

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА  
УКРАЇНИ  
ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР ОХОРОНИ РОДЮЧОСТІ  
ГРУНТІВ

**ВЕДЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО  
ВИРОБНИЦТВА У ПРИВАТНОМУ СЕКТОРІ В  
УМОВАХ ПОСИЛЕНОГО АНТРОПОГЕННОГО  
ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ**

*(РЕКОМЕНДАЦІЇ)*

*(на прикладі м. Житомира і його 15-кілометрової  
приміської зони)*

*За заг. ред. к. с.-г. н. Т.М. Мисливої*

Житомир 2011

*Рекомендації схвалено науково-технічною радою Державного технологічного центру охорони родючості ґрунтів (протокол № 1/17 від 23 грудня 2010 р.)*

**Рецензенти:**

**А. Д. Балась**, д. с.-г. н., проф., завідувач кафедри ґрунтознавства і охорони ґрунтів Національного університету біоресурсів і природокористування, м. Київ;

**Ф. С. Галиш**, к. с.-г. н., заступник директора з наукової роботи Хмельницького інституту агропромислового виробництва НААН.

Рекомендації розробили науковці та фахівці-практики:

к. с.-г. н., доцент **Т.М. Мислива**, д. с.-г. н., професор **П.П. Надточій**, аспірант **Л.О. Герасимчук** – Житомирський національний агроекологічний університет;

к. с.-г. н. **В.О. Греков** – Державний технологічний центр охорони родючості ґрунтів;

к. с.-г. н. **В.А. Трембіцький** – Житомирський обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції.

Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище / [Т.М. Мислива, П.П. Надточій, Л.О. Герасимчук та ін.]; за ред. Т.М. Мислової. – Житомир, 2011. - 50 с.

Рекомендуються для використання як методична та нормативна база при веденні сільськогосподарського виробництва в особистих селянських господарствах в умовах забруднення довкілля важкими металами. Можуть бути використані органами державної влади, фермерами, науковцями, фахівцями, викладачами та студентами вищих навчальних закладів.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ ТА ПОНЯТЬ.....	4
ВСТУП.....	8
1. ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВАЖКИХ МЕТАЛІВ .....	9
2. ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ГРУНТОВОГО ПОРИВУ АГРОСЕЛІТЕБНИХ ЛАНДШАФТІВ .....	20
3. ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ КАРТОПЛІ І ОВОЧІВ В МЕЖАХ АГРОСЕЛІТЕБНИХ ЛАНДШАФТІВ .....	27
4. НОРМУВАННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГРУНТІ, РОСЛИНАХ І ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ.....	40
5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ДЕТОКСИКАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ГРУНТІВ ТА КОНТРОЛЮ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У РОСЛИННИЦЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ.....	43
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	48

## ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ ТА ПОНЯТЬ

**Агроекосистема** – природно-виробнича система, яка створена з метою одержання доброякісної сільськогосподарської продукції за рахунок використання відновлювальної здатності енергетично-ресурсного потенціалу компонентів ландшафту.

**Агроландшафт** – антропогенний територіальний комплекс, у якому природна рослинність на більшій її частині замінена агрофітоценозами (посівами сільськогосподарських культур, багаторічними насадженнями).

**Агрослітєбний ландшафт** – форма ландшафту, перехідна між селітєбним і агроландшафтом.

**Антропогенез** – зміна природних ландшафтів під впливом антропогенних факторів (людської діяльності), що призводить до появи на їх місці антропогенних ландшафтів.

**Антропогенне навантаження** – частка прямого і непрямого впливу діяльності людини на довкілля в цілому або на його окремі компоненти.

**Антропогенні зміни** – зміни рослинних і тваринних угруповань, які відбуваються під впливом людини.

**Антропогенні фактори** – фактори, що пов'язані з діяльністю людини.

**Біота** – історично сформована сукупність рослин і тварин, об'єднаних загальною областю поширення.

**Буферна ємність екосистеми** – здатність екосистеми протистояти забрудненню; кількість забруднювача, яку екосистема може поглинути без помітних негативних наслідків для неї.

**Буферність ґрунту** – поліфункціональна властивість ґрунту протистояти змінам концентрації ґрунтового розчину, його окисно-відновного стану, а також здатність ґрунту протистояти змінам активності різних його компонентів під впливом вологості, температури та інших зовнішніх умов; здатність зберігати власну організацію, тобто перелік рівнів та співвідношень складових ґрунтових компонентів, за рахунок

яких відбувається постійне підтримання процесів, що обумовлюють стійкість функціонування ґрунтової екосистеми.

**Буферність ґрунту по відношенню до забруднення** – здатність зв'язувати рухомі елементи в малодоступні сполуки і забезпечувати низькі рівні їх концентрації.

**Гранично допустима концентрація (ГДК)** – норматив, кількість шкідливої речовини у навколишньому середовищі, що практично не впливає на здоров'я людини, тварини, рослини і мікроорганізми, а також законодавчо регламентується і рекомендується відповідними установами.

**ґрунт** – природно-історичне тіло, придатний для життя рослин верхній шар землі, що утворився під впливом природних факторів (клімат, рослинні й тваринні організми, мікроорганізми, рельєф місцевості) та діяльності людини на ґрунтоутворювальній материнській породі, основною властивістю і якісною ознакою якого є родючість.

**Гумус** – складний динамічний комплекс органічних сполук, які утворюються при розкладанні і гуміфікації органічних решток.

**Екологічна смість агроландшафту** – величина антропогенного навантаження, яку здатний сприйняти агроландшафт, зберігаючи екологічну і виробничу стійкість.

**Екологічна система (екосистема)** – функціональна природна система, яка утворена в процесі взаємодії живих організмів та середовища їх існування.

**Забруднення** – привнесення у природне або антропогенне середовище нехарактерних для нього речовин або збільшення вище середньої концентрації властивих для даного середовища речовин.

**Забруднення ґрунту** – потрапляння на поверхню і всередину ґрунту забруднювачів, які не розкладаються у процесі самоочищення і змінюють фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту.

**Забруднювач** – будь-який природний чи антропогенний фізичний агент, хімічна речовина або біологічний вид, які потрапляють у навколишнє середовище або виникають у ньому в кількостях, що виходять за межі звичайного вмісту.

**Канцерогени** – речовини або фізичні агенти, здатні

викликати утворення злоякісних пухлин або сприяти їх розвитку.

**Кларк елемента** – кількісне значення середнього вмісту елемента у земній корі.

**Коефіцієнт накопичення елемента-забруднювача** – відношення концентрації забруднювача в рослинній продукції до його концентрації у ґрунті. Використовується для оцінки можливості переходу рухомих форм важких металів із ґрунту в рослини. Визначається за формулою:

$$K_n = \frac{C_{ip}}{C_{igr}}, \text{ де}$$

$C_{ip}$  – концентрація  $i$ -тої забруднюючої речовини у рослині, мг/кг;

$C_{igr}$  – концентрація  $i$ -тої забруднюючої речовини у ґрунті, мг/кг.

**Коефіцієнт небезпеки елемента-забруднювача ( $K_{нб}$ )** – співвідношення між концентрацією поллютанта та його ГДК. Використовується для оцінки ступеня небезпечності елемента-забруднювача. За нормальних умов коефіцієнт небезпеки має бути меншим або рівним 1. Визначається за формулою:

$$K_{нб} = \frac{C_i}{ГДК_i} \geq 1, \text{ де}$$

$C_i$  – концентрація  $i$ -тої забруднюючої речовини, мг/кг;

$ГДК_i$  – гранично допустима концентрація  $i$ -тої забруднюючої речовини, мг/кг.

**Ландшафт** – конкретна територія, яка однорідна за своїм походженням історичним розвитком, нероздільна за зональними і азональними ознаками, має єдиний геологічний фундамент, однотипний рельєф, загальний клімат, одноманітне поєднання гідротермічних умов, ґрунтів, біоценозів і відповідну структуру.

**Мікроелементи** – хімічні елементи, що містяться в рослинних і тваринних організмах у малих кількостях ( у тисячних і менших частках відсотка) і беруть участь у проміжних процесах обміну речовин в якості біологічних активаторів, впливаючи на основні функції живих організмів:

ріст, розвиток, розмноження тощо. До них належать марганець, бор, йод, мідь, молібден, бор, фтор, цинк та ін.

**Мутагени** – фізичні та хімічні фактори, дія яких на живі організми призводить до появи мутацій.\

**Рухомість важких металів** – показник, який дає змогу судити про можливість перетворення важких металів із валових форм у доступні для рослин рухомі форми. Розраховується за формулою:

$$P = \frac{RфВМ}{ВфВМ} \times 100\%, \text{ де}$$

$RфВМ$  – концентрація рухомої форми важкого металу у ґрунті, мг/кг;

$ВфВМ$  – концентрація валової форми важкого металу у ґрунті, мг/кг.

**Полютант** – забруднювач довкілля, як правило хімічної природи та штучного походження

**Селітебний ландшафт** – ландшафт населеного пункту з усією інфраструктурою.

**Тератогени** – речовини або фактори, які викликають аномалії, потворності у розвитку організму на ембріональній стадії.

**Угруповання** – сукупність видів, об'єднаних певними взаєминами між собою, спільною територією і умовами існування.

**Урбанозем** – ґрунтовий покрив населеного пункту з конструйованим ґрунтовим профілем, який складається принаймні з двох частин. Нижня частина – ґрунтоутворююча порода зонального типу, або культурний шар міст, верхня – насипний, перемішаний шар, складений з торфисто-мінеральної суміші потужністю понад 10 см, часто з домішками урбаногенного сміття понад 5 %. Перехід між верхніми гумусованими та нижніми, не структурованими шарами чітко виражений.

## ВСТУП

Внаслідок посилення антропогенного впливу на біосферу відбувається інтенсивна деградація як природних, так і штучно створених урбо- та агроecosystem, які, будучи природно-антропогенними екологічними системами, зазнають значного тиску внаслідок того, що знаходяться в умовах несприятливого середовища, характерного для урбанізованих територій.

Вагомим чинником у цьому процесі виступає надмірне надходження в біосферу хімічних елементів техногенного походження, які не утилізуються і не включаються в біогеохімічні цикли, а накопичуються в екосистемах, спричиняючи їх забруднення. До таких елементів, насамперед, відносять важкі метали, які є найбільш небезпечними забруднювачами довкілля, а також високотоксичними речовинами канцерогенної та мутагенної дії.

Ґрунти є природними накопичувачами важких металів у навколишньому середовищі і основним джерелом забруднення суміжних середовищ, включаючи вищі рослини. Майже 90% важких металів, які потрапляють в довкілля, акумулюється ґрунтом, а потім мігрує в природні води, поглинається рослинами та включається в трофічні ланцюги, кінцевою ланкою яких є організм людини.

У зв'язку з погіршенням загального екологічного стану біосфери в цілому та ґрунтового покриття зокрема, велику цікавість викликає той факт, що понад 90 % усіх хвороб людини прямо чи опосередковано пов'язано зі станом навколишнього середовища, який є або причиною виникнення захворювань, або сприяє їх розвитку.

Запропоновані читачеві рекомендації дозволять знизити ризик надходження забруднювачів у овочеву продукцію та картоплю, які традиційно вирощуються у приватному секторі на території як сільських, так і міських населених пунктів, а отже й зберегти здоров'я.



## 1 ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

*Важкі метали (ВМ)* – це хімічні елементи періодичної системи Д.І. Менделєєва, атомна маса яких перевищує 50 атомних одиниць маси, а питома вага вища за 5 г/см<sup>3</sup>. До їх числа відносять більше 40 елементів. Серед них: Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Mo, Mn, Ni, Sn, Co тощо. Також до важких металів часто відносять елементи-неметали, а іноді навіть елементи, атомна маса яких менша 50 атомних одиниць маси.

Серед ВМ багато мікроелементів, які є необхідними й незамінними компонентами біокаталізаторів та біорегуляторів найважливіших фізіологічних процесів, входять до складу окремих білкових комплексів (ферментів) або активізують їх діяльність і життєво необхідні живим організмам, однак у дуже малих кількостях. Надлишкова ж кількість ВМ у різних об'єктах біосфери спричиняє пригнічуючий і навіть токсичний вплив на біоту.

