

© Світовий В.М., Жилияк І.Д., 2014

Уманський національний університет садівництва

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ ТА ПШЕНИЦІ ОЗИМІЙ МЕТОДОМ АТОМНО-ЕМІСІЙНОЇ СПЕКТРОМЕТРІЇ З ІНДУКТИВНО ЗВ'ЯЗАНОЮ ПЛАЗМОЮ (ICP-AES)

*Методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою встановлено вміст сполук кобальту, кадмію, хрому, купруму, арсену, нікелю, плюмбуму, ванадію і цинку в чорноземі опідзоленому та вирощеній на ньому пшениці озимій за тривалої відсутності внесення добрив. Виявлено небезпечність для людини ґрунту за вмістом сполук ванадію. Зерно пшениці озимої, вирощене на чорноземі опідзоленому без застосування добрив, безпечно для людини за вмістом сполук цинку, купруму, кобальту та хрому. Разом з тим, у зерні виявлено перевищення гранично допустимої концентрації сполук арсену та плюмбуму. Враховуючи низьке забезпечення рослин пшениці у фазі колосіння сполуками цинку та купруму, можна прогнозувати, що застосування мікродобрив з цими елементами буде доцільним на чорноземі опідзоленому при вирощуванні пшениці озимої.*

**Ключові слова:** індуктивно зв'язана плазма, важкі метали, ґрунт, пшениця озима.

Доктор Лайнус Полінг, лауреат Нобелівської премії з хімії (1954 р.), стверджував: "Ви можете простежити вплив мінералів при кожному захворюванні або патологічному стані людини" [1]. Ґрунт – це вельми специфічний компонент біосфери, який виступає як природний буфер, що контролює перенесення хімічних елементів і сполук в атмосферу, гідросферу і живі організми. Ґрунт є основним джерелом надходження важких металів і мікроелементів у харчові ланцюги. Тривалість перебування важких металів у ґрунті значно більша, ніж у інших частинах біосфери. З ґрунту хімічні елементи абсорбуються рослинами. Рослини, які з їжею потрапляють у організм людини, перетравлюються і засвоюються разом з мінеральними елементами [2].

Термін «важкі» застосовують для металів, питома маса яких перевищує 5 г/см<sup>3</sup>, хоча існує й інше визначення, згідно з яким до важких металів належить понад 40 хімічних елементів із атомною масою вище 50 ат. од. Деякі сполуки елементів, незважаючи на відносно високу токсичність, необхідні у мікродозах для нормальної життєдіяльності багатьох рослин і тварин. Приклад цього - сполуки купруму, цинку, кобальту, які належать до числа біологічно активних елементів і завжди містяться в організмі тварин і в рослинах.

Проблемі виявлення сполук важких металів у ґрунті та в рослинах присвячено багато наукових досліджень [2–5]. Однак це питання залишається недостатньо вивченим, зокрема в аспекті безпечності зерна пшениці за вмістом важких металів, що вирощується на чорноземах опідзоленних. Введення в практику новітніх експресних методів дослідження елементного складу речовин, зокрема методу атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою, дає можливість більш об'єктивно вивчити елементний склад ґрунту та рослинних зразків.

Мета цієї роботи - виявити валовий вміст і вміст рухомих форм сполук деяких важких металів у ґрунті та пшениці озимій і встановити безпечність її зерна за вмістом досліджених сполук важких металів за умови тривалої відсутності внесення добрив на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому.

### Методика експерименту

Досліджували ґрунт і рослини озимої пшениці, що вирощувалася на ділянках дослідної сівозміни Уманського національного університету садівництва, де понад 45 років не вносили добрив. Сівозміна має таке чергування культур: конюшина, озима пшениця, цукрові буряки, кукурудза на зерно, горох, озима пшениця, однорічні трави, озима пше-

ниця, цукрові буряки, ячмінь + конюшина. Ділянки дослідної сівозміни розміщені в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової правобережної провінції України. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. Фізико-хімічні властивості ґрунту: ступінь обмінної кислотності ( $pH_{KCl}$ ) – 5,3, гідролітична кислотність – 3,32 смоль/кг ґрунту, сума обмінних основ – 31,4 смоль/кг ґрунту, ємність вбирання – 34,7 смоль/кг ґрунту, ступінь насиченості ґрунту основами – 90,5 %. Властивості ґрунту й рельєф дослідного поля за своїми особливостями відповідають ґрунтовим різновидам помірно-континентальної східноєвропейської фації, в межах якої можуть бути розповсюджені отримані в досліді результати.

