



УДК 631.5:633.11:553.26:546.81

# ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ПРОЦЕСИ АКУМУЛЯЦІЇ І ТРАНСЛОКАЦІЇ СВИНЦЮ

**В. І. БОНДАРЬ**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології та безпеки життєдіяльності

<https://orcid.org/0000-0002-8737-3568>

E-mail: lera\_bond@email.ua

**Н. А. МАКАРЕНКО**, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри екології агросфери та екологічного контролю

E-mail: n-mak@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

<https://doi.org/10.31548/bio2019.01.005>

У статті представлено спосіб оцінювання технологій вирощування сільськогосподарських культур за впливом на процеси акумуляції та транслокації свинцю в умовах різних ґрунтів України. Для оцінювання впливу технологій на процеси акумуляції свинцю пропонується наступна градація: сильний вплив – акумуляція порівняно з еталоном перевищує 50 %, середній вплив – акумуляція порівняно з еталоном більше 25 %, але не перевищує 50 %, помірний вплив – акумуляція порівняно з еталоном більше 10 %, але не перевищує 25 %, вплив відсутній – акумуляція порівняно з еталоном не перевищує 10 %.

Апробацію розроблених підходів було проведено в умовах польових стаціонарних дослідів, які знаходилися у зоні Полісся, Лісостепу та Степу України. Досліджували базову технологію вирощування пшениці озимої та технології із внесенням мінеральних і органічних добрив у різних комбінаціях із врахуванням ґрунтово-кліматичних умов розташування дослідів.

Дослідження процесів акумуляції потенційно рухомих форм свинцю у верхніх шарах різних типів ґрунтів дозволило виявити наступні залежності: найнижчим вмістом свинцю характеризувалися ґрунти зони Лісостепу, його вміст коливався в межах 2,1–2,6 мг/кг, найвищим – зони Степу, вміст свинцю складав 7,52–9,04 мг/кг. Підвищення вмісту свинцю спостерігалось за впливу мінеральних добрив, які сприяли збільшенню вмісту свинцю на 7–24 %, що може призводити до його вилугування і подальшої міграції за межі профілю, а також до переходу у рослини. Органічні добрива не стимулювали цей процес, в окремих випадках за їх впливу спостерігалось зниження вмісту свинцю на 6 %.

Розраховано коефіцієнти концентрації свинцю в орному шарі різних ґрунтів України, які були найвищими за застосування мінеральних добрив і складали 1,05–1,23, що свідчить про його нагромадження.

Встановлено вплив технологій на надходження свинцю із ґрунту до рослин. Коефіцієнт біологічного поглинання був менше одиниці, що свідчить про блокування надходження свинцю в генеративні органи пшениці її захисною системою.

*Ключові слова:* свинець, ґрунт, акумуляція, пшениця озима, добрива, транслокація



**Актуальність.** Серед речовин, які мають постійно контролюватися у компонентах навколишнього природного середовища, свинець займає одне із провідних місць. Згідно санітарно-гігієнічної та екотоксикологічної класифікацій, він належить до небезпечних речовин [7, 8, 9, 13, 18-20]. Нині залишаються відкритими питання щодо особливостей впливу технологій вирощування сільськогосподарських культур на поведінку свинцю у компонентах агроєкосистем. Ця проблема набуває особливої важливості у зв'язку з підвищеними вимогами світової спільноти до якості і безпечності продуктів харчування, контролю за технологіями їх отримання [1, 8-9, 11-13, 20].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Науковими працями Н. Макаренко, А. Фатеева, М. Мірошніченко, С. Корсун показано, що технології вирощування сільськогосподарських культур впливають на процеси надходження, акумуляції хімічних речовин у верхніх шарах ґрунтів, їх рухомість та перехід у рослини. Активність і направленість цих процесів залежить від фізико-хімічних властивостей хімічних речовин, фізіологічних особливостей рослин, а також від ксенобіотичних характеристик профілів ґрунтів [7-10, 13, 15-16, 18-19].

Свинець (Pb) має властивість акумулюватися і перебувати у ґрунтах довготривалий час. Перерозподіл його відбувається повільно, переважно шляхом поглинання рослинами, а також завдяки геологічним процесам ерозії, дефляції, вилугуванню тощо [9, 11-12, 15-20].