Однак багато мікроелементів, включаючи й життєво необхідні для живих організмів, в аномально високих концентраціях токсичні для рослин, тварин і людини, що свідчить про визначальне значення концентрації елемента в ґрунті й форм його сполук. Згідно з ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация загрязняющих веществ для контроля загрязнения» за ступенем небезпечності для живих організмів важкі метали поділяють на три класи (табл. 1).

**Таблиця 1. Класи небезпечності забруднюючих речовин**

№ класу	Назва класу	Елемент
I	Високо небезпечні	Hg, Cd, Pb, Zn, As, Se, F
II	Помірно небезпечні	Cu, Co, Ni, Mo, Cr, B, Sb
III	Мало небезпечні	V, W, Mn, Sr, Ba

До першого класу небезпечності крім Hg, Cd, Pb, As, Se віднесено й такий важливий мікроелемент як Zn, а Cu згідно з цим же нормативним документом належить до другого класу небезпечності.

У таблиці 2 наведені відомості про основні біогеохімічні властивості важких металів.

**Таблиця 2. Деякі біогеохімічні властивості  
важких металів [6]**

Властивість	Cd	Co	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Біохімічна активність	В	В	В	В	В	В	В
Токсичність	В	П	П	В	П	В	П
Мінеральна форма розповсюдження	В	В	Н	В	Н	В	Н
Органічна форма розповсюдження	В	В	В	В	В	В	В
Рухомість	В	Н	П	В	Н	В	П
Тенденція до біокоцентрування	В	В	П	В	В	В	П
Ефективність накопичення	В	П	В	В	П	В	В
Комплексоутворююча здатність	П	Н	В	П	Н	Н	В
Схильність до гідролізу	П	Н	В	П	П	П	В
Розчинність сполук	В	Н	В	В	Н	В	В

В – висока; П – помірна; Н – низька.

Всі основні цикли міграції важких металів у біосфері (водні, атмосферні, біологічні) починаються у ґрунті. Саме в ґрунті відбувається їх мобілізація і утворення різних міграційних форм.

Переважає більшість важких металів, які потрапили на поверхню ґрунту, закріплюються у верхніх гумусових горизонтах. ВМ сорбуються на поверхні ґрунтових часток, зв'язуються із органічною речовиною ґрунту, акумулюються в гідроксидах заліза, входять до складу кристалічних решіток глинистих мінералів, знаходяться у розчинному стані в ґрунтовій воді і в газоподібному стані – у ґрунтовому повітрі, є складовою частиною ґрунтової біоти.

Ступінь рухомості важких металів залежить від геохімічних обставин і рівня техногенного впливу на середовище. Важкий гранулометричний склад і високий вміст органічної речовини призводять до зв'язування важких металів ґрунтом. Підвищення значень рН підсилює сорбованість катіонотворюючих металів (мідь, цинк, нікель, ртуть, свинець

тощо) і підвищує рухомість аніонутворюючих (молібден, хром, ванадій тощо). Підсилення окисних умов збільшує міграційну здатність металів. За здатністю зв'язувати більшість ВМ, ґрунти утворюють наступний рангований ряд: чорнозем > сірий лісовий ґрунт > дерново-підзолистий ґрунт.

Важкі метали належать до числа найбільш небезпечних для природного середовища хімічних забрудників (екотоксикантів). Це зумовлено, з однієї сторони, технократичним напрямком розвитку суспільства, а з іншої – фізіолого-біохімічними властивостями самих важких металів. Дія ВМ часто прихована, але вони передаються по трофічному ланцюгу з вираженим кумулятивним ефектом, тому проявлення токсичності можуть виникати несподівано на окремих рівнях трофічних ланцюгів. З іншого боку, розвиток промисловості призводить до збільшення викидів ВМ, їх надходження в екосистеми, внаслідок чого в ряді середовищ концентрація цих поллютантів досягає небезпечних величин.

Серед важких металів – забруднювачів ґрунту і рослин в агроландшафтах Житомирського Полісся, варто насамперед виділити мідь, цинк, свинець і кадмій.

**Мідь** – важливий мікроелемент, що бере участь у процесах окислення, підсилює інтенсивність дихання, сприяє синтезу білків та входить до складу 19 ферментів, які є мідьвміщуючими протеїнами (аскорбіноксидаза, уреаза, дифінілоксидази, церулоплазмін та ін.).

Серед порід земної кори підвищені кількості міді властиві для основних (базальти, габро) гірських порід (60-120 мг/кг) та глинистих осадових порід – 40-60 мг/кг. Мінімальні кількості цього елемента вміщують кислі ефузивні породи альбіді, граніти) – 5-20 мг/кг та вапняки і доломіти – 2-10 мг/кг [6]. Вміст Cu у ґрунті, насамперед, залежить від мінералогічного і гранулометричного складу ґрунтоутворюючих порід, типу ґрунтоутворюючого процесу, хімізму та рівня залягання ґрунтових вод, кількості і якості органічної речовини ґрунту, інтенсивності антропогенної діяльності тощо.

Вміст валових форм цього елемента в ґрунтах України коливається від 7 мг/кг (Полісся) до 26 мг/кг (Степ) і поступово зростає з північного заходу на південний схід і південь [5].

Найбільші кількості рухомих форм міді у ґрунтах України приурочені до регіонів із високим ступенем концентрації промислового виробництва, особливо гірничо-видобувної, хімічної промисловості та виробництва чорних і кольорових металів (Дніпропетровська, Запорізька, Донецька області). Традиційно низьким вмістом рухомих форм міді характеризуються ґрунти Полісся та Карпатського регіону

Вміст міді в рослинах коливається від 3 до 15 мг на 1 кг сухої речовини. Різні культури виносять з урожаєм від 7,3 до 52,5 г/га міді. Найбільші кількості міді поглинають картопля, гречка і морква столова. При її нестачі затримується ріст і розвиток рослин, проявляється хлороз і в'янення, затримується цвітіння; у зернових культур не розвивається колос, а у плодкових спостерігається суховершинність. При надлишку міді листя рослин має темно-зелене забарвлення, розвиваються товсті, короткі або схожі на колючий дріт корені, відбувається пригнічення утворення пагонів. Надлишок міді пригнічує активність фосфатази, каталази, оксидази і рибонуклеази. У тварин мідь переважно накопичується у печінці, нирках і серці. Якщо її бракує в кормах, вони хворіють на лизуху. Надлишок міді спричиняє токсичні ураження печінки.

В організмі людини мідь утворює комплекси з амінами і сполуками сірки, сприяє синтезу гемоглобіну крові, прискорює формування еритроцитів, відновлення кісткової тканини, посилює дію інсуліну, перешкоджає розпаданню глікогену в печінці. Вона сприяє синтезу вітамінів В<sub>1</sub>, С, Р, РР та Е. Добова потреба міді для дорослої людини становить 0,04 мг/кг маси тіла, а потреба дитячого організму у міді вдвічі перевищує потребу дорослого. При надлишку міді в людському організмі відбувається токсичне ураження печінки, нирок та головного мозку.

Джерелами потрапляння міді в екосистеми є: викиди підприємств металургійної промисловості, мінеральні і органічні добрива, хімічні засоби захисту рослин (фунгіциди), вапнякові матеріали, що використовуються в якості хімічних меліорантів, осади побутових стічних вод. Так, з 20 т гною в ґрунт потрапляє майже 40 г міді, з осадом побутових стічних вод – до 1500 мг/кг сухої речовини цього елемента, а рухомих форм – близько 190 мг/кг осаду. Значна кількість міді (понад

200 г/га на рік) може надходити в ґрунт і з газоподібними викидами підприємств чорної та кольорової металургії.

**Цинк** – один із основних мікроелементів, який входить до складу ферментів, бере участь у білковому, вуглеводному, фосфорному обміні, у біосинтезі вітамінів та ростових речовин, РНК і хлорофілу. Він входить до складу 30 ферментів (карбоангідраза, карбоксипептидази, глутаматдегідрогеназа, альдолаза, фосфоліпаза та ін.). Його відносять до помірно токсичних хімічних елементів.

Будучи розсіяним елементом земної кори, цинк є досить поширеним в біосфері хімічним елементом. У магматичних гірських породах він розподілений досить рівномірно. Спостерігається лише невелике збагачення ним основних (базальти, габро) порід, де його вміст досягає 80-120 мг/кг, та слабке збіднення гранітів і гнейсів, в яких його вміст не перевищує 40-60 мг/кг. Концентрація цинку у глинистих осадових породах і сланцях підвищена і сягає 80-120 мг/кг, у піщаних і карбонатних породах вона менша і коливається в межах від 10 до 30 мг/кг [6].

Вміст Zn у ґрунті залежить від мінералогічного і гранулометричного складу ґрунтоутворюючих порід, типу ґрунтоутворюючого процесу, хімізму та рівня залягання ґрунтових вод, кількості і якості органічної речовини ґрунту, інтенсивності антропогенної діяльності тощо. Валовий вміст цього елемента в ґрунтах України коливається від 41 мг/кг (Полісся) до 65 мг/кг (Крим) і закономірно зростає з північного заходу на південь.

Характер розподілу рухомих форм цинку у ґрунтах України аналогічний до розподілу їх валових форм, а вміст збільшується від ґрунтів Полісся до ґрунтів Лісостепу, Степу, Донбасу і Криму. Концентрація рухомого цинку в ґрунтах знаходиться на рівні 0,2-2,0 мг/кг (Полісся), 1,1-3,2 мг/кг (Лісостеп), 2,2-3,5 мг/кг (Степ), 2,5-4,4 мг/кг (гірські країни Криму і Карпат).

Вміст цинку в рослинах коливається від 15 до 22 на 1 кг сухої речовини, винос з урожаєм у різних культур становить від 75 до 188 г на 1 га. Нестача цинку спричиняє розвиток у плодкових культур (яблуна, абрикос, персик, айва, вишня) дрібнолистяно - розеточної хвороби, у цитрусових – плямистість

листіків, припинення росту міжвузлів. При цинковому голодуванні у рослинах накопичуються небілкові розчинні азотисті сполуки (аміди, амінокислоти) і редууючі цукри, зменшується вміст сахарози і крохмалю, збільшується накопичення органічних кислот, знижується вміст ауксину. Надлишок цинку спричиняє хлороз і некроз кінців листків, міжжилковий хлороз молодого листа, затримку росту рослин в цілому та пошкодження коріння.

У тварин нестача цинку викликає сповільнення росту і виснаження, випадіння шерсті, розвиток анемії та зниження жирності молока, безплідність. Цинк накопичується переважно в м'язах і печінці тварин. Його надлишок спричиняє токсичне отруєння тваринного організму, впливаючи насамперед на серце і органи кровотворення.

У організмі людини цинк бере участь у процесах кровотворення, в обміні білків, жирів і вуглеводів, в енергетичному обміні, окисно-відновних процесах, в утворенні інсуліну, нейтралізує підвищений рівень кальцію і хрому в дієті. Зокрема, в еритроцитах крові знаходиться цинквміщуючий фермент карбоангідраза, який регулює в організмі обмін вуглекислоти, а у печінці і нирках – фермент аргіназа, що регулює утворення сечовини. В організмі дорослої людини міститься близько 3 г цинку, який нерівномірно розподілений по внутрішніх органах і переважно концентрується у залозах внутрішньої секреції. Нестача цинку в людському організмі проявляється в ушкодженні шкіри, ненормальності скелета, дефектах репродуктивних органів, карликовості, втраті апетиту і зниженні швидкості росту, вона викликає ендемічний зуб. Надлишок цинку в організмі людини знижує засвоюваність міді та посилює її нестачу. Великі (до 1 г) дози цинку здатні викликати отруєння.

Джерелами потрапляння цинку в екосистеми є: викиди підприємств металургійної промисловості, мінеральні і органічні добрива, вапнякові матеріали, що використовуються в якості хімічних меліорантів, осади промислових і побутових стічних вод. Одним із основних техногенних джерел забруднення Zn є застаріла пірометалургійна технологія, коли в атмосферу викидаються величезні кількості збагачених цинком пилу й аерозолі.