У наших дослідженнях екстракцію рухомих форм важких металів проводили 0,2 н розчином соляної кислоти за аналогією з методом Кірсанова [6] для визначення рухомих форм фосфору та калію в одній витяжці. Цю витяжку було обрано з огляду на те, що соляна кислота широко використовується як екстрагент рухомих форм елементів з ґрунтів для методу атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою [7–8]. Зрозуміло, що подібну витяжку застосувати доцільно на тих ґрунтах, для яких рекомендовано метод Кірсанова для екстракції рухомих форм фосфору та калію.

Зразки ґрунту відбирали з орного шару (0 – 20 см), висушували до повітряно-сухого стану та подрібнювали до розміру 2 мм. Наважку ґрунту (10 г) заливали 50 мл 0,2 н розчином соляної кислоти та струшували 15 хв. Суспензію фільтрували, а фільтрат використовували безпосередньо для атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою.

Зразки вегетуючих рослин озимої пшениці відбирались у фазі викидання колоса. Повністю відбиралась надземна частина рослини, висушувалась до повіт-

ряно-сухого стану та повністю подрібнювалась до розміру частинок 2 мм. Зерно пшениці збиралось у фазу повної стиглості, висушувалось і подрібнювалось. З підготовлених зразків вегетуючих рослин і зерна відбирались наважки по 10 г та передавались у спеціалізовану лабораторію, де вони проходили специфічну пробопідготовку з використанням азотної кислоти для переведення в розчин, який використовувався для атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою на приладі Shimadzu Multitype ICP Emission Spectrometer. У зв'язку з особливостями налаштування приладу точність визначення елементного складу ґрунтової витяжки була на рівні сотих долей, а рослинних зразків — на рівні десятих долей міліграма.

#### Результати досліджень та їх обговорення

Сполуки арсену широко розповсюджені у земній корі, в якій міститься близько 3,4 мг/кг арсену [9]. Валові концентрації арсену в ґрунтах різних країн можуть варіюватися від 0,1 до 50 мг/кг ґрунту. Сполуки арсену потрапляють у навколишнє середовище з природних джерел унаслідок вивітрювання порід ґрунту. Однак викиди з антропогенних джерел бувають набагато вищими, порівняно з природними джерелами. Антропогенні джерела сполук арсену включають викиди кольорової металургії, наслідки застосування пестицидів, спалювання вугілля, деревини і відходів. Арсен у ґрунтах, як правило, пов'язаний з глинистою фракцією і гідроксидами заліза та мангану в формі нерозчинних комплексів і є малорухожим. Проте в умовах відновлення сполуки арсену вивільняються з твердої фази, в результаті чого утворюються розчинні рухомі форми арсену, які можуть потрапляти в ґрунтові води або стікати в поверхневі води. Допустима щоденна валова норма надходження в організм людини арсену з їжею становить 0,3 мг/кг маси тіла [10]. Гранично допустима концентрація (далі – ГДК) для валового

вмісту арсену в ґрунті складає 2,0 мг/кг ґрунту [11]. В нашому дослідженні в рухомих сполуках ґрунту виявлено арсену 0,22 мг/кг ґрунту (табл.), що значно нижче ГДК арсену у витяжці соляної кислоти в рухомих сполуках (15 мг/кг ґрунту) [12]. Відповідно до санітарних норм ГДК валового вмісту арсену в зерні становить 0,2 мг/кг сухої речовини [13]. За умов нашого дослідження в зерні пшениці виявлено 1,8 мг/кг валового арсену, що перевищує ГДК у дев'ять разів. Це свідчить про те, що зерно пшениці озимої вирощене за умов проведення дослідження є небезпечним для людини за вмістом сполук арсену.

