



# Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.95

© 2020

## **БУФЕРНІСТЬ ҐРУНТІВ АГРОЛАНДШАФТІВ ДОНЕЦЬКОГО РЕГІОНУ ДО ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ**

*Л.І. Коноваленко<sup>1</sup>, О.О. Вінюков<sup>2</sup>, О.Б. Бондарева<sup>3</sup>*

*Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН  
вул. захисників України, 1, м. Покровськ Донецької обл., Україна, 85307  
e-mail: <sup>1</sup>l\_konovalenko\_1@ukr.net, <sup>2</sup>alex.agronomist@gmail.com, <sup>3</sup>olbraun58dds@ukr.net  
ORCID: <sup>1</sup>0000-0003-0387-4603, <sup>2</sup>0000-0002-2957-5487, <sup>3</sup>0000-0002-8128-8485*

Надійшла 16.06.2020

**Мета.** Визначити якісні та кількісні характеристики буферності ґрунтів Донецької області до важких металів (ВМ). **Методи.** Дослідження проводили на території Донецької області у 2016 – 2018 рр. Використано методи: польовий, лабораторний, розрахунково-порівняльний і математичної статистики. **Результати.** Досліджено властивості ґрунтів, які визначають їх буферність до ВМ. Ґрунти Донецької області переважно нейтральні, для основної їх частини (92,8%) показники вмісту гумусу коливаються від підвищеного до дуже високого, що формує достатньо високу буферність до забруднення ВМ (середній уміст гумусу по районах області – 3,8 – 4,6%). Оцінювання буферності до ВМ за шкалою В.Б. Ільїна показало, що чорноземи звичайні середньо- і малогумусні, які найбільш поширені на території області, мають 37 балів і характеризуються підвищеною буферністю. Чорноземи щебенюваті та солонцюваті мають 27,5 і 30 балів відповідно, що вказує на середню буферність. Експериментально виявлено, що в зоні впливу породних відвалів вугледобування уміст рухомих ВМ також залежить від буферної здатності ґрунту. Чорноземи щебенюваті порівняно з чорноземами звичайними середньогумусними містять майже удвічі більше свинцю і кадмію у рухомій формі. Виявлено значну частку впливу рН на формування буферності: для чорнозему щебенюватого вона однакова з часткою фізичної глини і становить близько 36%. Частка участі гумусу і полуторних оксидів для досліджених типів ґрунту перебуває у межах 11,7 – 13,5% і 13,3 – 18,9% відповідно. При віддаленні від джерела забруднення уміст ВМ зменшувався незалежно від типу ґрунту. **Висновки.** Буферність ґрунтів Донецької області до важких металів оцінюється від 27,5 до 37 балів. Чорноземи звичайні характеризуються підвищеною буферністю, чорноземи щебенюваті та солонцюваті – середньою. Отримані результати дають можливість оцінювати ризики забруднення рослинної

**продукції ВМ і прогнозувати вирощування екологічно безпечної продукції у регіонах високого техногенного тиску.**

**Ключові слова:** реакція середовища, гумус, буферність ґрунту, вміст рухомих форм важких металів.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202009-07>

Однією із найважливіших проблем сучасної екології є зростання забруднення довкілля важкими металами (ВМ). Це призводить до порушення екологічної рівноваги та впливає насамперед на ґрунт і рослини, оскільки вони є основними акумуляторами ВМ. Усе це створює передумови до значного накопичення рухомих форм важких металів у ґрунті та рослинах і їх міграції трофічними ланцюгами живлення. Тому стан і поведінка в ґрунтах ВМ, які впливають на родючість ґрунту й екологічну безпеку рослинної продукції, є однією із актуальних агроекологічних проблем сьогодення.

Цій проблемі присвячені праці багатьох вітчизняних і зарубіжних учених, зокрема, А.І. Фатєєва, С.А. Балюка, М.М. Мірошніченка, Н.А. Макаренко, А. Кабата-Пендіас, М.А. Глазовської, В.Б. Ільїна та ін. Установлено, що ступінь токсичності забруднених ВМ ґрунтів визначається не так валовим умістом, як рухомими формами, які беруть участь у біогенній міграції [1–6]. Показано, що важкі метали накопичуються у різних компонентах органічної речовини ґрунтів [6].