**Свинець.** Цей елемент не належить до фізіологічно необхідних мікроелементів. Його віднесено до першого (вищого) класу небезпеки. У земній корі свинець накопичується у кислих серіях магматичних порід і у глинистих осадах, у яких звичайні концентрації Pb коливаються в межах від 10 до 40 мг/кг. В ультраосновних породах і вапнякових осадах міститься від 0,1 до 10 мг/кг свинцю [6]. Він володіє сильними халькофільними властивостями, тому в природних умовах основною його формою є галеніт PbS.

Природний вміст свинцю у ґрунтах успадковується від материнських порід. Середній вміст цього елемента у різних типах ґрунтів коливається від  $0,37 \cdot 10^{-3}$  до  $4,33 \cdot 10^{-3}$  %. Його вміст у ґрунтах України переважно становить 8-12 мг/кг ґрунту і також тісно пов'язаний із вмістом Pb у ґрунтоутворних породах, який коливається в межах від 9 мг/100 г у піщаних відкладеннях до 90 мг/кг ґрунту в елювії-делювії. У Лісостепу деяке підвищення вмісту свинцю приурочено до солонцюватих ґрунтів Полтавської області, а в Донбасі – до залягання чорноземів звичайних. Найвищим вмістом свинцю характеризуються ґрунти Карпатської зони (Передкарпаття, Карпати й Закарпаття); його кількість в окремих ґрунтах зони Карпат досягає 240 мг/кг ґрунту. Характер розподілу рухомих форм цинку у ґрунтах України аналогічний до розподілу їх валових форм, а вміст збільшується від ґрунтів Полісся до ґрунтів Лісостепу і Степу.

Різні рослини мають неоднакову здатність поглинати Pb. Підвищений вміст свинцю характерний для злакових зернових культур, гречки. Серед дикорослих рослин значні його кількості накопичують м'ята перцева, ромашка аптечна, листки конвалії, собача кропива, сухоцвіт багновий, буркун, мати-й мачуха. Вміст його у багатьох випадках перевищує ГДК у рослинах навіть тоді, коли посіви розміщені на значній віддалі від джерел забруднення. Це пояснюється тим, що кларк свинцю в ґрунтах за останні 30 - 40 років підвищився на цілий порядок. При надлишку свинцю у рослинному організмі відбувається зниження кількості хлорофілу, порушується процес поступання кальцію та фосфорне живлення, гальмується ріст кореневої системи. Надмірна кількість Pb у тваринному організмі

спричиняє ураження центральної нервової системи, печінки, нирок, мозку, статевих органів.

Надлишок свинцю в організмі людини пригнічує центральну нервову систему, негативно позначається на роботі мозку, нирок і м'язів. У дітей при підвищеному (понад 20 мкг/ч) відбувається зниження коефіцієнта розумового розвитку (Iq). Токсичною для дорослої людини є добова доза свинцю понад 0,35 мг. Його надлишок спричиняє розвиток свинцевої енцефалонейропатії, порушення обміну речовин, пригнічення ферментативних реакцій, авітаміноз, малокрів'я, розсіяний склероз.

Джерелами потрапляння свинцю в екосистеми є: викиди металургійних підприємств, автомобільний транспорт, осади промислових і побутових стічних вод, а також хімічні засоби захисту рослин (інсектициди), до складу яких він входить. Найбільшого забруднення свинцем зазнають ґрунти урбоєкосистем, де його концентрація у 30-40 разів вища за таку у ґрунтах руеральних регіонів. Високий вміст свинцю спостерігається в ґрунтах, розташованих поблизу металургійних підприємств, причиною чого є осідання димових викидів, що містять підвищені його кількості. У ґрунтах свинець концентрується вздовж автомобільних шляхів внаслідок того, що він додається до пального як антидетонатор і з вихлопними газами потрапляє в повітря, а потім осідає на земну поверхню. При внесенні у ґрунт до 100 т/га осаду стічних вод вміст свинцю в орному шарі підвищується на 4,5 мг/кг ґрунту [10].

**Кадмій.** Цей елемент не належить до фізіологічно необхідних мікроелементів і відноситься до першого (вищого) класу небезпеки. Поширеність кадмію у магматичних і осадових породах не перевищує 0,3 мг/кг. Він концентрується переважно в глинистих осадах і сланцях (0,22-0,30 мг/кг). Серед магматичних порід максимальну кількість кадмію – 0,13-0,22 мг/кг – вміщують основні породи (базальти, габро) [6]. Вміст кадмію в ґрунті залежить переважно від мінералогічного складу материнської породи. Максимальні його кількості вміщують піщані і супіщані морени (4,6-6,2 мг/кг), а також флювіогляціальні і древньоалювіальні супіщані відкладення (3,4 мг/кг). Ґрунти, утворені на гранітах та гнейсах, містять



його більше, ніж ті, що утворились на вапняках.

Ґрунти України мають високий фоновий вміст валового кадмію (0,3-0,8 мг/кг ґрунту). У ґрунтах Лісостепу і Степу кількість міцнофіксованих форм цього металу становить в середньому 0,32 мг/кг. Чорноземи мають стотисячні частки відсотків кадмію (в середньому  $1 \cdot 10^{-5}$  %), що на порядок нижче вмісту його в рослинах. Гумусовий шар ґрунту має підвищений вміст кадмію порівняно з іншими генетичними горизонтами. Вміст рухомих форм кадмію у ґрунтах Лісостепу і Степу в середньому дорівнює 0,12 мг/кг, коливаючись в межах від 0,1 до 0,35 мг/кг, а його вміст у ґрунтах Полісся коливається в межах від 0,1 до 0,3 мг/кг.

Вважається, що Cd не входить до складу необхідних для рослин елементів, однак він ефективно поглинається як кореневою системою, так і листками. Цей елемент, маючи надзвичайно високу токсичність, легко пересувається в ґрунтах, швидко засвоюється рослинами і накопичується в них. Вміст кадмію в рослинах становить десятитисячні частки відсотка ( $10^{-4}$  % на суху речовину). Більш інтенсивно надходить кадмій у рослини на кислих ґрунтах і значно менше – на нейтральних і лужних. Надлишок кадмію в рослинному організмі спричиняє розриви клітинних мембран, пригнічення ряду ферментів (карбоангідраза, фосфатаза, дегідрогеназа), порушення білкового обміну. Через хімічну спорідненість кадмію і цинку він може заміщувати останній в організмі рослин, викликаючи цинкове голодування. Вміст кадмію в ґрунті на рівні 5 мг/кг на 50% знижує продуктивність сільськогосподарських культур, а період його напіввиведення з ґрунту – 1100 років. При тривалому поступанні кадмію в організм тварин знижується споживання корму і приріст маси тіла, зменшується молочна продуктивність. Кадмій має кумулятивні властивості: негативний вплив на тварин виявляється не відразу після поїдання корму, що містить надмірну кількість кадмію, а через деякий час.

Для дорослої людини допустима доза кадмію становить 10 мкг на добу [10]. Його присутність у питній воді та їжі для дітей має бути повністю виключена. У середніх широтах Земної кулі близько 80% кадмію потрапляє в організм людини з овочами. Значні кількості цього елемента надходять до

людського організму з тютюновим димом: у одній сигареті міститься від 1,2 до 2,5 мкг Cd. Він накопичується переважно у нирках і печінці, порушуючи їх нормальне функціонування. Період напіввиведення кадмію з організму людини – 20-30 років. Кадмій володіє ембріотропним впливом, при потрапленні в організм людини він здатний замішувати цинк у ензиматичних системах, необхідних для формування кісткової тканини, що супроводжується важкими захворюваннями. Він знижує здатність організму людини протистояти хворобам; володіє мутагенними і канцерогенними властивостями; негативно впливає на спадковість; руйнує еритроцити крові; сприяє розвитку хвороб нирок і сім'яних залоз, гастриту і анемії. Виявлений тератогенний вплив кадмію, а також його здатність викликати злоякісні новоутворення, переродження кісткового мозку та кісткової тканини.

Джерелами потраплення кадмію в екосистеми є: промислові викиди, осади промислових і побутових стічних вод, сільськогосподарська діяльність (застосування фосфорних мінеральних добрив, вапнякових матеріалів) та викиди автотранспорту (гума автомобільних шин і мастильні матеріали вміщують кадмій). Близько 80% антропогенних викидів кадмію пов'язані з виробництвом міді, свинцю, цинку і кадмію; біля 45% загального забруднення цим елементом припадає на виплавку кадмію з руд; 52% кадмію надходить в атмосферу внаслідок спалювання чи переробки виробів, що вміщують Cd. Зокрема, у країнах Європи частка металургійних підприємств у забрудненні навколишнього середовища кадмієм складає близько 83%. Із 100 тоннами осаду в ґрунт вноситься 4 - 5 мг кадмію. Рівень забруднення ґрунтів кадмієм у напрямку пануючих від автомагістралей вітрів навіть на відстані 130 м становить 40 ч/млрд., тоді як на не забруднених площах – близько 9 ч/млрд. Вміст його у фосфорних добривах, залежно від місця походження фосфатної сировини, може коливатись від 0,76-0,77 г/т P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Росія) до 43-49 г/т P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Марокко) і навіть досягати 176-218 г/т P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Туніс) [10].

Важкі метали, що потрапили в організм людини, виводяться з нього дуже повільно і накопичуються переважно у печінці. В зв'язку з цим продукція рослинництва, вирощена навіть на слабозабруднених ґрунтах, здатна викликати

кумулятивний ефект, зумовлюючи поступове збільшення вмісту важких металів в організмі теплокровних (людина, тварини). Допустима кількість важких металів, яку людина може споживати із продуктами харчування без ризику захворювання, коливається в залежності від виду металу і становить: для свинцю – 3, кадмію – 0,4-0,5, ртуті – 0,3 мг на тиждень [10]. У таблиці 3 наведені відомості про фізіологічні відхилення в організмі людини, що виникають за нестачі та надлишку мікроелементів.

*Таблиця 3. Дія важких металів на організм людини [10]*

Елемент	Фізіологічні відхилення	
	при нестачі	при надлишку
Mn	Захворювання кісткової системи.	Лихоманка, пневмонія, ураження центральної нервової системи (марганцевий паркінсонізм), ендемічна подагра, порушення кровообігу, шлунково-кишкових функцій, безпліддя.
Cu	Слабкість, анемія, білокрів'я, захворювання кісткової системи, порушення координації рухів.	Професійні захворювання, гепатит, хвороба Вільсона. Вражає нирки, печінку, мозок, очі.
Zn	Погіршення апетиту, деформація кісток, карликовий ріст, довге загоєння опіків, слабкий зір, близькоручкість.	Анемія, пригнічення окислювальних процесів, дерматити.
Pb	-	Свинцева енцефало-нейропатія, порушення обміну речовин, пригнічення ферментативних реакцій, авітаміноз, малокрів'я, розсіяний склероз. Входить до складу кісткової системи замість кальцію
Cd	-	Гастро-інтентинальні розлади, порушення органів дихання, анемія, підвищення кров'яного тиску, враження нирок, остеопороз, мутагенна і канцерогенна дія, руйнує еритроцити крові, вражає печінку та сім'яні залози.

## 2. ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ АГРОСЕЛІТЕБНИХ ЛАНДШАФТІВ

Забруднення ґрунтів важкими металами має одразу дві негативні сторони. По-перше, потрапляючи по харчових ланцюгах з ґрунту в рослини, а звідти – в організм тварин і людини, важкі метали викликають важкі захворювання. Підвищується загальна захворюваність населення і скорочується тривалість життя, а також знижується кількість і якість сільськогосподарської і тваринницької продукції. По-друге, накопичуючись у ґрунті у великих кількостях, важкі метали здатні змінювати його властивості. Насамперед, змінюються біологічні властивості ґрунту: знижується загальна чисельність мікроорганізмів, звужується їх видовий склад, змінюється структура мікробіоценозів, зменшується інтенсивність основних мікробіологічних процесів і активність ґрунтових ферментів тощо. Сильне забруднення важкими металами призводить до зміни й більш консервативних ознак ґрунту, таких як гумусний стан, структура, рН водного середовища тощо. Результатом цього є часткова, а іноді й повна втрата ґрунтової родючості.