Сполуки кадмію одні з найтоксичніших. До біомікроелементів сполуки кадмію не належать. Експертами спільної комісії Продовольчої та сільськогосподарської організації при Організації об'єднаних націй і Всесвітньої організації здоров'я встановлений показник тимчасового нешкідливого тижневого вжитку валового кадмію на рівні 7 мкг/кг маси тіла людини [14]. Кадмій належить до числа рідкісних розсіяних елементів, його кларк (відсотковий уміст за масою) в земній корі становить  $1,3 \times 10^{-5} \%$ . Серед осадових порід найбільш багаті сполуками кадмію глини. У легкосуглинкових лесах степу України валового кадмію знаходили 1,2–4,0 мг/кг [4]. Сполуки кадмію присутні у певних кількостях і в повітрі. Пов'язано це, зокрема, і з тим, що сполуки кадмію у вигляді домішок містяться у вугіллі, і під час спалювання вони потрапляють у атмосферу. При цьому значна їх частина осідає на ґрунт. Збільшенню вмісту сполук кадмію в ґрунті сприяє також використання мінеральних добрив, оскільки майже всі вони містять незначні домішки кадмію.

Вміст рухомих сполук кадмію в досліджуваному ґрунті складає 0,07 мг/кг ґрунту, що є нормою для чорноземних ґрунтів [5]. За градацією вмісту рухомих сполук кадмію ґрунт відноситься до ґрунтів із середнім його вмістом. Тобто не перевищується ГДК кадмію рухомих сполук у ґрунті, яка складає – 1,0 мг/кг

ґрунту. ГДК валового кадмію в зерні встановлено на рівні 0,1 мг/кг сухої речовини [15]. Однак у нашому дослідженні точність визначення сполук кадмію в рослинних матеріалах не дає змоги оцінити наявність перевищення ГДК у рослинах зразках.

Таблиця

Вміст важких металів у сполуках ґрунту та пшениці озимої, мг/кг

Хімічний елемент	ґрунт:		Пшениця:	
	валовий уміст [17]	рухома форма	зелена маса	зерно
As	не визначалось	0,22	2,6	1,8
Cd	не визначалось	0,07	< 0,3	< 0,3
Co	не визначалось	0,65	< 0,3	< 0,3
Cr	140	0,02	1,5	0,3
Cu	60	2,30	3,0	4,3
Ni	70	2,29	0,7	0,3
Pb	не визначалось	0,25	< 0,3	0,5
V	180	0,33	< 0,3	< 0,3
Zn	210	1,34	8,7	17,6

Рекомендовані норми щоденного надходження валового цинку в організм людини — 11 і 8 мг для чоловіків і жінок відповідно [16]. Кларк цинку в сполуках земної кори за даними різних авторів — 40–200 мг/кг. Валовий уміст цинку в ґрунтах України міститься 20–320 мг/кг ґрунту. Однак, в межах впливу викидів промислових підприємств чорної та кольорової металургії досягає 1200 мг/кг ґрунту [4]. Валовий уміст цинку в досліджуваному ґрунті, визначений нами раніше, становить 210 мг/кг ґрунту [17], що відповідає показникам фонового рівня для чорноземних ґрунтів. Вміст рухомих сполук цинку, екстрагованих кислотами екстрактами, в ґрунтах України може становити 4–20 мг/кг. Зокрема, у витяжку соляної кислоти у чорноземних ґрунтах переходить рухомих сполук цинку близько 0,8–2,0 мг/кг ґрунту. Рухомих сполук цинку в досліджуваних ґрунтах знайдено на рівні 1,34 мг/кг ґрунту, що відповідає низькому забезпеченню ґрунту сполуками цього елемента. Сполуки

цинку є біомікроелементами, необхідними для життя живих об'єктів. Однак, цинк також відносять до важких металів, оскільки при певних концентраціях у сполуках він є токсичним для живих організмів. Виходячи з рівня ГДК сполук цинку [11, 18], вміст його рухомих форм у досліджуваному ґрунті у вісімнадцять разів менший за ГДК (23 мг/кг ґрунту). У зеленій масі пшениці валового цинку виявлено на рівні 8,7 мг/кг сухої речовини. Згідно з градаціями забезпеченості рослин пшениці озимої сполуками цинку їх уміст у досліджуваних рослинах низький [19]. У зерні пшениці озимої виявлено 17,6 мг/кг валового цинку, що не перевищує ГДК (50 мг/кг) [15]. Тому ґрунт і зерно пшениці озимої за умов досліду безпечні для людини за вмістом сполук цинку. Враховуючи низьке забезпечення сполуками цинку рослин пшениці у фазі колосіння, можна прогнозувати, що застосування мікродобрив з цинком буде доцільним на чорноземі опідзоленому під час вирощування пшениці озимої.