**Мета дослідження** полягала у встановленні впливу технологій вирощування пшениці озимої на процеси акумуляції та транслокації свинцю із ґрунту в рослину для попередження можливої негативної дії на стан ґрунтів, якості природних вод та сільськогосподарської продукції.

**Матеріали і методи дослідження.** Дослідження проводилися в умовах польових стаціонарних дослідів у зоні Полісся,

Лісостепу та Степу України на базі Рівненської державної сільськогосподарської дослідної станції (Рівненська ДСГДС), Запорізької сільськогосподарської дослідної станції інституту олійних культур (Запорізька ДС ІОК НААН), Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України (ВП НУБіП України) «Агрономічна дослідна станція».

Досліджували вплив технологій вирощування пшениці озимої на трансформацію свинцю. Свинець (Pb) – елемент IV групи періодичної системи з атомним номером 82. Санітарно-гігієнічний клас небезпеки свинцю і його сполук І-II (особливо і небезпечна речовина); екотоксикологічний клас небезпеки – I (надзвичайно небезпечна речовина).

Зразки ґрунту відбирали згідно з ДСТУ ISO 10381-1:2004, ДСТУ ISO 10381-2:2004 [2-5]. Для визначення свинцю у ґрунті та рослинах застосовували атомно-абсорбційний метод за використання спектрофотометра ААС-30 [4,14]. Екстракцію потенційно рухомих форм свинцю із ґрунту проводили згідно з чинними методиками [4, 14]. Уміст свинцю у рослинах визначали після мокрого озолення. Характеристика умов проведення досліджень наведено у таблиці 1.

Достовірність та надійність результатів підтверджували за допомогою математичної статистичної обробки із застосуванням дисперсійного, регресійного та кореляційного аналізів за використання Microsoft Office Excel 2010.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Розподіл хімічних речовин у профілі ґрунту залежить від його генетичних особливостей, що, у свою чергу, обумовлюється наявністю бар'єрів у сукупності із всією ландшафтною геохімічною системою, з типологією акумуляції хімічних елементів за особливостями умов та механізмів формування, фізи-



# 1. Умови проведення дослідження у різних ґрунтово-кліматичних зонах України

Наукова установа	Ґрунтово-кліматична зона/ґрунт	Варіанти досліджу
Полісся		
Рівненська державна сільськогосподарська дослідна станція	темно-сірий опідзолений	1) БТ* 2) БТ+N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> 3) БТ+гній 10 т/га 4) БТ+N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + солома + сидерати
Лісостеп		
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція»	чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий	1) БТ 2) БТ+N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
Степ		
Запорізька сільськогосподарська дослідна станція інституту олійних культур	чорнозем звичайний малогумусний	1) БТ 2) БТ+N <sub>75</sub> P <sub>50</sub> K <sub>25</sub> 3) БТ+N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> 4) БТ+N <sub>15</sub> P <sub>10</sub> K <sub>5</sub> 5) БТ+гній 5,7 т/га

\* БТ – базова технологія (без застосування добрив)

ко-хімічними властивостями, акумуляційною здатністю тощо. У науковій літературі [6-8, 15-16, 18-19] містяться суперечливі дані щодо здатності свинцю до нагромадження в окремих генетичних горизонтах ґрунту. Вважається, що свинець найменш рухомий і локалізується, переважно, у верхніх шарах ґрунту.

Дослідження процесів акумуляції потенційно рухомих форм свинцю у верхніх шарах різних типів ґрунтів дозволило виявити наступні залежності:

найнижчим вмістом свинцю характеризувалися ґрунти зони Лісостепу, його вміст коливався від 2,1 до 2,6 мг/кг, найвищим – зони Степу, вміст свинцю складав 7,52–9,04 мг/кг (рис. 1);

технології вирощування пшениці озимої в усіх зонах впливали на процеси нагромадження свинцю у верхніх шарах ґрунту. Його вміст у темно-сірому опідзоленому підвищився до 3,98 мг/кг, чорноземі типовому – до 2,6, чорноземі звичайному – до 9,04 мг/кг;

істотне підвищення вмісту свинцю спостерігалось за впливу мінеральних

добрив, які сприяли збільшенню вмісту свинцю на 7–24 %, що може призводити до його вилугування і подальшої міграції за межі профілю. Органічні добрива не стимулювали цей процес, в окремих випадках за їх впливу спостерігалось зниження вмісту свинцю на 6 %.