Класифікацію ґрунтів за ступенем забруднення важкими металами, згідно ГОСТ 17.4.3.06-86 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ», проводять за гранично допустимою концентрацією (ГДК) та за фоновим вмістом у ґрунті. За ступенем забруднення важкими металами ґрунти поділяють на: 1) сильнозабруднені; 2) середньозабруднені; 3) слабозабруднені.

До *сильнозабруднених* відносять ґрунти, вміст важких металів в яких у декілька разів перевищує ГДК, які мають під впливом забруднення низьку біологічну продуктивність, суттєві зміни фізико-механічних, хімічних та біологічних характеристик, внаслідок чого вміст важких металів у рослинній продукції перевищує встановлені норми.

До *середньозабруднених* відносяться ґрунти, в яких встановлено перевищення ГДК без видимих змін властивостей.

До *слабозабруднених* відносяться ґрунти, вміст важких металів в яких не перевищує ГДК, але вищий за природний фон.

При оцінці ступеня забруднення ґрунтів важкими металами необхідно користуватися даними щодо їх гранично допустимих концентрацій та фонового вмісту у ґрунтах основних фізико-географічних зон України.

Фактичний рівень забруднення ґрунту важкими металами і поправочний коефіцієнт щодо нього, який використовують при створенні еколого-агрохімічного паспорта ґрунту поля або земельної ділянки, встановлюється відповідно до таблиці 4

**Таблиця 4. Поправочні коефіцієнти за рівнем забруднення ґрунту [1]**

Вміст металу відносно нормативів, мг/кг	Рівень забруднення	Поправочний коефіцієнт
2 фоні $\leq$ вміст металу < 1 ГДК	слабозабруднений	0,9
1 ГДК $\leq$ вміст металу < 2 ГДК	середньозабруднений	0,8
Вміст металу $\geq$ 2 ГДК	сильнозабруднений	0,7

У разі виявлення в ґрунті підвищеного вмісту декількох металів одночасно, поправочний коефіцієнт встановлюється за металом, вміст якого найбільше перевищує допустимі нормативи.

Для прикладу наведемо результати обстеження 49 вулиць у різних частинах м. Житомира, яким встановлено, що ґрунтовий покрив в межах агроселітебних ландшафтів забруднений міддю, цинком і свинцем. В окремих випадках в якості поллютанта виступає й кадмій, середній вміст якого перевищує гранично встановлені нормативи в урбаноземах центральної частини міста.

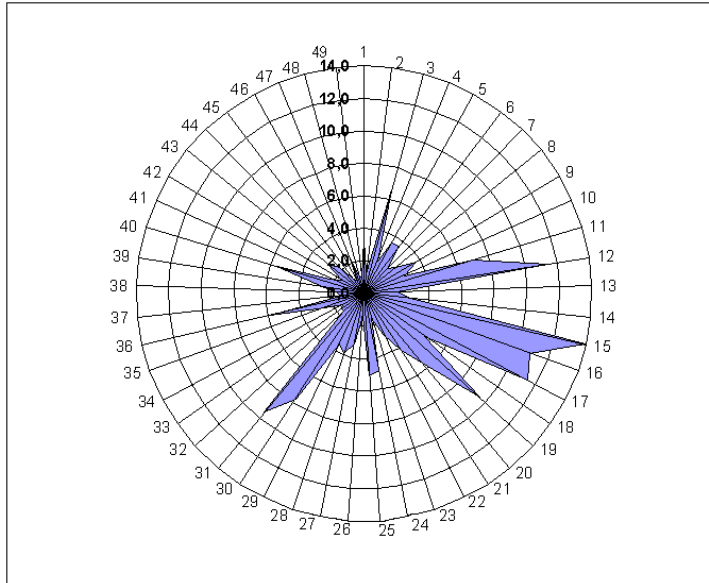
Оцінити загальний екологічний стан ґрунтового покриву території щодо забруднення її важкими металами можна, використовуючи коефіцієнт екологічної небезпеки того чи іншого поллютанта (рис. 1). Для міді коефіцієнт небезпечності її вмісту в ґрунті коливається в межах від 1,3 до 13,9. Найвищі його значення зафіксовані в районі вулиць Лятошинського, Любарської і Миколи Лисенка, розташованих в центральній частині міста. Досить високим є коефіцієнт небезпечності міді і для урбаноземів в районі вулиць Купальної, Залізничної і

Новогоголівської. Загалом же найбільш забрудненою міддю в небезпечних кількостях виявилась центральна частина міста. Мінімальне забруднення рухомими формами міді характерне для ґрунтового покриву в межах мікрорайонів «Корбутівка» та «Крошня» (за виключенням вулиці Андріївської).

Коефіцієнт небезпечності цинку на території мікрорайону «Мальованка» мав максимальні значення для урбаноземів в районі вулиць Барашівської, Островського та Мальованської набережної (рис. 2). В центральній частині міста високі коефіцієнти небезпечності цього полютанта зафіксовані для урбаноземів в районі вулиць Лятошинського, Михайлівської і Петровського. Максимального забруднення рухомими формами цинку зазнають урбаноземи на території мікрорайонів «Східний промвузол», «Мар'янівка», «Крошня», «Корбутівка», а також у завокзальній частині міста. Загалом коефіцієнт небезпечності цинку для урбаноземів агроселітебних ландшафтів варіює в межах від 0,13 (вул. Миколи Лисенка) до 4,1 (пров. Саєнка).

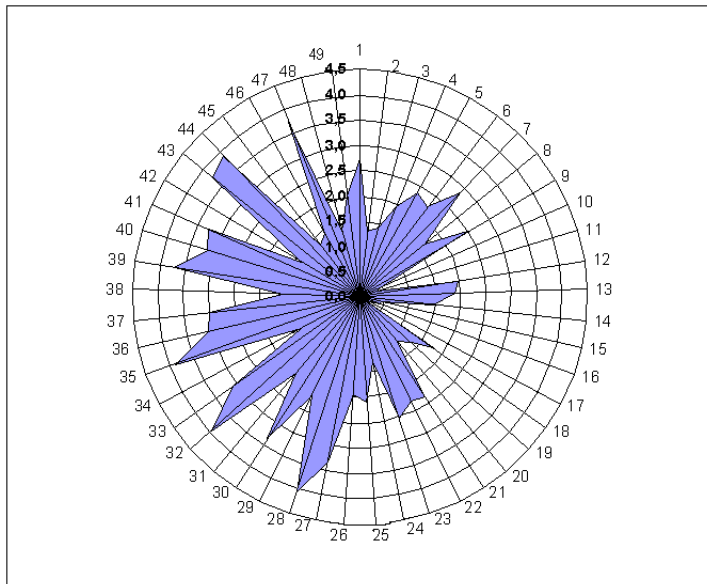
Досить високими коефіцієнтами небезпечності свинцю характеризуються урбаноземи центральної і завокзальної частин міста, а також урбаноземи в мікрорайоні «Мар'янівка» (рис. 3). В центральній частині міста найвищі коефіцієнти небезпечності плюмбуму зафіксовані для урбаноземів в районі вулиць Бориса Тена, Лятошинського, Миколи Лисенка і Купальної. У завокзальній частині міста найвищими коефіцієнтами небезпечності Pb характеризувались урбаноземи в районі вулиці Залізничної, а в мікрорайоні «Мар'янівка» – в районі вулиці Коростишівської і провулку Саєнка. Ґрунтовий покрив в межах мікрорайонів «Крошня» і «Корбутівка» найменш забруднений рухомими формами свинцю, коефіцієнт небезпечності яких становить 0,5-4,2. В цілому ж величина коефіцієнта небезпечності свинцю для різних районів міста варіює в межах від 0,5 (2-й пров. Боженка) до 8,0 (пров. Саєнка).

Коефіцієнт небезпечності кадмію в урбаноземах в середньому не перевищував одиниці, проте в окремих випадках досягав значення 1,56 (вул. Каховська). Це свідчить про те, що кадмій не є пріоритетним забруднювачем урбаноземів на території м. Житомира.



1 - вул. Героїв Пожежних; 2 - вул. Західна; 3 - вул. Піонерська; 4 - вул. Каховська; 5 - вул. Барашівська; 6 - вул. Чкалова; 7 - вул. Островського; 8 - пров. Взуттєвий; 9 - Мальованська набережна; 10 - Кам'яний узвіз; 11 - вул. Бориса Тена; 12 - вул. Лятошинського; 13 - вул. Михайлівська; 14 - вул. Пушкінська; 15 - вул. Любарська; 16 - вул. Лермонтовська; 17 - вул. Миколи Лисенка; 18 - вул. Петровського; 19 - вул. Купальна; 20 - вул. Баранова; 21 - вул. Корольова; 22 - вул. Промислова; 23 - вул. Бугайченка; 24 - вул. Саєнка; 25 - вул. Малинова; 26 - вул. Руданська; 27 - вул. Коростиївська; 28 - пров. Саєнка; 29 - вул. Новоголівська; 30 - вул. Залізнична; 31 - вул. Фруктова; 32 - вул. Леселідзе; 33 - вул. Тарновського; 34 - вул. Северина Наливайка; 35 - вул. Щорса; 36 - вул. Ворошилова; 37 - Кірова; 38 - пров. Андріївський; 39 - пров. Садовий; 40 - вул. Андріївська; 41 - вул. Танкістів; 42 - вул. Білоруська; 43 - пров. Гуйвинський; 44 - вул. Льва Нікуліна; 45 - вул. Цурюпи; 46 - 2-й пров. Боженка; 47 - 3-й пров. Боженка; 48 - пров. Оздоровчий; 49 - пров. Піонерських таборів

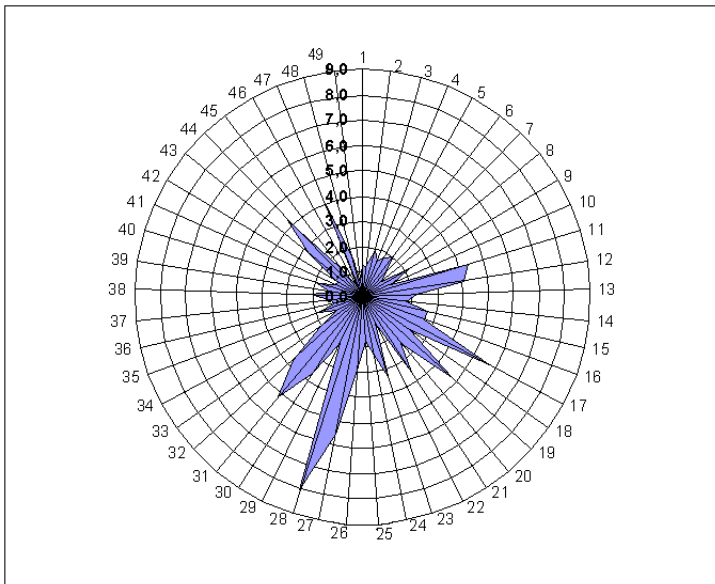
**Рис. 1. Коефіцієнт небезпечності вмісту міді в урбаноземах на території агроселітебних ландшафтів м. Житомира**



1 - вул. Героїв Пожежних; 2 - вул. Західна; 3 - вул. Піонерська; 4 - вул. Каховська; 5 - вул. Барашівська; 6 - вул. Чкалова; 7 - вул. Островського; 8 - пров. Взуттєвий; 9 - Мальованська набережна; 10 - Кам'яний узвіз; 11 - вул. Бориса Тена; 12 - вул. Лятошинського; 13 - вул. Михайлівська; 14 - вул. Пушкінська; 15 - вул. Любарська; 16 - вул. Лермонтовська; 17 - вул. Миколи Лисенка; 18 - вул. Петровського; 19 - вул. Купальна; 20 - вул. Баранова; 21 - вул. Корольова; 22 - вул. Промислова; 23 - вул. Бугайченка; 24 - вул. Саєнка; 25 - вул. Малинова; 26 - вул. Руданська; 27 - вул. Коростишівська; 28 - пров. Саєнка; 29 - вул. Новоголівська; 30 - вул. Залізнична; 31 - вул. Фруктова; 32 - вул. Леселідзе; 33 - вул. Тарновського; 34 - вул. Северина Наливайка; 35 - вул. Щорса; 36 - вул. Ворошилова; 37 - Кірова; 38 - пров. Андріївський; 39 - пров. Садовий; 40 - вул. Андріївська; 41 - вул. Танкістів; 42 - вул. Білоруська; 43 - пров. Гуйвінський; 44 - вул. Льва Нікуліна; 45 - вул. Цурюпи; 46 - 2-й пров. Боженка; 47 - 3-й пров. Боженка; 48 - пров. Оздоровчий; 49 - пров. Піонерських таборів