Купрум належить до важких металів і розглядається в якості важливого мікроелемента, який після заліза та цинку є третім мікроелементом за валовою масою в організмі людини. Вважається, що організм дорослої людини містить 30–50 мг купруму в сполуках. Оптимальний рівень споживання купруму в сполуках для населення ЄС встановлено у розмірі 1,1 мг/добу для дорослих. Кларк купруму в земній корі за різними даними складає 50–100 мг/кг ґрунту. Валовий уміст купруму в ґрунтах України — 15–100 мг/кг ґрунту, а у межах територій впливу чорної та кольорової металургії його вміст може досягати 2500 мг/кг ґрунту. Ґрунтотворна порода — важкосуглинковий лес містить валового купруму в межах 20–70 мг/кг ґрунту [4]. За умов дослідження валовий уміст купруму в ґрунті становить 60 мг/кг, що є звичайним для даного типу ґрунту. В ґрунтах, не забруднених викидами промисловості, знаходять купрум у рухомих формах, екстрагованих кислотами

екстрактами, в межах 0,24–15,5 мг/кг. У чорноземах звичайних на лесі деякі науковці виявили цинку рухомих форм у витяжці соляної кислоти в межах 1,44–1,58 мг/кг [4]. У дослідженому чорноземі опідзоленому купруму рухомих сполук міститься 2,3 мг/кг ґрунту. Це відповідає середній забезпеченості ґрунту сполуками цього елемента. ГДК купруму рухомих форм для ґрунту складає 3,0 мг/кг, а тому можна констатувати, що вміст купруму рухомих сполук не перевищує ГДК. У зеленій масі пшениці озимої на момент викидання колосу валового купруму — 3,0 мг/кг сухої речовини. Такий уміст сполук купруму низький згідно з градаціями забезпеченості рослин пшениці озимої елементами живлення [19]. У зерні пшениці озимої валовий вміст купруму (4,3 мг/кг сухої речовини) не перевищує встановленої ГДК (10 мг/кг) [15]. Це свідчить, що ґрунт і зерно пшениці озимої безпечні для людини за вмістом сполук купруму. Враховуючи низький валовий уміст сполук купруму в зеленій масі пшениці озимої, можна прогнозувати доцільність застосування мікродобрив із сполуками купруму при її вирощуванні за умов досліду.

Розрахункова норма безпечного для людини споживання сполук кобальту з їжею, в перерахунку на валовий кобальт, становить 5–40 мкг/день. Кларк валового кобальту в земній корі — 20–100 мг/кг. У ґрунтах валовий уміст кобальту коливається в межах 1,0–60 мг/кг ґрунту. Важкосуглинкові леси містять валового кобальту зазвичай у межах 15–60 мг/кг ґрунту [4]. Для забезпечення належного рівня годівлі тварин за вмістом сполук кобальту в кормах для ґрунту повинні містити 13–30 мг/кг валового кобальту [20]. Вміст кобальту рухомих сполук у ґрунтах України на незабруднених територіях складає 0,005–3,69 мг/кг ґрунту. В чорноземах типових на лесах уміст кобальту рухомих сполук у витяжці соляної кислоти виявляють на рівні 0,6–1,1 мг/кг. Уміст кобальту рухомих сполук у ґрунті досліджуваних нами

дослідних ділянок – 0,65 мг/кг, що в 10 разів менше за рівень ГДК. Такий уміст відповідає середній забезпеченості ґрунтів рухомими сполуками кобальту. В зеленій масі рослин оптимальним вважається валовий уміст кобальту на рівні 0,2–0,3 мг/кг сухої речовини [19]. Максимально допустимий рівень вмісту валового кобальту в кормах для сільськогосподарських тварин складає – 1 мг/кг. За літературними даними вміст валового кобальту у зерні пшениці озимої змінюється в межах 0,53–1,06 мг/кг. Зазначимо, що ГДК для цього показника в зерні пшениці поки не встановлено [21]. У наших дослідженнях показники вмісту сполук кобальту в рослинах знаходяться на рівні точності визначення. Тому зробити об'єктивний висновок про забезпеченість рослин сполуками кобальту неможливо, однак можна стверджувати, що рослини пшениці озимої не забруднені сполуками кобальту, і їх уміст не перевищує оптимального рівня.