Для оцінювання впливу технологій на процеси акумуляції свинцю у ґрунті використовували наступну градацію:

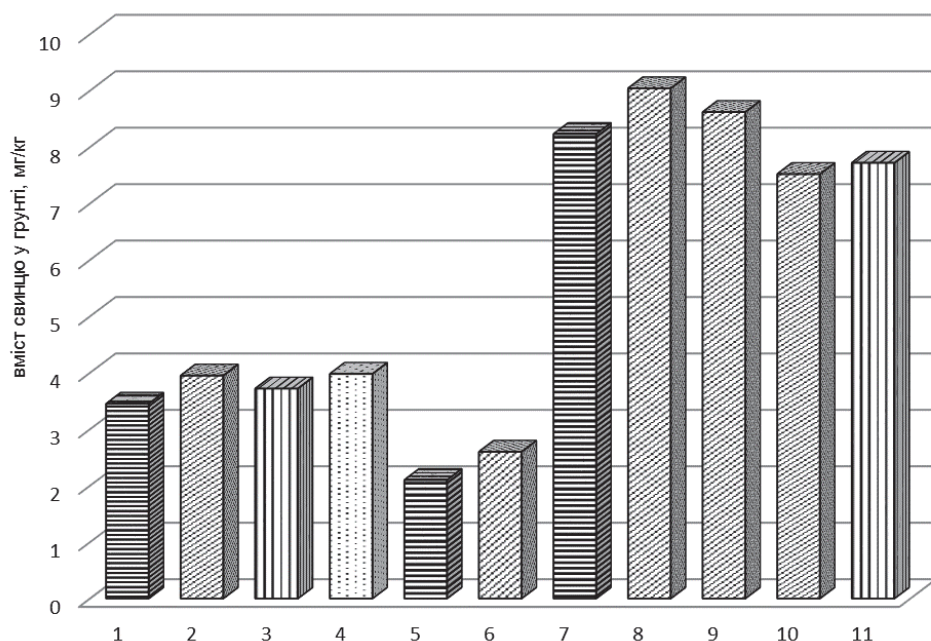
1 – сильний негативний вплив (акумуляція порівняно з еталоном перевищує 50 %);

2 – середній негативний вплив (акумуляція порівняно з еталоном більше 25 %, але не перевищує 50 %);

3 – помірний негативний вплив (акумуляція порівняно з еталоном більше 10 %, але не перевищує 25 %);

4 – негативний вплив відсутній (акумуляція порівняно з еталоном не перевищує 10 %).

Для визначення впливу добрив на процеси акумуляції свинцю у верхніх шарах ґрунтів, що досліджувалися, здійснювали у порівнянні з базовою технологією. Результати оцінювання показали, що міне-



**Рис. 1. Вплив технологій вирощування пшениці озимої на акумуляцію потенційно рухомих сполук свинцю у ґрунті (0–20 см):** зона Полісся (темно-сірий опідзолений ґрунт) 1 – БТ (без добрив), 2 – БТ + N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, 3 – БТ + Гній 10 т/га, 4 – БТ + -N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + солома+ сидерати; зона Лісостепу (чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий) 5 – БТ (без добрив), 6 – БТ + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; зона Степу (чорнозем звичайний малогумусний) 7 – БТ (без добрив), 8 – БТ + N<sub>75</sub>P<sub>50</sub>K<sub>25</sub>, 9 – БТ + N<sub>50</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>, 10 – БТ + -N<sub>15</sub>P<sub>10</sub>K<sub>5</sub>, 11 – БТ + Гній 5,7 т/га

ральні добрива сприяли нагромадженню свинцю у верхніх шарах ґрунтів. В умовах Полісся вони підвищили вміст свинцю на 14,0–15,4 %, в умовах Лісостепу – на 23,8 %. Вплив таких технологій оцінюється як помірно небезпечний. Органічні добрива, навпаки, не підвищували вміст свинцю у ґрунті (7,8 % відносно БТ). В умовах Степу мінеральні добрива не чинили істотного впливу на процеси акумуляції свинцю у верхніх шарах ґрунту (табл. 2).