**Рис. 2. Коефіцієнт небезпечності вмісту цинку в урбаноземах на території агроселітебних ландшафтів м. Житомира**

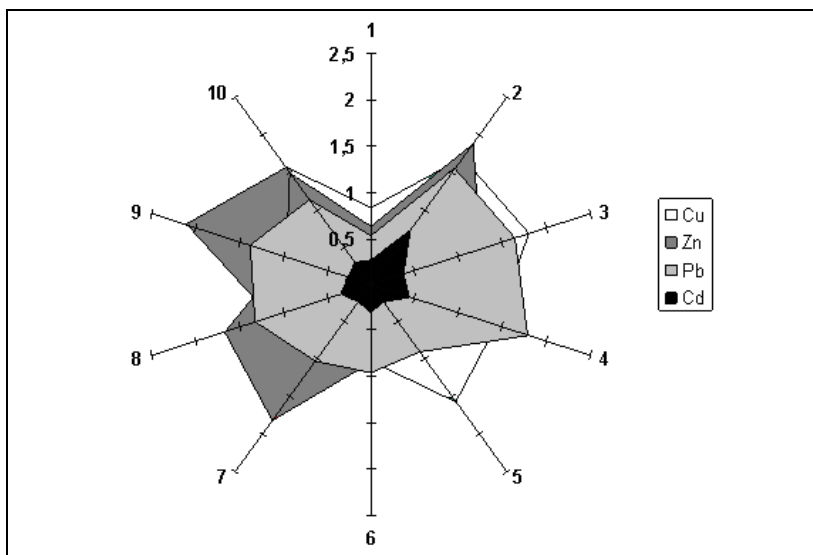




1 - вул. Героїв Пожежних; 2 - вул. Західна; 3 - вул. Піонерська; 4 - вул. Каховська; 5 - вул. Барашівська; 6 - вул. Чкалова; 7 - вул. Островського; 8 - пров. Взуттєвий; 9 - Мальованська набережна; 10 - Кам'яний узвіз; 11 - вул. Бориса Тена; 12 - вул. Лятошинського; 13 - вул. Михайлівська; 14 - вул. Пушкінська; 15 - вул. Любарська; 16 - вул. Лермонтовська; 17 - вул. Миколи Лисенка; 18 - вул. Петровського; 19 - вул. Купальна; 20 - вул. Баранова; 21 - вул. Корольова; 22 - вул. Промислова; 23 - вул. Бугайченка; 24 - вул. Саєнка; 25 - вул. Малинова; 26 - вул. Руданська; 27 - вул. Коростишівська; 28 - пров. Саєнка; 29 - вул. Новоголівська; 30 - вул. Залізнична; 31 - вул. Фруктова; 32 - вул. Леселідзе; 33 - вул. Тарновського; 34 - вул. Северина Наливайка; 35 - вул. Щорса; 36 - вул. Ворошилова; 37 - Кірова; 38 - пров. Андріївський; 39 - пров. Садовий; 40 - вул. Андріївська; 41 - вул. Танкістів; 42 - вул. Білоруська; 43 - пров. Гуйвінський; 44 - вул. Льва Нікуліна; 45 - вул. Цурюпи; 46 - 2-й пров. Боженка; 47 - 3-й пров. Боженка; 48 - пров. Оздоровчий; 49 - пров. Піонерських таборів

**Рис. 3. Коефіцієнт небезпечності вмісту свинцю в урбаноземах на території агроселітебних ландшафтів м. Житомира**

Грунтовий покрив в межах сільських населених пунктів 15-кілометрової приміської зони м. Житомира, яка охоплює такі сільські населені пункти: Левків, Зарічани, Клітчин, Слобода-Селець, Довжик, Кам'янка, Оліївка, Тетерівка, Станишівка, Березина також забруднений переважно міддю, цинком та свинцем (рис. 4). Коефіцієнт небезпечності міді для ґрунтів в межах досліджуваної території коливається в межах від 1,4 до 2,1, а найвищі його значення зафіксовані для ґрунтів сіл Зарічани, Клітчин і Станишівка. Коефіцієнт небезпечності цинку має максимальні значення в ґрунтах сіл Зарічани (1,9), Оліївка (1,8) і Тетерівка (1,7), а свинцю – в ґрунтах сіл Зарічани (1,6), Клітчин (1,6) та Слобода-Селець (1,8). Вміст рухомих форм кадмію у ґрунті у всіх випадках знаходиться на рівні, значно нижчому за гранично встановлений.



**Рис. 4. Коефіцієнти небезпеки вмісту важких металів у ґрунтах присадибних ділянок в межах 15-кілометрової приміської зони Житомира**  
 (1 – с. Левків; 2 – с. Зарічани; 3 – с. Клітчин; 4 – Слобода-Селець; 5 – Довжик; 6 – Кам'янка; 7 – Оліївка; 8 – Тетерівка; 9 – Станишівка; 10 – Березина)

### 3. ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ КАРТОПЛІ І ОВОЧІВ В МЕЖАХ АГРОСЕЛІТЕБНИХ ЛАНДШАФТІВ

Проблема забруднення рослин важкими металами внаслідок інтенсивного розвитку промисловості і автотранспорту загострюється ще й тим, що ґрунт є не єдиним джерелом надходження їх у рослини. Важкі метали можуть надходити в рослини й безпосередньо з атмосфери.

Важкі метали умовно можна розділити на *фітотоксичні* (токсичність для рослин вища, ніж для людини та тварин) і *токсичні для людини і тварин*. До фітотоксичних важких металів належать мідь, нікель, цинк. Проте одні й ті ж самі метали неоднаково впливають на різні види рослин. Надходження і накопичення полютантів у рослинах визначається цілим рядом особливостей:

- різні види рослин володіють неоднаковою здатністю поглинати і накопичувати важкі метали;
- рослини мають фізіолого-біохімічні захисні механізми, що перешкоджають надходженню важких металів в їх організм;
- відсутній прямий зв'язок між рівнем забруднення і інтенсивністю надходження важких металів у рослини.

Потрапляючи з ґрунту в рослинні організми у надмірних кількостях, важкі метали порушують у них обмін речовин, що позначається на показниках росту і розвитку рослин, особливо на початкових етапах. У таблиці 5 наведені відомості про основні види порушень, що фіксуються в рослинних організмах за надлишку чи нестачі мікроелементів. Саме цю особливість використовують при біотестуванні забрудненого ґрунту для встановлення його фітотоксичності, під якою розуміють зниження тест-функцій, що знімаються з рослинного тест – об'єкта на досліджуваному ґрунті, в порівнянні з контролем.

Різні види рослин проявляють неоднакову стійкість до вмісту важких металів у ґрунті. Найбільш стійкими є дикорослі види, а серед культурних рослин – бобові.

**Таблиця 5. Фізіологічні порушення у рослин при надлишку і нестачі вмісту в них мікроелементів і важких металів [4, 10]**

Елемент	Фізіологічні порушення		Культури, чутливі до нестачі елемента /до його надлишку
	при нестачі	при надлишку	
Cu	Вілт, меланізм, білі кручені верхівки, послаблення утворення волотей, порушення здерев'яніння стебел, хлороз, екзантема, низький урожай, загибель ще до плодоношення.	Темно-зелене листя; товсті, короткі або схожі на колючий дріт корені, пригнічення утворення пагонів.	Злакові (овес), соняшник, шпинат, люцерна / злаки і бобові, шпинат
Zn	Міжжилковий хлороз (переважно в однодольних), зупинка росту, розетковість листя у дерев, фіолетово-червоні крапки на листках, знижується інтенсивність фотосинтезу	Хлороз і некроз кінців листків, міжжилковий хлороз молодого листя, затримка росту рослин в цілому, пошкоджене коріння.	Зернові(кукурудза), бобові, трави, хміль, льон, виноград, цитрусові / злаки, шпинат.
Pb	-	Зниження інтенсивності фотосинтезу, темно-зелене листя, скручування старого листя, буре коротке коріння.	-
Cd	-	Бурі краї листків, хлороз, червонуваті жилки і черешки, скручені листки і бурі недорозвинені корені.	- / Бобові (боби, квасоля), шпинат, редиска, морква, овес.

Стійкість рослин до важких металів індивідуальна, вона являється генетично закріпленою ознакою, що є надзвичайно важливим при виведенні нових сортів для отримання екологічно безпечних врожаїв на забруднених ґрунтах. Вона залежить також і від характеру забруднення (моно- чи поліелементне), природи поллютанта і його концентрації (табл. 6).

**Таблиця 6. Токсичність дерново-підзолистого ґрунту по відношенню до окремих овочевих культур**

Назва рослини	Назва елемента-забруднювача	Концентрація елемента-забруднювача			
		1 ГДК	5 ГДК	10 ГДК	15 ГДК
1	2	3	4	5	6
Морква столова, сорт «Лосиноострівська»	Pb	НТ	СБ	СБ	СБ
	Cd	СБ	СР	СР	СР
	Cu	СБ	СБ	СБ	СТ
	Zn	СБ	СБ	СБ	СБ
	Cu+Pb+ Zn + Cd	НТ	СБ	СТ	СТ
Буряк столовий, сорт «Єгипетський плоский»	Pb	НТ	СБ	СБ	СТ
	Cd	СБ	СБ	СР	СР
	Cu	СБ	СБ	СТ	СТ
	Zn	СБ	СБ	СБ	СТ
Кріп, сорт «Грибовський»	Pb	НТ	СБ	СР	СР
	Cd	СБ	СБ	СР	СР
	Cu	НТ	СТ	СТ	СТ
	Zn	СБ	СТ	СТ	СТ
	Cu+Pb+ Zn + Cd	СБ	СТ	СТ	СТ
Петрушка листовка, сорт «Карнавал»	Pb	НТ	НТ	СБ	СР
	Cd	СБ	СБ	СР	СТ
	Cu	СБ	СБ	СТ	СТ
	Zn	СБ	СБ	СТ	СТ
Салат листовий, Сорт «Травнева королева»	Pb	НТ	НТ	НТ	СБ
	Cd	НТ	СБ	СБ	СБ
	Cu	СБ	СБ	СТ	СТ
	Zn	СБ	СБ	СТ	СТ
	Cu+Pb+ Zn + Cd	СБ	СТ	СТ	СТ

<i>Продовження таблиці 6</i>					
1	2	3	4	5	6
Шпинат, сорт «Матадор»	Pb	НТ	НТ	НТ	СР
	Cd	НТ	СБ	СР	СТ
	Cu	НТ	НТ	СТ	СТ
	Zn	НТ	НТ	СТ	СТ
	Cu+Pb+ Zn + Cd	НТ	СР	СТ	СТ
Квасоля спаржева, сорт «Сандра»	Pb	НТ	НТ	НТ	СТ
	Cd	СБ	СБ	СБ	СТ
	Cu	НТ	СБ	СТ	СТ
	Zn	СБ	СТ	СТ	СТ
	Cu+Pb+ Zn + Cd	НТ	СТ	СТ	СТ
Редиска, сорт «Богиня»	Pb	НТ	НТ	НТ	СБ
	Cd	СБ	СБ	СБ	СБ
	Cu	СБ	СБ	СР	СР
	Zn	СБ	СБ	СР	СР
	Cu+Pb+ Zn + Cd	СБ	СР	СР	СР
Кукурудза цукрова, сорт «Делікатесна»	Pb	НТ	НТ	НТ	НТ
	Cd	СБ	СБ	СБ	СБ
	Cu	НТ	СБ	СР	СР
	Zn	НТ	НТ	СР	СР
	Cu+Pb+ Zn + Cd	НТ	СР	СТ	СТ

**Примітка:**

НТ – нетоксичний ґрунт – показники росту і розвитку рослин перевищують показники на контролі, рівні їм або відхиляються від них у сторону зменшення не більше, ніж на 10%;

СБ – слаботоксичний ґрунт – показники росту і розвитку рослин відхиляються від контролю у сторону зниження на величину, рівну 10,1-50%;

СР – середньотоксичний ґрунт – показники росту і розвитку рослин відхиляються від контролю у сторону зниження на величину, рівну 50,1-75%;

СТ – сильнотоксичний ґрунт – показники росту і розвитку рослин відхиляються від контролю у сторону зниження на величину, рівну 75,1-100%.

