елементів у ґрунті, овочах і фруктах

Хімічний елемент	Середній вміст хімічних елементів		
	ґрунт	овочі	фрукти
Zn	2,56	3,64	0,55
Cd	0,16	0,014	0,021
Pb	0,31	0,30	0,22
Cu	2,80	0,54	0,22

За розрахованими даними побудовані графіки залежності (рис. 2)



**Рис.2. Особливість розподілу середніх значень вмісту хімічних елементів у ґрунті, овочах і фруктах**

Проведені дослідження показали, що частково ґрунтозалежним є лише цинк (його більше в овочах ніж в ґрунті), а в фруктах він не виявляє залежності. Оскільки вміст кадмію, свинцю і міді в ґрунті завжди більший, ніж в овочах і фруктах, то вони є ґрунтозалежними.

Отже, вміст важких металів у досліджуваних об'єктах рослинного походження пояснюється умовами вирощування та використанням добрив.

Можна припустити, що підвищений вміст кадмію пов'язаний з тим, що накопичення відбувається в ґрунті з надходженням з повітря і перенесенням важких металів при спалюванні вугілля, більшою мірою для свинцю та кадмію.

У зв'язку з цим, необхідний постійний систематичний контроль за рівнем вмісту важких металів в об'єктах довкілля, з метою контролю та регулювання процесу накопичення міграції та акумуляції важких металів у харчових продуктах.

**Висновки.** Таким чином, вміст важких металів у ґрунті і вирощуваної на ньому овочевій та фруктовій продукції відповідає санітарно-гігієнічним нормам. Встановлено, що рослинна продукція придатна до вживання в їжу. Виняток становить червона смородина, в якій спостерігається перевищення ГДК по кадмію більш, ніж в 3 рази. Кадмій, свинець та мідь виявилися ґрунтозалежними елементами, в той час як цинк – частково ґрунтозалежним. Однак, все-таки для зменшення доступності токсикантів рослинами, рекомендовано проводити вапнування ґрунту, вносити органічні добрива і т.ін.

Дані дослідження, з одного боку, можуть послужити науковою основою в плані розробки заходів контролю тільки найбільш поширених важких металів в об'єктах сільськогосподарського виробництва з метою скорочення витрат на визначення всіх токсикантів, і одночасно з цим бути практичною базою для оцінки і прогнозу можливості надходження важких металів у харчовий ланцюг.

### Література

1. ГОСТ 12071-2014 Ґрунти. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200116021>
2. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2014 рік. Під. ред. С.В. Гороневича. Чернігів: [б. в.], 2015. С 342.
3. Дубініна А. Визначення вмісту солей важких металів у різних ботанічних сортах часнику, вирощених у різних регіонах / А.А.Дубініна, І.Ф.Овчиннікова, Н.А. Чернова // Наук. Зап. Вінницького держ. Ун-ту. Сер. Географія. – 2009. – Вип. 19. – С. 311–315.

4. ДСТУ ISO 874-2002 (ISO 874:1980, IDT) Фрукти та овочі свіжі. Відбір проб. Чинний від 10.01.2003.

5. Колесникова Е.В. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов в пищевом сырье и продуктах питания Томской области: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: спец. 03.00.16 «Экология» / Колесникова Елена Владимировна; Томский гос. пед. ун-т – Новосибирск, 2002. – 177с.

6. МБТ 5061-89 Медико-биологические требования и санитарные нормы Качества продовольственного сырья и пищевых продуктов [Электронный ресурс]. – [Действующие с 1989-08-01]. – Режим доступа: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/v5061400-89>

7. Некос А. Проблеми визначення фонового вмісту мікроелементів у овочах та фруктах географічних регіонів України / А.Н.Некос // Наук. Зап. Вінницького держ. Ун-ту. Сер. Географія. — Вип. 19. –2009.– С. 79–83.

8. Носкова Г.Н. Минерализация пищевых продуктов. Методическое пособие по подготовке проб для определения содержания токсичных элементов: практ. рук-во / Г.Н.Носкова, А.В.Заичко, Е.Е.Иванова. — Томск: ТПУ, 2010. — 30 с.

9. Оценка поступления микроэлементов в организм человека с продуктами питания в центральных регионах России / А.В.Горбунов, С.М.Ляпунов, С.Ф.Гундорина [и др.] // Экологическая химия. – 2006. – Т.15, № 1 – С. 47–59

10. Руководство по методам полевых и лабораторных исследований снежного покрова для изучения закономерностей длительного загрязнения местности в зоне действия антропогенных источников: метод. Пособие / В.В.Ковкин, О.В.Шуваева, С.В.Морозов, В.Ф.Ранута. – Новосибирск: Новосиб. гос.ун-т, [2012]. – 85 с.

11. Скальный Анатолий Викторович. Биоэлементы в медицине / А.В.Скальный, И.А.Рудаков – М.: Оникс XI век, Мир – 2004. – 272 с. – ISBN: 5-329-00930-8, 5-03-003645-8.

12. Трубачова Л. Определение содержания подвижных форм тяжелых металлов (кадмия, свинца и меди) в почвах методом инверсионной вольтамперометрии / Л.В.Трубачева, Н.В.Купцова // Вестник Удмуртского университета Физика. Химия. – Вып. 2. – 2008 – С. 112–118.

13. Янтурин С. Содержание тяжелых металлов в овощах, произрастающих в различных районах промышленного центра черной металлургии / С.И.Янтурин, О.Б.Прошкина // Фундаментальные исследования. Сер. Биологические науки. – 2012. – № 9. – С. 595–597.