Вважається, що в якості кількісного показника активності акумуляції хімічних речовин у компонентах довкілля доцільно використовувати коефіцієнт концентрації (Кс):

$$K_c = k_i / K_i$$

$k_i$  – вміст,  $i$  – хімічного елементу у п – компоненті,  $K_i$  – вміст  $i$  – хімічного елементу в еталоні (стандарті).

Керуючись принципами екологічного нормування, приймали, що негативні процеси у ґрунті можуть спостерігатися коли  $K_c > 1$  тобто мають місце процеси акумуляції. У випадках, коли  $K_c < 1$ , мають місце процеси фіксації свинцю твердою фазою ґрунту, органічною речовиною, процеси вилугування або переходу його у рослини.

Для оцінювання впливу технології на процеси акумуляції приймали наступну градацію:

Коефіцієнт концентрації, Кс	Вплив технології на процеси акумуляції свинцю
$\geq 1,51$	сильний
1,25–1,50	середній
1,10–1,24	помірний
$\leq 1,0$	відсутній



## 2. Вплив систем удобрення пшениці озимої на акумуляцію свинцю у ґрунті (0–20 см)

Технологія	Вміст Pb у ґрунті (0-20 см)	Відхилення від еталону, %	Вплив технології на акумуляцію свинцю у ґрунті
зона Полісся (темно-сірий опідзолений ґрунт)			
БТ	3,45	-	-
БТ+N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,95	14,0	помірний
БТ+гній 10 т/га	3,72	7,8	відсутній
БТ+N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + солома + сидерати	3,98	15,4	помірний
НІР <sub>05</sub>	0,21		
зона Лісостепу (чорнозем типовий малогумусний середньо суглинковий)			
БТ	2,1	-	-
БТ+N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,6	23,8	помірний
НІР <sub>05</sub>	0,16		
зона Степу (чорнозем звичайний мало гумусний)			
БТ	8,23	-	-
БТ+N <sub>75</sub> P <sub>50</sub> K <sub>25</sub>	9,04	9,8	відсутній
БТ+N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	8,62	4,7	відсутній
БТ+N <sub>15</sub> P <sub>10</sub> K <sub>5</sub>	7,52	-8,63	відсутній
БТ+гній 5,7 т/га	7,72	-6,2	відсутній
НІР <sub>05</sub>	0,30		

Було розраховано коефіцієнти концентрації свинцю в орному шарі різних ґрунтів України (табл. 3), які коливалися від 1,1 до 4,52, що свідчить про переважання процесів його нагромадження.

Таким чином, розрахунок коефіцієнтів концентрації підтвердив встановлені залежності: на процеси акумуляції істотно впливають мінеральні добрива, органічні не сприяють нагромадженню цього елементу у верхніх шарах ґрунту, а в деяких випадках призводять до зменшення його концентрації (у зоні Степу при застосуванні 5,7 т/га Кс дорівнював 0,94).

У науковій літературі відзначається, що в більшості випадків вдається встановити пряму пропорційну залежність між вмістом хімічних речовин у живильному субстраті та рослині. Але їх надходження до рослинного організму носить не схоластичний характер, а регулюється

фізіологічними бар'єрами біохімічної природи [8]. У відношенні рослин Pb<sup>2+</sup> вважається дуже токсичним елементом, який шкідливо діє на тест-організми при концентраціях у розчині до 1 мг/л [8-9,20].

Накопичення свинцю зерном пшениці знаходилося на рівні 0,12–0,19 мг/кг (табл. 4). Для кількісної оцінки надходження хімічних елементів із ґрунту в рослину застосовували коефіцієнт біологічного накопичення (К б.п) [17]. Коефіцієнти біологічного поглинання свинцю коливалися в межах 0,01–0,08 і залежали від системи удобрення (табл. 4).