Зокрема, при оцінці фітотоксичності дерново-підзолистого ґрунту за умови різних рівнів його моно- та поліелементного забруднення для окремих овочевих культур встановлено, що невисокі концентрації свинцю і кадмію на рівні 1-5 ГДК є нетоксичними або слаботоксичними для всіх досліджуваних рослин. Сильніше проявляється токсичність міді і цинку, концентрація яких на рівні 5-10 ГДК справляла середньо- та сильнотоксичну дію на рослини кропу, петрушки, салату, шпинату й квасолі спаржевої. Концентрації усіх поллютантів на рівні 15 ГДК при моноелементному забрудненні чинили середньо- та сильнотоксичну дію на рослини буряка столового, зелені культури та квасолі спаржеву. Поліелементне забруднення ґрунту виявилось більш токсичним за моноелементне в таких же концентраціях. Якщо за моноелементного забруднення сильна токсичність ґрунту для рослин проявлялась при рівнях забруднення, еквівалентних 10-15 ГДК, то при поліелементному забрудненні вже при рівнях, еквівалентних 5 ГДК і навіть 1 ГДК (столовий буряк).

Стійкість рослин до підвищених концентрацій важких металів та їх здатність накопичувати високі концентрації забруднювачів можуть представляти велику небезпеку для здоров'я людей, оскільки за таких умов вірогідним стає проникнення забруднюючих речовин у харчові ланцюги. Віднесення ґрунту до розряду небезпечно забрудненого, виходячи з вмісту в ньому валових і рухомих форм важких металів, ще не означає, що вирощувана на ньому рослинницька продукція буде непридатною до споживання через високе забруднення. Рослини володіють цілим комплексом захисних властивостей, внаслідок чого в органи запасання асимілянтів потрапляє ослаблений потік наявних у ґрунті в надлишкових кількостях хімічних елементів. Не завжди на забрудненому ґрунті одержують таку ж продукцію, до того ж виявлено, що різні овочеві культури здатні різною мірою накопичувати поллютанти.

У овочевій продукції, вирощуваній в межах агроселітебних ландшафтів мікрорайону «Мар'янівка» м. Житомира, зафіксовано підвищений вміст міді (петрушка листовая – 1,07 ГДК; картопля – 1,2-1,3 ГДК; капуста білоголова

– 1,1 ГДК; кріп – 1,2 ГДК), свинцю (петрушка листкова – 2,8 ГДК; буряк столовий – 1,2 ГДК; морква столова – 1,3 ГДК; картопля – 3,0-4,2 ГДК; кріп – 3,4 ГДК), кадмію (петрушка листкова – 1,3 ГДК; картопля – 1,7-2,3 ГДК; буряк столовий – 2,7 ГДК; морква столова – 2,3-2,4 ГДК; кріп – 1,4 ГДК) та цинку (петрушка листкова – 1,6 ГДК; картопля – 1,4-1,7 ГДК; кріп – 1,4 ГДК). Найбільш забрудненими виявились вирощувані на цій території петрушка листкова, кріп і картопля, мало важких металів накопичували столові буряки та морква, не накопичувала полютанти цибуля ріпчаста. Не зважаючи на те, що в урбаноземах агроселітебних ландшафтів цієї частини міста не зафіксовано перевищення ГДК рухомих форм кадмію, у рослинах він містився в підвищених кількостях, що свідчить про аеральні шляхи його надходження в урболандшафти.

Не зважаючи на те, що в ґрунтах в межах завокзальної частини міста зафіксований підвищений вміст рухомих форм міді, рослинницька продукція, вирощувана тут, не містить підвищених концентрацій цього елемента. Серед усіх вирощуваних тут овочевих культур було зафіксоване лише перевищення в 1,3 рази вмісту кадмію у петрушці листовій (вул. Леселідзе) та в 1,5 рази цинку у буряку столовому (вул. Залізнична). Решта рослин не вміщувала підвищених кількостей полютантів, хоча у ґрунті вміст важких металів часто перевищує гранично встановлені нормативи.

В межах агроселітебних ландшафтів мікрорайону «Східний промвузол» зафіксовано забруднення цинком столових буряків, капусти білоголової і коренів шавлю (1,2-1,3 ГДК), свинцем – коренів шавлю (1,3 ГДК), буряків столових (6,2 ГДК) і моркви столової (2,0 ГДК).

Серед овочевої продукції, вирощуваної в межах індивідуальної житлової забудови мікрорайону «Мальованка», підвищені концентрації міді зафіксовані лише для капусти білоголової, що вирощується по вул. Героїв Пожежних (2,1 ГДК) і кропу (1,1-1,4 ГДК). Решта рослин, не зважаючи на підвищений вміст у ґрунті рухомих форм міді, не містять цей елемент у підвищених концентраціях. Щодо свинцю, забруднення яким урбаноземів також є характерним для цієї території, то підвищені його кількості спостерігаються у рослин



капусти білоголової (2,9-15,1 ГДК), моркви столової (1,1 ГДК), буряка столового (1,1-3,7 ГДК), перцю солодкого (3,5-3,9 ГДК), кропу (11,7-20,2 ГДК). Забрудненою свинцем на рівні 2,1 ГДК виявилась картопля, вирощувана на земельних ділянках в районі Мальованської набережної, на рівні 2,4 ГДК – цибуля ріпчаста, вирощувана в районі провулка Взуттевого, та на рівні 1,8 ГДК – петрушка, вирощувана в районі вул. Піонерської. Особливо слід зауважити на забруднення рослинницької продукції кадмієм, більш часте, ніж іншими металами, який накопичується в ній у високих концентраціях навіть на незабруднених ґрунтах. Практично вся овочева продукція, вирощувана в межах агроселітебних ландшафтів в районі вулиць Піонерської, Каховської, Барашівської, Островського і Мальованської набережної забруднена кадмієм, вміст якого коливається в межах від 1,1 до 7,7 ГДК. Представники родини гарбузових, вирощувані в агроселітебних ландшафтах мікрорайону «Мальованка», накопичують найменші кількості кадмію порівняно з представниками інших ботанічних родин, а максимальні кількості цього елемента концентрують капуста білоголова, кріп і петрушка. Цинк не є пріоритетним забруднювачем рослинницької продукції, вирощуваної в межах агроселітебних ландшафтів цього мікрорайону, оскільки підвищені його кількості накопичувала лише капуста білоголова (1,1-1,9 ГДК) та в окремих випадках буряк столовий (1,2-1,9 ГДК), а також кріп (2,2-2,6 ГДК).

Овочева продукція та картопля, вирощувані в межах агроселітебних ландшафтів мікрорайону «Крошня», не забруднені міддю, однак мають підвищений вміст свинцю (петрушка листовка (1,3 ГДК), буряк столовий (1,5-1,7 ГДК), квасоля спаржева (1,2 ГДК)) і цинку (петрушка листовка (1,3-2,1 ГДК), буряк столовий (1,1-1,5 ГДК), кріп (1,3 ГДК)). Практично вся вирощувана тут рослинницька продукція забруднена кадмієм, концентрації якого, залежно від культури, становлять від 1,2 ГДК до 7,3 ГДК, а в окремих випадках досягають 17,3 ГДК (картопля, вирощувана по вул. Танкістів) і навіть 24 ГДК (капуста білоголова, вирощувана там же). У таблиці 7 наведені відомості про критичні щодо накопичення важких металів культури.

**Таблиця 7. Критичні щодо накопичення важких металів сільськогосподарські культури, вирощувані в межах агроселітебних ландшафтів м. Житомира**

Мікрорайон міста	Елемент, що накопичується			
	Cu	Pb	Cd	Zn
Мар'янівка	петрушка листкова, картопля, капуста білоголова, кріп	петрушка листкова, буряк столовий, морква, картопля, кріп	петрушка листкова, картопля, буряк столовий, морква, кріп	петрушка листкова, картопля, кріп
Завокзальна частина міста	-	-	петрушка листкова	буряк столовий
Східний промвузол	-	буряк столовий, морква	-	буряк столовий, капуста білоголова
Мальованка	капуста білоголова, кріп	капуста білоголова, буряк столовий, морква, кріп, петрушка листкова, картопля, цибуля ріпчаста	вся продукція (крім томатів і огірків)	капуста білоголова, буряк столовий, кріп
Центральна частина міста	капуста білоголова, картопля	буряк столовий, петрушка листкова, квасоля спаржева	капуста білоголова, буряк столовий, картопля, петрушка листкова, квасоля спаржева	буряк столовий, петрушка листкова, квасоля спаржева, щавель
Крошня	-	буряк столовий, петрушка листкова, квасоля спаржева	вся продукція (крім капусти білоголової)	буряк столовий, петрушка листкова, кріп
Корбутівка	-	морква, петрушка листкова, буряк столовий, картопля	вся продукція	кукурудза цукрова, петрушка листкова, буряк столовий, квасоля спаржева

В межах агроселітебних ландшафтів мікрорайону «Корбутівка» має місце забруднення овочів і картоплі свинцем, кадмієм і цинком. Підвищені кількості свинцю концентрують морква столова (1,1-1,2 ГДК), петрушка листовка (1,9 ГДК), буряк столовий (1,6-1,7 ГДК) і картопля (1,8-1,9 ГДК). Максимум цинку накопичують кукурудза цукрова (2,9 ГДК), петрушка листовка (1,7 ГДК), буряк столовий (1,4-2,4 ГДК), квасоля (3,2 ГДК). Вся вирощувана продукція вміщує підвищені й високі концентрації кадмію, які коливаються від 1,9 до 4,3 ГДК залежно від виду культури.

Овочеві культури і картопля, вирощувані в межах агроселітебних ландшафтів 15-кілометрової приміської зони м. Житомира, не зважаючи на підвищений вміст у ґрунті рухомих форм міді, не містять цей елемент у підвищених концентраціях. Щодо свинцю, забруднення яким ґрунтового покриву також є характерним для досліджуваної території, то підвищені його кількості спостерігаються у рослин петрушки листової (1,4-2,5 ГДК), квасолі білої (1,2-1,4 ГДК) і в окремих випадках – у моркви столової (1,6 ГДК), буряка столового і картоплі (1,4 ГДК).

Практично вся овочева продукція була забруднена кадмієм, вміст якого коливається в межах від 1,8 до 4,7 ГДК залежно від виду рослин. Представники родини *Cucurbitaceae* та цибуля ріпчаста, вирощувані в агроселітебних ландшафтах приміської зони, накопичують найменші кількості кадмію порівняно з представниками інших ботанічних родин, а максимальні кількості цього елемента концентрують кукурудза цукрова, морква столова і петрушка. Цинк не є пріоритетним забруднювачем рослинницької продукції, оскільки підвищені його кількості накопичують лише петрушка листовка (1,1-1,8 ГДК), кукурудза цукрова (2,4-4,19 ГДК) і квасоля біла (2,6-1,9 ГДК). Загалом, серед важких металів домінуючим забруднювачем рослинницької продукції виступає Cd.

У таблиці 8 наведені відомості про критичні щодо накопичення важких металів культури, вирощувані в особистих селянських господарствах на території сіл Левків, Зарічани, Клітчин, Слобода-Селець, Довжик, Кам'янка, Оліївка, Тетерівка, Станишівка, Березина.