У навколишньому середовищі хром у сполуках зазвичай перебуває в ступені окислення +3. Шестивалентний хром зустрічається дуже рідко і майже завжди це пов'язано з діяльністю людини. Безпечною добовою нормою споживання для людини вважається 30–100 мкг валового хрому [16]. Кларк хрому в сполуках земної кори оцінюють у межах 80–300 мг/кг. Валовий уміст хрому в ґрунтах України коливається від 20 до 180 мг/кг ґрунту, досягаючи в межах територій хімічної промисловості Черкаської області до 280 мг/кг ґрунту. У досліджуваному чорноземі опідзоленому валовий уміст хрому становить 140 мг/кг ґрунту. Рухомих форм цього елемента знайдено на рівні 0,02 мг/кг ґрунту, а ГДК вмісту в ґрунті хрому рухомих сполук складає 6,0 мг/кг. Науковцями відмічено, що валовий уміст хрому в зерні пшениці озимої може бути в межах 0,35–1,12 мг/кг сухої речовини [21]. У нашому випадку в зерні пшениці озимої валовий уміст хрому був на рівні 0,3 мг/кг сухої речовини, що нижче за ГДК (0,5 мг/кг сухої речовини).

Тому ґрунт та зерно пшениці, вирощене на ньому за умов досліду, є безпечними за вмістом сполук хрому.

Споживання людиною валового нікелю з продуктами харчування в середньому становить близько 150 мкг/день, але може досягати 900 мкг/день. У Європейському Союзі на даний час не встановлені добові дієтичні потреби споживання сполук нікелю для людини [16]. Кларк валового нікелю в сполуках земної кори за різними оцінками — 60–200 мг/кг. Валового нікелю в ґрунтах України — 10–80 мг/кг ґрунту. Рухомих сполук нікелю в ґрунтах виявляють на рівні 0,44–3,77 мг/кг ґрунту й, зокрема, в чорноземах типових на лесі – 2,16–3,52 мг/кг [4]. Досліджуваний ґрунт за вмістом нікелю рухомих сполук (2,29 мг/кг ґрунту) згідно з градаціями можна віднести до ґрунтів з високим вмістом рухомих сполук нікелю. У зерні пшениці озимої валового нікелю виявляли до 1,0 мг/кг сухої речовини [21]. У умовах нашого досліду зерно пшениці озимої містить 0,3 мг/кг валового нікелю, що нижче ГДК (0,5 мг/кг сухої речовини). Тому можна стверджувати, що досліджене зерно пшениці озимої безпечно за вмістом сполук нікелю.

Валового плумбуму в харчовому раціоні дорослих жителів України міститься в середньому 165 мкг на добу [22]. Всесвітня організація охорони здоров'я встановила, що 300 мкг валового плумбуму є граничною допустимою межею його вживання за добу для дорослих. Кларк плумбуму в сполуках земної кори оцінюється в 12–20 мг/кг. Валовий вміст плумбуму в ґрунтах України становить 20–100 мг/кг ґрунту. Лесовидний суглинок, що є ґрунтоутворюючою породою для чорноземів опідзолених, містить 10–25 мг/кг валового плумбуму [4]. Плумбуму в рухомих сполуках у ґрунтах України знаходиться в межах 0,2–3,0 мг/кг ґрунту. Вміст плумбуму рухомих сполук у дослідженому ґрунті на рівні 0,25 мг/кг ґрунту дає підстави віднести його до ґрунту з низьким вмістом цього елемента. У зерні

пшениці озимої валового плюмбуму виявляли до 0,83 мг/кг сухої речовини [21]. В умовах нашого дослідження зерно пшениці озимої містить валового плюмбуму 0,5 мг/кг сухої речовини, тобто на рівні ГДК (0,5 мг/кг), яке передбачено державним стандартом [15]. Однак, наказом Головного державного санітарного лікаря України [23] введено норму максимально допустимого рівня для валового плюмбуму в зерні продовольчої пшениці на рівні 0,2 мг/кг сухої речовини, що відповідає нормам, прийнятим у Європейському Союзі [24]. Виходячи з цього, в зерні пшениці, вирощеному за умов дослідження, вміст сполук плюмбуму перевищує максимально допустимий рівень.