Таким чином, коефіцієнти біологічного поглинання (менше одиниці) свідчать про існування біологічного фільтру симплазми пшениці озимої, що захищає її від неконтрольованого накопичення токсичних речовин.



### 3. Вплив технологій вирощування пшениці озимої на Кс свинцю в орному шарі (0–20 см) різних типів ґрунтів України

Технологія	Кс	Вплив технології на акумуляцію свинцю у ґрунті
зона Полісся (темно-сірий опідзолений ґрунт)		
БТ	-	-
БТ+N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,14	помірний
БТ+гній 10 т/га	1,08	відсутній
БТ+N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + солома + сидерати	1,15	помірний
зона Лісостепу (чорнозем типовий малогумусний середньо суглинковий)		
БТ	-	-
БТ+N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,23	помірний
зона Степу (чорнозем звичайний мало гумусний)		
БТ	-	-
БТ+N <sub>75</sub> P <sub>50</sub> K <sub>25</sub>	1,10	помірний
БТ+N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	1,05	відсутній
БТ+N <sub>15</sub> P <sub>10</sub> K <sub>5</sub>	0,91	відсутній
БТ+гній 5,7 т/га	0,94	відсутній

### 4. Вплив технологій вирощування пшениці озимої на перехід свинцю у рослини

Технології	Вміст Pb у зерні пшениці озимої, мг/кг	К б.п Pb (зерно пшениці озимої)
темно-сірий опідзолений ґрунт (зона Полісся)		
БТ	0,12	0,03
БТ+N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,19	0,05
БТ+гній 10 т/га	0,13	0,03
БТ+N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + солома + сидерати	0,17	0,04
ГДК	0,30	
НІР <sub>05</sub>	0,05	
чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий (зона Лісостепу)		
БТ	0,18	0,08
БТ+N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,13	0,05
ГДК	0,30	
НІР <sub>05</sub>	0,06	
чорнозем звичайний малогумусний (зона Степу)		
БТ	0,15	0,02
БТ+N <sub>75</sub> P <sub>50</sub> K <sub>25</sub>	0,19	0,02
БТ+N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	0,15	0,02
БТ+N <sub>15</sub> P <sub>10</sub> K <sub>5</sub>	0,11	0,01
БТ+гній 5,7 т/га	0,17	0,02
ГДК	0,30	
НІР <sub>05</sub>	0,03	





**Висновки і перспективи.** Встановлено, що технології вирощування пшениці озимої впливають на вміст потенційно рухомих форм свинцю у верхніх шарах ґрунтів різних природно-кліматичних зон України.

Найістотніший вплив чинять мінеральні добрива, за їх дії вміст свинцю у 0–20 см шарі ґрунтів підвищився на 7–24 %; нагромадження свинцю у ґрунтах зони Полісся склало 14,0–15,4 %, зони Лісостепу – 23,8 %. Екологічний вплив технологій вирощування пшениці озимої за впливом на процеси акумуляції свинцю оцінювався як помірно небезпечний.

Органічні добрива у зоні Полісся відносно базової технології підвищили вміст свинцю у ґрунті лише на 7,8 %, у зоні Степу – знизили на 6,2 %. Негативний вплив технологій за впливом на акумуляцію свинцю не спостерігався.

Технології вирощування пшениці озимої у зоні Полісся, Лісостепу та Степу не призвели до активізації процесів транслокації свинцю з ґрунту у рослини. Коефіцієнти біологічного поглинання був менше 1 і коливалися у межах 0,01–0,08, вміст свинцю у зерні пшениці озимої складав 0,12–0,18 мг/кг, що значно нижче гранично допустимої концентрації (0,30 мг/кг).

Перспективним напрямом подальших досліджень є вивчення процесів міграції свинцю за впливу технологій вирощування сільськогосподарських культур у різних ґрунтово-кліматичних умовах України. Результати таких досліджень дозволять виявити екологічні ризики, пов'язані з забрудненням природних вод токсикантом.