**Таблиця 8. Критичні щодо накопичення важких металів сільськогосподарські культури, вирощувані в межах 15-кілометрової приміської зони м. Житомира**

Назва сільського населеного пункту	Елемент, що накопичується		
	Pb	Cd	Zn
Левків	бурак столовий, петрушка листкова, морква	вся продукція (крім огірків і кабачків)	квасоля біла, кукурудза цукрова
Зарічани	бурак столовий, картопля, морква, квасоля біла	вся продукція	квасоля біла, кукурудза цукрова
Клітчин	щавель, петрушка, кріп	вся продукція	кукурудза цукрова, петрушка
Слобода-Селець	квасоля біла, кріп	вся продукція	квасоля біла, картопля
Довжик	картопля, морква	вся продукція	бурак столовий, квасоля біла
Кам'янка	картопля, бурак столовий	вся продукція	квасоля біла, бурак столовий
Оліївка	-	вся продукція (крім моркви)	бурак столовий, томати
Тетерівка	петрушка листкова, морква	картопля, морква, петрушка листкова	кукурудза цукрова, квасоля біла, картопля
Станишівка	петрушка листкова, бурак столовий	вся продукція (крім огірків і кабачків)	бурак столовий, кукурудза цукрова
Березина	петрушка листкова	вся продукція (крім огірків і томатів)	бурак столовий, картопля

*Примітка:* забруднення рослинницької продукції міддю відсутнє.

За умови забруднення рослинницької продукції знання особливостей розподілу важких металів в окремих зонах і тканинах різних органів овочевих культур дає змогу оцінити їх потенційну небезпеку в залежності від об'єму, який вони займають у даному органі, що дозволить провести механічне видалення його небезпечної частини (табл. 7). Встановлено, що вміст практично всіх досліджуваних елементів у качані капусти білоголової зростає (приблизно у 1,5-5,0 разів) від зовнішніх листків качана до його внутрішньої частини. Всі зони качана відзначаються підвищеним вмістом цинку і зниженим вмістом кадмію.

**Таблиця 7. Розподіл важких металів по органах овочевих культур, вирощуваних у межах 15-кілометрової приміської зони Житомира**

Назва органа рослини	Елемент, що накопичується			
	Cu	Pb	Cd	Zn
1	2	3	4	5
<i>Капуста білоголова, сорт «Амагер»</i>				
Верхні листки				
Середні листки				
Серцевина качана				
Внутрішній качан				
<i>Картопля, сорт «Беллароза»</i>				
Периферійна зона бульби				
Серцевина бульби				
Шкірка бульби				
<i>Буряк столовий, «Єгипетський плоский»</i>				
Шкірка коренеплоду				
М'якуш коренеплоду				
Серцевина коренеплоду				
<i>Морква столова, сорт «Нантська»</i>				
Шкірка коренеплоду				
М'якуш коренеплоду				
Серцевина коренеплоду				
<i>Огірки, сорт «Фенікс»</i>				
Шкірка коренеплоду				
М'якуш коренеплоду				
Серцевина коренеплоду				
<i>Цибуля ріпчаста, сорт «Штутгарт»</i>				
Покривні луски				
Соковиті луски				
Денце				

<i>Продовження таблиці 7</i>				
1	2	3	4	5
<i>Петрушка листовка, сорт «Урожайна»</i>				
Корінь				
Стебло				
Листки				
<i>Кабачки цукіні, сорт «Аеронавт»</i>				
Серцевина плоду				
М'якуш плоду				
Шкірка плоду				

*Примітка:*

 - максимальне накопичення;

 - мінімальне накопичення;

 - рівномірне накопичення.

Максимальна кількість важких металів у капусти білоголової зосереджена в її внутрішньому качані і серцевині. У картоплі мідь рівномірно розподілена у всіх частинах бульби, а максимум свинцю, кадмію і цинку сконцентровано у периферійній зоні бульби. Основна кількість міді і кадмію зосереджується у м'якуші коренеплоду столового буряку, тоді як максимум свинцю і цинку концентрується у його шкірці. Крім того встановлено, що максимальна кількість цинку, свинцю і кадмію накопичується у нижній частині коренеплоду. У коренеплодах моркви вміст усіх досліджуваних важких металів знижується від кінчика до голівки. Максимум вмісту міді і кадмію відмічений у м'якуші коренеплоду, тоді як свинець і цинк переважно концентруються у його серцевині. Найбільше міді зосереджується у шкірці плоду огірків, тоді як їх м'якуш і серцевина вміщують приблизно однакову кількість цього елемента. Свинець також переважно концентрується у шкірці огірка, а для кадмію прослідковується зворотна тенденція, оскільки його максимум сконцентрований саме у серцевині плоду, тоді як у шкірці вміст кадмію у 2,5 рази менший за такий

у серцевині. Цинк приблизно однаково накопичується у шкірці і м'якуші плоду огірка, а мінімальним є його вміст у серцевині плоду. У цибулі ріпчастої Cu концентрується у соковитих лусках, а Pb, Cd і Zn – у денці цибулини. Для зеленних культур характерним виявилось більш високе накопичення важких металів у стеблї, ніж у листках. Зокрема, накопичення важких металів у стеблах рослин петрушки перевищувало таке у листках цієї рослини у 1,1-1,8 рази залежно від полютанта. У кабачка цукїні важкі метали розподілені приблизно однаково по всій довжині плоду, крім зони, яка безпосередньо примикає до плодонїжки, і становить приблизно  $\frac{1}{4}$  загальної довжини плоду, де вміст важких металів найнижчий. Мідь рівномірно розподілена по всьому плоду кабачка, а свинець, кадмій і цинк концентруються переважно у його шкірці.

У природних рослинних угрупованнях приміської зони м. Житомира домінують дикорослі представники родин *Gramineacea* (Злакові) і *Fabaceae* (Бобові). Представники родини злакових в найбільших кількостях здатні концентрувати кадмій і цинк, а рангований ряд накопичення ними важких металів має такий вигляд:  $Cd > Zn > Cu > Pb$ . Це свідчить про те, що злакові культури навіть при мініальному перевищенні вмісту у ґрунті кадмію здатні накопичувати його у фітомасі, що призведе до міграції цього токсиканта по харчових ланцюгах з організму тварини в організм людини.

Представники родини *Fabaceae* здатні концентрувати цинк у більших кількостях, ніж інші елементи, а рангований ряд накопичення ними важких металів має такий вигляд:  $Zn > Cd > Cu > Pb$ .

Для злакових трав максимальні величини коефіцієнта небезпечності відмічені для цинку, а мінімальні – для міді, тоді як фітомаса представників родини *Fabaceae* найбільш забруднена кадмієм. Важливо відзначити, що середні значення коефіцієнта небезпечності цинку у злакових не перевищують одиниці, тоді як для цинку і кадмію у бобових культур ця межа перевищена, що свідчить про більшу його небезпеку і високу здатність накопичуватися рослинами цієї родини в кількостях, що перевищують допустимі рівні.

#### **4. НОРМУВАННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ, РОСЛИНАХ І ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ**

У сучасних соціально-економічних умовах основою діяльності людини стає принцип екологічної раціональності, який включає розроблення і практичне використання систем, технологій і способів, що забезпечують отримання екологічно безпечної продукції рослинництва і тваринництва. Важкі метали відносять до числа пріоритетних забруднювачів, оскільки розміри їх поширення і інтенсивність міграції в навколишньому середовищі набули небезпечного характеру для нормального функціонування екосистем і здоров'я людини. У зв'язку з цим виникає реальна необхідність у розробленні стратегії регуляції рівня вмісту важких металів у системі «ґрунт – атмосфера – вода – рослини – тварини – людина», що базується на взаємозв'язаних і взаємообумовлених процесах їх колообігу.

Одним із суттєвих заходів, що вирішує проблему охорони ґрунтів від забруднення важкими металами, є нормування їх вмісту. Нормування вмісту забруднювачів у ґрунті та рослинах є досить складним через неможливість повного обліку всіх факторів природного середовища, що впливають на міграцію та накопичення поллютантів. Зокрема, надзвичайно складною для вирішення є проблема нормування вмісту важких металів у ґрунті. В основі його вирішення повинно бути визнання багатофункціональності ґрунтової екосистеми. В процесі нормування ґрунт може розглядатися із різних позицій: як природне тіло, як середовище існування і субстрат для рослин, тварин і мікроорганізмів, як об'єкт і засіб сільськогосподарського і промислового виробництва, як природний резервуар, який містить патогенні мікроорганізми. Нормування вмісту поллютантів у ґрунті необхідно проводити на основі ґрунтово-екологічних принципів, які виключають можливість знаходження одних і тих самих нормативних значень для всіх ґрунтів, нехтуючи їх типом, властивостями тощо. У таблиці 8 наведені гранично-допустимі концентрації валових і рухомих форм важких металів у ґрунті.



**Таблиця 8. Гранично-допустимі концентрації важких металів у ґрунті [7]**

Назва елемента	Кларк за Виноградовим	ГДК валових форм	ГДК рухомих форм
	мг/кг ґрунту		
Cu	20	55	3,0
Pb	10	32	6,0
Cd	-	3	0,7
Zn	50	100	23,0
Ni	40	85	4,0
Co	8	-	5,0

Нормування вмісту токсичних інгредієнтів у компонентах довкілля, насамперед, у продовольчій сировині та безпосередньо в продуктах харчування – важливий крок на шляху зниження потрапляння шкідливих речовин в організм людини. Для оцінки і попередження негативного впливу продуктів харчування на здоров'я людини оперують таким поняттям як гранично допустима концентрація речовини-забруднювача. У таблиці 9 наведені гранично допустимі концентрації важких металів у харчових продуктах, воді і продовольчій сировині.

**Таблиця 9. Гранично допустимі концентрації важких металів у харчових продуктах, продовольчій сировині і воді, мг/кг**

<sup>1)</sup> Харчовий продукт чи сировина	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	As
1	2	3	4	5	6	7
Зернові	0,5	0,1	0,03	10,0	50,0	0,2
Зернобобові	0,5	0,1	0,02	10,0	50,0	0,3
Крупи (крім гречки)	0,5	0,1	0,03	10,0	50,0	0,2
Крупа гречана	0,5	0,04	0,03	15,0	50,0	0,2
Борошно, кондитерські вироби	0,5	0,1	0,02	10,0	50,0	0,2
Хліб	0,3	0,05	0,01	5,0	25,0	0,1
Цукор-пісок	1,0	0,05	0,01	1,0	3,0	0,5

<i>Продовження таблиці 9</i>						
1	2	3	4	5	6	7
Сіль кухонна	2,0	0,1	0,01	3,0	10,0	1,0
Цукерки	1,0	0,1	0,01	15,0	30,0	0,5
Молоко	0,1	0,03	0,005	1,0	5,0	0,05
Масло вершкове	0,1	0,03	0,03	0,5	5,0	0,1
Сир	0,3	0,2	0,02	4,0	50,0	0,2
Олія	0,1	0,05	0,03	0,5	5,0	0,1
Овочі свіжі	0,5	0,03	0,02	5,0	10,0	0,2
Фрукти, ягоди	0,4	0,03	0,02	5,0	10,0	0,2
Гриби	0,5	0,1	0,05	10,0	20,0	0,5
Чай	10,0	1,0	0,1	100,0	-	1,0
М'ясо і птиця свіжі та заморожені	0,5	0,05	0,03	5,0	70,0	0,1
Ковбасні вироби варені	0,5	0,05	0,03	5,0	70,0	0,1
Консерви з м'яса і птахів у бляшаній тарі	1,0	0,1	0,03	5,0	70,0	0,1
Яйця	0,3	0,01	0,02	3,0	50,0	0,1
Жири тваринні	0,1	0,03	0,03	0,5	5,0	0,1
Риба свіжа річкова	1,0	0,2	0,6	10,0	40,0	1,0
Риба свіжа морська	1,0	0,2	0,4	10,0	40,0	5,0
Мінеральні води	0,1	0,01	0,005	1,0	5,0	0,1
Пиво, вино	0,3	0,03	0,005	5,0	10,0	0,2
<sup>2)</sup> Вода питна	0,01	0,001	0,0005	1,0	1,0	0,01
ГДК для продуктів, що не ввійшли до переліку	1,0	0,05	0,02	25,0	50,0	1,0

*Примітка:*

<sup>1)</sup> нормативи наведені згідно СанПіН 42-123-4089-86 «Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах»;

<sup>2)</sup> ДСанПіН 2.2.4-171-10 „Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною”, затверджених наказом Мінохоронздоров'я України №400 від 12.05.2010 р.