Валового ванадію в сполуках земної кори –  $1,6 \cdot 10^{-2} \%$  по масі. Він входить до складу близько 70 мінералів, але у вільному вигляді не зустрічається. У його сполуках він утворює різні стани окислення, найбільш поширеними з яких є +3, +4 і +5. Споживання людиною валового ванадію зі звичайною їжею становить близько 10–20 мкг/добу [16]. Вважається, що безпечний рівень споживання валового ванадію — до 1,8 мг/добу для дорослих [25]. Окремі дослідники стверджують, що наявних даних недостатньо для встановлення безпечного верхнього рівня добового споживання ванадію людиною. Валовий вміст ванадію у ґрунтах України варіює від 49, у дерново-боровому ґрунті, до 210 мг/кг ґрунту, у чорноземі звичайному [26]. Уміст валового ванадію в досліджуваному ґрунті складає 180 мг/кг ґрунту, що перевищує ГДК валового вмісту цього елемента в ґрунті (150 мг/кг ґрунту). Уміст рухомих форм ванадію в витяжці соляної кислоти в ґрунтах України змінюється від 3, у чорноземі звичайному, до 20 мг/кг ґрунту, у заплавному лучно-лісовому ґрунті [26]. За умов дослідження рухомого ванадію виявлено на рівні 0,33 мг/кг ґрунту. Цей показник значно нижчий за середній вміст ванадію рухомих сполук у чорноземних ґрунтах. Виявлення причин такого явища потребує подальших досліджень. Перед-

бачається, що валового ванадію необхідно рослинам у незначних кількостях – не більше 2 мкг/кг сухої речовини [27]. Відомо, що валовий вміст ванадію в зерні ячменю і гороху складає 0,08 мг/кг сухої маси, у зерні вівса — 0,05 мг/кг, у зерні пшениці — 0,06 мг/кг [28]. Беручи до уваги, що за умов нашого дослідження рівень валового вмісту ванадію у рослинних зразках нижчий від рівня точності визначення ванадію приладом, зробити об'єктивну оцінку щодо вмісту сполук ванадію в зеленій масі та зерні озимої пшениці неможливо.

### Висновки

За умов тривалої відсутності внесення добрив (понад 45 років) валовий вміст і вміст рухомих сполук арсену, кадмію, цинку, купрум, кобальту, хрому та плюмбуму в чорноземі опідзоленому не перевищує ГДК. Незначне її перевищення встановлено стосовно валового вмісту сполук ванадію.

Зерно пшениці озимої, вирощене на чорноземі опідзоленому без застосування добрив, безпечно для людини за вмістом сполук цинку, купрум, кобальту та хрому. Викликає занепокоєння перевищення гранично допустимої концентрації в ньому сполук арсену та плюмбуму. Для встановлення причин такого явища необхідні подальші дослідження.

Низький рівень забезпечення цинком та купрум у фазі колосіння озимої пшениці, вирощеної на чорноземі опідзоленому, який більше 45-ти років не удобрювався, дає підстави рекомендувати вносити їх у вигляді мікродобрив.

### Список літератури

1. Thomas H. Linus Pauling and the Chemistry of Life / H. Thomas. – New York: Oxford U. P., 1998. – 144 p.
2. The Role of Food and Nutrition System Approaches in Tackling Hidden Hunger / Francesco B. [et al.] // Int. J. Env. Res. Public. Health. – 2011. – Vol. 8(2). – P. 358–373.
3. William D. Middleton. Identification of Activity Areas by Multi-element Charac-