## Література

1. Attanayake C. P., Hettiarachchi G. M., Harms A., Presley D., Martin S., Pierzynski G. M. Field Evaluations on Soil Plant Transfer of Lead from an Urban Garden Soil. *Journal of Environmental Quality*. 2014. Vol. 43. No. 2. P. 475–487.
2. Ґрунти. Показники родючості ґрунтів: [ДСТУ 4362:2004]. К., 2006. 19 с.
3. Якість ґрунту. Відбирання проб: [ДСТУ ISO 10381-1:2004]. Ч. 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб. К., 2006. 68 с.
4. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю (цинку, кадмію, заліза, кобальту, міді, нікелю, хрому, свинцю) в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: [ДСТУ 4770.1:2007 – ДСТУ 4770.9:2007].
5. Якість ґрунту. Ч. 2. Настанови з методів відбирання проб: [ДСТУ ISO 10381-2:2004]. К., 2006. 56 с.
6. Кураєва І. В., Рого І. В., Сорокіна Л. Ю., Голубцов О. Г. Оцінка вмісту важких металів та умов їх міграції в агроландшафтах Тернопільської області. *Український географічний журнал*. 2012. № 3. С. 25–33.
7. Фатєєв Ф. І., Самохвалова В. Л. Концепція використання техногенно забруднених ґрунтів. Х., 2018. 57 с.
8. Корсун С. Г., Довбаш Н. І., Клименко І. І. Продуктивність кукурудзи на зерно залежно від накопичення важких металів у ґрунті. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. № 82. С. 75–80.
9. Lead. *Environmental Health Criteria*. World Health Organization. Geneva, 1995. Vol. 165.
10. Makarenko N. A., Bondar V. I. Technology of crops cultivation: environmental standardization by the degree of impact over agro-ecosystem's condition. *Annals of Agrarian Science*. 2013. P. 56–61.
11. Martin J. A. R., Arias M. L., Corbi J. M. G. Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations. *Environmental Pollution*. 2006. Vol. 144. P. 1001–1012.
12. Nicholson F. A., Smith S. R., Alloway B. J., CarltonSmith C., Chambers B. J. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *The Science of the Total Environment*. 2003. Vol. 311 (1–3). P. 205–219.



13. Паращенко І. В. Екотоксикологічна оцінка небезпечності свинцю в компонентах агроєкосистеми: [автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидат сільськогосподарських наук: 03.00.16]. Інститут агроєкології. К., 2009. 19 с.
14. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: [ГОСТ 30178-96]. К., 2001. 13 с.
15. Самохвалова В. Л., Фатеев А. И., Лучникова Е. В. Уровни фонового содержания микроэлементов в почвах разного генезиса в Украине. Почвенно-земельные ресурсы: оценка, устойчивое использование, геоинформационное обеспечение: Международная научно-практическая конференция, г. Минск, Беларусь, 6–8 июня 2012 года: тезисы доклада. Минск, 2012. С. 206–208.
16. Самохвалова В. Л., Фатеев А. И., Лучникова Е. В. Еколого-геохімічна оцінка фонового рівня вмісту різних форм мікроелементів ґрунту. Вісник Львівського університету. Серія: біологія. 2011. Вип. 55. С. 125–133.
17. Малишева Л. Л. Геохімія ландшафтів. К., 2000. 472 с.
18. Фатеев А. И., Пашенко Я. В. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. Х., 2003. 72 с.
19. Фатеев А. И., Мирошніченко Н. Н., Самохвалова В. Л. Миграция, транслокация и фитотоксичность тяжелых металлов при полиэлементном загрязнении почвы. Агрохимия. 2001. № 3. С. 57–61.
20. Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed: [Codex standard]. Revised 1995, 2006, 2008, 2009, amended 2010. [www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/agns/pdf/CXS\\_193e.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/CXS_193e.pdf)