## **5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ДЕТОКСИКАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ ТА КОНТРОЛЮ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У РОСЛИННИЦЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ**

Детоксикація ґрунту – сукупність заходів і методів, що спрямовані на створення в забруднених ґрунтах таких умов, які послаблюють або повністю позбавляють ґрунт від дії токсичних забруднюючих речовин, а також забезпечують сприятливі умови для його самоочищення. Наразі на забруднених важкими металами ґрунтах використовують такі методи детоксикації: 1) фізичні – видалення забрудненого шару ґрунту та його захоронення; 2) хімічні – інактивація або зниження токсичної дії забруднювачів за допомогою вапнування, внесення органічних і мінеральних добрив тощо; 3) біологічні – вирощування культур, які є стійкими до забруднення і здатні виносити з ґрунту токсичні речовини. Для умов приватного сектору найбільш прийнятними є хімічні і біологічні способи детоксикації ґрунту.

Найбільшу небезпеку являють рухомі форми важких металів, які є легкодоступними для рослин. Рухомість важких металів істотно залежить від цілого ряду агрохімічних та фізико-хімічних властивостей ґрунту та його гранулометричного складу. Основними з них є вміст органічної речовини, рН ґрунтового розчину та відсоток вмісту мулистої фракції. Виходячи з цього, більш перспективним напрямком детоксикації забруднених важкими металами ґрунтів є розроблення заходів, спрямованих саме на зниження рухомості важких металів, закріплення їх у ґрунті, що в свою чергу, призводить до зниження доступності токсикантів для рослин та їх накопичення в продукції агроценозів. Одним із таких заходів є вапнування - хімічний спосіб детоксикації забруднених важкими металами ґрунтів, який призводить до зниження рухомості поллютантів за рахунок утворення важкорозчинних комплексних сполук, а також сорбції їх оксидами і гідроксидами заліза і марганцю. Внесення вапнякових матеріалів збагачує ґрунт кальцієм, покращує його структуру, активує процеси окислення тощо.

Дози  $\text{CaCO}_3$  слід розраховувати, виходячи з буферної здатності ґрунту, і диференціювати, залежно від ступеня забруднення ґрунту важкими металами, оскільки наразі не існує нормативів щодо обсягів внесення вапнякових матеріалів в ґрунт саме з метою його детоксикації.

Для детоксикації забрудненого міддю, цинком і свинцем дерново – підзолистого глеюватого супіщаного ґрунту на воднольодовикових відкладеннях, що має такі агрохімічні показники: вміст гумусу – 1,12 %, азоту лужногідролізованого – 72 мг/кг ґрунту; рухомого фосфору – 270 мг/кг, обмінного калію – 130 мг/кг ґрунту,  $\text{pH}_{\text{КСІ}}$  – 5,1 одиниці рН, доцільним є застосування наступних доз вапнякових матеріалів (табл. 10).

**Таблиця 10. Норми внесення вапнякових матеріалів на варіантах дослідів**

Рівень забруднення, в частках ГДК валових форм елемента	Норма внесення вапнякових матеріалів	Кількість вапнякових матеріалів у фізичній вазі, <u>ц/га</u> кг/м <sup>2</sup>
1 ГДК	1 норма	<u>37,8</u> 0,38
5 ГДК	1,5 норми	<u>56,7</u> 0,58
10 ГДК	2 норми	<u>75,6</u> 0,76
15 ГДК	2,5 норми	<u>94,5</u> 0,95

Такий захід забезпечує зниження вмісту рухомих форм міді на 20 - 67%, цинку – на 10-64%, свинцю – на 10 - 72% у порівнянні з ґрунтом, на якому детоксикація не проводилась.

Внесення в ґрунт  $\text{CaCO}_3$  із розрахунку 3,78 т/га (1 норма) забезпечує зниження вмісту міді, цинку та свинцю на 30%, 37 та 39% відповідно в буряку столовому та на 27%, 34 і 31 % відповідно у моркві столовій. Збільшення обсягів внесення вапнякових матеріалів до 1,5 норми (5,67 т/га) призводить до зниження вмісту  $\text{Cu}$ ,  $\text{Pb}$  та  $\text{Zn}$  на 28%, 38 та 23% відповідно в буряку столовому і на 20%, 41 та 22% відповідно у моркві столовій.

Однак варто зауважити, що будь-який спосіб закріплення важких металів у ґрунті має свій термін дії. Рано чи пізно частина забруднювачів знову починає надходити в ґрунтовий розчин, а звідти за посередництва рослин – в організм тварин і людини.

Серед біологічних прийомів детоксикації ґрунту необхідно виділити такі як вирощування толерантних сортів і культур, що використовуються в якості кормів; вирощування культур тільки на насіння; вирощування на забруднених площах технічних і лісових культур; використання забруднених територій для розведення квітів тощо. Для запобігання одержанню забрудненої важкими металами рослинницької продукції необхідно утримуватись від вирощування критичних щодо накопичення важких металів сільськогосподарських культур (див. табл. 7, 8).

Якщо виконання такого заходу неможливе (випадок, коли уся вирощена продукція забруднена), слід видаляти ті органи рослин, які найбільше накопичують той чи інший полютант. Зокрема, видалення внутрішнього качана у капусти білоголової дозволяє позбутись до 17% важких металів; видалення шкірки у картоплі дозволяє знизити вміст міді у бульбі на 13%, а видалення її периферійної зони – вміст свинцю, цинку і кадмію на 80%. У столового буряка видалення м'якуша коренеплоду забезпечує зниження вмісту міді і кадмію на понад 70%, а видалення шкірки – зменшення вмісту свинцю і цинку на 3,5%. Оскільки основна маса міді й кадмію у коренеплоді моркви столової концентрується у його м'якуші, його видалення дозволяє знизити вміст цих елементів на 67%. Видалення шкірки у плоду огірка сприяє зниженню вмісту міді і свинцю на 2%, а серцевини – кадмію на 64%. Знизити концентрацію кадмію і цинку у цибулі ріпчастої на 2% дозволяє видалення у неї денця. У кабачка цукіні видалення шкірки плоду забезпечує зниження концентрації в ньому свинцю, кадмію і цинку в середньому на 18-20%.

За умови забруднення овочевої продукції важкими металами для зниження поступання полютантів у організм людини необхідно:

- у капусти білоголової слід обов'язково видаляти внутрішній качан, особливо його корову частину;
- при споживанні у їжу столових буряків слід видаляти нижню частину коренеплоду, де концентрується максимальна кількість цинку, свинцю і кадмію;
- при споживанні моркви столової, вирощеної в умовах забруднення цинком і свинцем, слід видаляти центральну частину коренеплоду;
- у перцю солодкого слід видаляти верхню частину плоду з насінням за умови забруднення його цинком і свинцем, а при забрудненні міддю й кадмієм – ще й нижню чверть плоду;
- за умови забруднення огірків цинком, свинцем і кадмієм слід обов'язково видаляти верхню третину плоду, де зосереджені максимальні кількості забруднювачів;
- при споживанні кабачків слід видаляти шкірку плоду, в якій сконцентровані максимальні кількості поллютантів;
- у зеленних культур (петрушка, кріп, салат листковий, коріандр) слід видаляти стебла і черешки, в яких концентрується найбільша кількість забруднювачів, особливо кадмію.

Ще одним дієвим способом зниження вмісту важких металів у сільськогосподарській продукції, зокрема в овочах і картоплі, є їх кулінарна обробка. В результаті очищення, промивання і бланшування на 50% знижується вміст свинцю і ртуті в овочах і на 80-85% – у картоплі; вміст кадмію за умови проведення технологічної обробки продукції зменшується на 20%. Зниження вмісту свинцю при однократному промиванні салату листкового звичайною водою може досягати 30-40%.

Обов'язковим і необхідним є контроль забруднення ґрунту і рослинницької продукції з боку громадян, оскільки держава самоусунулась від цієї проблеми. Виконати аналітичні дослідження ґрунту і рослин можна, звернувшись до обласних проектно-технологічних центрів охорони родючості ґрунтів і якості продукції, які мають належну приладову базу та підготованих фахівців. У додатку наведені приблизні розцінки за виконання аналітичних досліджень ґрунту, рослин і води.

**Додаток. Розцінки на основні види робіт, які виконуються Житомирським обласним державним проектно-технологічним центром охорони родючості ґрунтів і якості продукції на договірній основі**

Вид робіт	Одиниці виміру	Вартість, грн (без ПДВ)
Визначення вмісту бору у ґрунті	аналіз	23,00
Визначення вмісту молібдену у ґрунті	аналіз	26,00
Визначення вмісту цинку у ґрунті	аналіз	22,40
Визначення вмісту міді у ґрунті	аналіз	22,40
Визначення вмісту марганцю у ґрунті	аналіз	22,40
Визначення вмісту свинцю у ґрунті	аналіз	22,40
Визначення вмісту кадмію у ґрунті	аналіз	22,40
Визначення вмісту кобальту у ґрунті	аналіз	25,40
Визначення вмісту ртуті у ґрунті	аналіз	27,95
Визначення концентрації у рослинах бору	аналіз	26,74
Визначення концентрації у рослинах молібдену	аналіз	31,70
Визначення концентрації у рослинах цинку	аналіз	26,10
Визначення концентрації у рослинах міді	аналіз	26,10
Визначення концентрації у рослинах марганцю	аналіз	26,10
Визначення концентрації у рослинах кобальту	аналіз	29,10
Визначення концентрації у рослинах свинцю	аналіз	26,10
Визначення концентрації у рослинах кадмію	аналіз	26,10
Визначення концентрації у рослинах ртуті	аналіз	32,60
Визначення концентрації у рослинах заліза	аналіз	32,60
Визначення концентрації важких металів у воді (Cu, Pb, Cd, Zn, Mn) за кожний елемент	аналіз	24,25
Гамма-спектрометричний аналіз ґрунту на <sup>137</sup> Cs	проба	50,00
Гамма-спектрометричний аналіз рослин на <sup>137</sup> Cs	проба	75,00
Радіометричне визначення <sup>90</sup> Sr	проба	100,0
Надання рекомендацій щодо покращання якості ґрунтів	реком.	15,00



## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель: методично-нормативне забезпечення / За заг. ред. В. П. Патики, О. Г. Тараріка. – К. : Фітосоціоцентр, 2002. – С. 35 – 37.
2. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство / под ред. В. И. Кирюшина и А. Л. Иванова. – М.: ФГНУ „Росинформагротех”, 2005. – 784 с.
3. Агроэкология / В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А. В. Голубев [и др.] ; под ред. В. А. Черникова, А. И. Черкеса. – М. : Колос, 2000. – 536 с.
4. Власюк П.А. Биологические элементы жизнедеятельности растений / П.А. Власюк. – К.: Наук. думка, 1969. – 516 с.
5. Жовинский Э.Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э.Я. Жовинский, И.В. Кураева. – К.: Наук. думка, 2002. – 213 с.
6. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас ; пер. с англ. – М. : Мир, 1989. – 439 с.
7. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / За ред. С. М. Рижука, М. В. Лісового, Д. М. Бенцаровського. – К., 2003. – 64 с.
8. Надточій П.П. Екологія ґрунту: монографія / П. П. Надточій, Т. М. Мислива, Ф. В. Вольвач. – Житомир: Вид-во «ПП Рута», 2010. – 473 с.
9. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ: ГОСТ 17.4.3.06-86 [Чинний від 1986-10-03]. – Госстандарт СССР, 1986. – [Електронний ресурс]: Режим доступу: [www.vsesnip.com/Data1/8/8934/index.htm](http://www.vsesnip.com/Data1/8/8934/index.htm).
10. Соколов О.А. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды / О.А. Соколов, В.А. Черников. – Пушино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.
11. Экологическая энциклопедия: [в 4-х т.] / Э.В. Собонович, С.А. Довгий, О.Б. Лысенко. – К.: Логос, 2005. – Т.1: (А-В).–720с.



## ДЛЯ НОТАТОК

Підписано до друку 28.01.2011.  
Формат 60 x 90 1/16. Гарнітура “Times New Roman”  
Ум. друк. арк. 3,25. Наклад 320 пр. Зам. № 2397

---

-----

Надруковано у ПП „Рута”  
10008, м. Житомир, вул. Мала Бердичівська, 17а  
тел.: (0412) 37-44-92