- terization of Sediments from Modern and Archaeological House Floors Using Inductively Coupled Plasma-atomic Emission Spectroscopy / William D. Middleton and T. Douglas Price // *J. of Arch. S.* – 1996. – № 23. – P. 673–687.
4. Жовинский Э. Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э.Я. Жовинский, И. В. Кураева. – К.: Наукова думка, 2002. – 213 с.
  5. Пильгук О. Н. Экологическая оценка состояния кадмия в системе «почва-растение» в условиях семипалатинского Прииртышья: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.16.– Экология / О. Н. Пильгук. – Новосибирск, 2005. – 24 с.
  6. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207-91. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 6 с.
  7. Soil Sampling and Methods of Analysis/ Edited by M.R. Carter, E.G. Gregorich. – Abingdon: CRC Press Taylor & Francis Group. – 2006. – 198 p.
  8. A Review of Sequential Extraction Procedures for Heavy Metals Speciation in Soil and Sediments / Okoro HK [et al] // *Scient. reports.* – 2012. – Vol. 1(3). – P. 1–9.
  9. Wedepohl, K.H. Chemical-Composition and Fractionation of the Continental-Crust // *Geol. Run.* – 1991. – Vol. 80(2). – P. 207–223.
  10. Soil Guideline Values for inorganic arsenic in soil: Science Report SC050021 / I. Martin [et al.]. – Bristol: Envir. Agency, 2009. – 11 p.
  11. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы: ГН 2.1.7.2041–06 // Бюл. норм. актов федер. орг. исполн. власти. – 2006. – № 10.
  12. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Х. Чулджиян и др. // Экологическая конференция. – Братислава, 1988. – Вып 1. – С. 5–24.
  13. СанПиН 42-123–4089–86. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах. – М.: МЗ СССР, 1970. – 6 с.
  14. International Programme on Chemical Safety: Cadmium. – Geneva: WHO, 2010. – 4 p.
  15. Пшеница. Технические условия: ДСТУ 3768–04. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 6 с.
  16. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals / *Scien. Com. on Food Scien. Eur.* – Parma: FSA, 2006. – 480 p.
  17. Світовий В.М. Дослідження хімічних та фізико-хімічних змін органо-мінеральних дисперсних систем чорноземного ґрунту за тривалого впливу внесених добрив // Біоресурси та природокористування. – 2013. – Том 5. – № 3–4. – С. 69–74.
  18. Охрана природы. Почва. Термины и определения химического загрязнения: ГОСТ 17.4.1.03–84. – М.: ГСНТИ, 1984. – 5 с.
  19. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
  20. Cobalt and inorganic cobalt compounds / prepared by James H. Kim [et al.]. – Geneva: WHO, 2006. – 89 p.
  21. Содержание тяжелых металлов в агроэкосистемах фоновых территорий Орловской области // Е.А. Кузнецова и др. // Фунд. и прикладные аспекты создания биосф.: матер. междунауч. научнотехн. интернет-конф. – Орел: Госунив. – УНПК, 2010. – С. 35–40.
  22. Смоляр В.І. Свинець в харчових продуктах і раціонах / В.І. Смоляр, Г.І. Петрашенко // Проблеми харчування. – 2007. – №4. – С. 13.
  23. Про затвердження значення гігієнічного нормативу вмісту свинцю (Pb) в зерні продовольчої пшениці: Постанова / МОЗ, Держ. сан.-епід. служба, Голов. держ. сан. лікар Укр. 24.09.2010. – № 30.
  24. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs No 1881/2006 / Com. Reg. (EC) // *Offic. J. of the Europ. Un.* – 2006.
  25. Report on safe upper levels for vitamins and minerals. – London: EGVM, 2003. – P. 246–252.
  26. Геохимия ванадия в почвах лесных экосистем Присамарья Днепропетровского / Н. Н. Цветкова та ін. // Вісник Дніпропетр. унів.: Біологія. Екологія. – 2012. – Вип. 20. – Т. 2. – С. 95–100.
  27. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях: Перевод с английского / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
  28. Герасименко В.Т. Тяжелые металлы в сельскохозяйственных растениях фоновых зон лесостепи УССР // Тяжелые металлы в окружающей среде. – М.: изд. МГУ, 1980. – С. 68–69.

## Summary

Svitovyy V.M., Zhilyak I.D.

### **RESEARCH OF CONTENTS OF HEAVY METALS IN THE BLACK SOIL AND WHEAT OF WINTER-ANNUAL USING THE METHOD INDUCTIVELY COUPLED PLASMA ATOMIC EMISSION SPECTROSCOPY (ICP-AES)**

The method of inductively coupled plasma set cobalt, cadmium, chromium, copper, arsenic, nickel, plumbum, vanadium and zinc in black soil and winter wheat by prolonged absence of fertilization. The soil has a high content of vanadium. Crop of winter wheat grown on black soil without fertilizer is safe for a person by the content of zinc, copper, cobalt and chromium. Arsenic and plumbum content in the grain exceeds the maximum allowable concentration. Due to low contents of the zinc and copper in plants wheat can be predicted that the use of fertilizers with these elements will have the effectiveness when growing winter wheat.

**Key words:** inductively coupled plasma, heavy metals, soil, winter wheat.