## References

1. Attanayake, C. P., Hettiarachchi, G. M., Harms, A., Presley, D., Martin, S., Pierzynski, G. M. (2014). Field Evaluations on Soil Plant Transfer of Lead from an Urban Garden Soil. *Journal of Environmental Quality*. 2014. Vol. 43. No. 2. 475–487.
2. State Standard of Ukraine (2004). DSTU 4362: 2004 Soil quality. Soil fertility indices.
3. State Standard of Ukraine (2006). DSTU ISO 10381-1:2004. The quality of the soil. Sampling Part 1. Guidelines for preparing sampling programs.
4. State Standard of Ukraine (2004). DSTU 4770.1:2007 – ДСТУ 4770.9:2007 The quality of the soil. Determination of the content of mobile compounds of manganese (zinc, cadmium, iron, cobalt, copper, nickel, chromium, lead) in a soil in a buffer ammonium acetate extract with a pH of 4.8 by atomic absorption spectrophotometry.
5. State Standard of Ukraine (2006). DSTU ISO 10381-2:2004. The quality of the soil. Sampling Part 2. Guidelines for preparing sampling programs.
6. Kuraev, I.V., Rog, I.V., Sorokin, L. Yu., Golubtsov, O. G. (2012). Estimation of the content of heavy metals and conditions of their migration in agrolandscapes of the Ternopil region. *Ukrainian Geographic Magazine*. 2012. № 3. 25–33.
7. Fateev, F. I., Samokhvalova, V. L. (2018). The concept of the use of technogenically contaminated soils. *Kharkiv*.
8. Korsun, S.G., Dovbush, N. I., Klymenko, I. I. (2015). Productivity of corn on grain depending on the accumulation of heavy metals in the soil. *Agrochemistry and soil science*. 2015. № 82. 75–80.
9. Lead. *Environmental Health Criteria*. (1995). Vol. 165. World Health Organization. Geneva.
10. Makarenko, N. A., Bondar, V. I. (2013). Technology of crops cultivation: environmental standardization by the degree of impact over agro-ecosystem's condition. *Annals of Agrarian Science*, 11 (4), 56–61.
11. Martin, J. A. R., Arias, M. L., Corbi, J. M. G. (2006). Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations. *Environmental Pollution*. 2006. Vol. 144. 1001–1012.
12. Nicholson, F. A., Smith, S. R., Alloway, B. J., Carlton, Smith, C., Chambers, B. J. (2003). An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *The Science of the Total Environment*. 2003. Vol. 311 (1–3). 205–219.





13. Paraschenko, I.V. (2009). Ecotoxicological assessment of danger of lead in components of agroecosystem: [dissertation author's abstract in scientific degree, candidate of agricultural sciences: 03.00.16]. Institute of Agroecology.Kyiv.
14. GOST 30178-96. (1996). Raw materials and food. Atomic absorption method for the determination of toxic elements.
15. Samokhvalova, V. L., Fateev, A. I., Luchnikova, E. V. (2012). Levels of background content of trace elements in soils of different genesis in Ukraine. Soil and land resources: assessment, sustainable use, geoinformation support: International Scientific and Practical Conference, Minsk, Belarus, June 6–8, 2012: Abstracts of the report. Minsk. 206–208.
16. Samokhvalova, V. L., Fateev, A. I., Luchnikova, E. V. (2011). Ecological and geochemical analysis of background background in a close relationship of various forms of microelements to earth. News of Lviv University. Seriya: biologiya. 2011. Vol. 55.125–133.
17. Malisheva, L. L. (2000). Geohmiya landscap. Kyiv. 472.
18. Fateev, F. I., Pashchenko, Ya. V. (2003). Background contents mikroelement at the grounds of Ukraine. Kharkiv.
19. Fateev, A.I., Miroshnichenko, N.N., Samokhvalova, V.L. (2001). Migration, translocation and phytotoxicity of heavy metals in soil polyelement contamination. Agrochemistry. 2001. No. 3. 57–61.
20. Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed: [Codex standard]. Revised 1995, 2006, 2008, 2009, amended 2010. [www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/agns/pdf/CXS\\_193e.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/CXS_193e.pdf)

## SUMMARY

**Bondar V., Makarenko N.** *Impact of winter wheat cultivation technologies on lead accumulation and translocation*// *Biological Resources and Nature Managment*. 2019. **11**, №1–2. P.41–49. <https://doi.org/10.31548/bio2018.03.030>

*This paper focuses on the method of evaluation of crop production technologies by the impact on the processes of accumulation and translocation of lead for different soils of Ukraine. For evaluating the impact of technologies on the processes of lead accumulation was proposed such scale: strong impact – when lead accumulation exceeds 50% in comparison with the standard; middle impact – accumulation in comparison with the standard more than 25% but not to exceed 50%; moderate impact – accumulation in comparison with the standard more than 10%, but not to exceed 25%, no impact – accumulation in comparison with the standard does not exceed 10%.*

*Field testing was conducted in conditions of stationary experiments located in Polissya, Forest-Steppe and Steppe regions of Ukraine. The basic technology of winter wheat cultivation as well as technologies with the application of mineral and organic fertilizers in various combinations, considering the soil-climatic conditions of the location of the experiments, was studied. The study of the processes of accumulation of potentially mobile forms of lead in the upper layers of different types of soils has allowed to establish the following particularities: the soils of the*

*Forest-Steppe zone were characterized by the lowest content of lead where its content varied within 2.1 - 2.6 mg / kg; by the highest – the zone of Steppe where content of lead was 7.52 - 9.04 mg / kg. The increase in lead content was observed due to the impact lead mineral fertilizers, which contributed to an increase in the lead content by 7 - 24 %, which may cause the leaching of lead and its further migration beyond the profile, as well as to the transition to plants. Organic fertilizers did not stimulate this process; moreover in some cases under the influence of them was evidenced reducing the content of lead by 6%.*

*There were calculated the coefficients of lead concentration in the tilth-top soils of Ukraine; they were the highest under the mineral fertilizers application and amounted to 1.05 - 1.23, that indicates lead accumulation.*

*The impact of technologies on the entry of lead from the soil to plants has been established. The coefficient of biological absorption was less than one, which indicates the blockage of lead input in the generative organs of wheat by its protective system.*

**Keywords:** *lead, soil, accumulation, winter wheat, fertilizers, translocations*

## АННОТАЦІЯ

**Бондарь В. И., Макаренко Н. А.** Изготовление кваса из нетрадиционного сырья // Биоресурсы и природопользование. 2019. 11, №1–2. Р.41–50. <https://doi.org/10.31548/bio2019.01.005>

В статье представлен способ оценки технологий выращивания сельскохозяйственных культур по влиянию на процессы аккумуляции и транслокации свинца в условиях различных почв Украины. Для оценки влияния технологий на процессы аккумуляции свинца предлагается следующая градация: сильное влияние - аккумуляция в сравнении с эталоном превышает 50 %, среднее - аккумуляция в сравнении с эталоном более 25 %, но не превышает 50 %, умеренное - аккумуляция в сравнении с эталоном более 10 %, но не превышает 25 %, влияние отсутствует - аккумуляция в сравнении с эталоном не превышает 10 %.

Апробацию разработанных подходов провели в условиях полевых стационарных опытов, в зоне Полесья, Лесостепи и Степи Украины. Исследовали базовую технологию выращивания пшеницы озимой и технологии с внесением минеральных и органических удобрений в различных комбинациях с учетом почвенно-климатических условий расположения опытов.

Исследование процессов аккумуляции потенциально подвижных форм свинца в верхних слоях различных типов почв позволило установить следующие зависимости: низким содержанием

свинца характеризовались почвы Лесостепи, его содержание колебалось в пределах 2,1–2,6 мг / кг, высоким – зоны Степи, содержание свинца составляло 7,52–9,04 мг / кг. Повышение содержания свинца наблюдалось при воздействии минеральных удобрений, которые способствовали увеличению содержания свинца на 7–24 %, что может приводить к его выщелачиванию и последующей миграции за пределы профиля, а также к переходу в растения. Органические удобрения не стимулировали этот процесс, в отдельных случаях по их влиянию наблюдалось снижение содержания свинца на 6 %.

Рассчитаны коэффициенты концентрации свинца в пахотном слое различных почв Украины, которые были самыми высокими при применении минеральных удобрений и составляли 1,05–1,23, что свидетельствует о его накопления.

Установлено влияние технологий на поступление свинца из почвы в растения. Коэффициент биологического поглощения был меньше единицы, что свидетельствует о блокировании поступления свинца в генеративные органы пшеницы ее защитной системой.

**Ключевые слова:** свинец, почва, аккумуляция, пшеница озимая, удобрения, транслокация

Отримано 24.02.2018 р.