Збитки агроecosystem від важких металів значною мірою залежать від властивостей ґрунту — в основному від тих із них, які впливають на рухливість ВМ. Одним із найважливіших показників ґрунту є його буферність — стійкість до різних видів навантажень і здатність до відновлення. Чорноземи, як відомо, характеризуються значною буферністю до ВМ. Водночас для цього типу ґрунтів у зв'язку з високою ємністю ґрунтово-геохімічних бар'єрів зростає небезпека прогресивного накопичення ВМ у гумусовому шарі [7]. Верхні гумусові горизонти міцно фіксують ВМ. Небезпека полягає у тому, що хімічне забруднення тривалий час може не виявлятися внаслідок буферності ґрунту й одночасно бути потужним фактором руйнування біосфери загалом.

Природа буферності ґрунтів до ВМ

зумовлена характером їх взаємодії із компонентами ґрунтів. Для оцінювання буферності ґрунтів до забруднення ВМ В.Б. Ільїн розробив шкалу буферності [8]. А.І. Фатєєв для прогнозування ступеня доступності елементів запропонував використовувати відомості про співвідношення гумінових і фульвокислот [7]. Незважаючи на значну кількість досліджень щодо забруднення ґрунтового покриву важкими металами, лишаються недостатньо висвітленими питання поведінки і форм існування ВМ для чорноземів у південно-східній зоні Степу України. Не розглянуто буферні властивості ґрунтів — реакції ґрунтового розчину, кількість органічної речовини тощо. Адже чим нижчі ці показники, тим більшу небезпеку становлять ВМ.

Аналіз літературних джерел [4–10] свідчить, що тип ґрунту, фізико-хімічні властивості впливають на його буферність, що зумовлює уміст рухомих форм ВМ і їх міграцію у рослини. Особливу увагу треба приділяти цим питанням в індустріальних регіонах із високим рівнем техногенного навантаження.

*Наукова новизна* досліджень полягає у вивченні регіональних особливостей міграційної активності ВМ із урахуванням буферних властивостей ґрунтів у зонах локального техногенного забруднення.

**Мета досліджень** — визначити якісні і кількісні характеристики буферності ґрунтів Донецької області до важких металів.

**Матеріали та методи.** Дослідження проводили на території Донецької області у 2016–2018 рр. У ґрунтах сільгоспугідь досліджували вміст важких металів: міді, цинку, свинцю і кадмію. Відбір зразків ґрунту у районах із різними рівнями забруднення проводили методом конверта відповідно до діючих вимог і рекомендацій з урахуванням рози вітрів щодо джерела надходження токсикантів. Фізико-хімічні властивості ґрун-

тів визначали за загальноприйнятими в агрохімії методами [10]. Рухомі форми ВМ екстрагували з ґрунту амонійно-ацетатним буферним розчином з рН 4,8. Для оцінки ступеня забруднення ґрунту використовували фоновий вміст ВМ [11].

Рівні вмісту хімічних елементів (міді, цинку, свинцю і кадмію) у досліджених зразках визначали атомно-абсорбційним методом на приладі С-115М.

Основні методи досліджень: польовий, лабораторний, вимірювальний, розрахунково-порівняльний і математичної статистики.

**Результати досліджень.** У ґрунтовому покриві Донецької області домінують чорноземи, які становлять близько 74% від усієї площі сільськогосподарських угідь області та мають високу потенційну родючість. Основний фонд орних земель області — це чорноземи звичайні середньо- та малогумусні на лесах і лесовидних породах важкосуглинкового та легкосуглинкового гранулометричного складу. Потужність ґрунтового профілю у них становить 65–85 см, а поверхневого гумусового горизонту — 35–40 см.

Важливою властивістю ґрунту для оцінки його буферності щодо ВМ є реакція середовища, оскільки при зміні кислотно-лужних умов ВМ поведуться по-різному. У багатьох із них при зростанні лужності рухливість зменшується (Zn, Cd, Pb, Cu, Co), у деяких, наприклад, у молібдену (Mo) — збільшується. Ґрунти Донецької області характеризуються нейтральною реакцією ґрунтового розчину і в основному мають  $pH_{водн}$  6,8–7,1. Найнижчий показник зафіксовано у Лиманському районі —  $pH=5,9$ . Відомо, що і актуальна кислотність ґрунтів і їх буферність до забруднення важкими металами залежать від вмісту гумусових речовин. Вони утворюють міцні комплексні сполуки

з важкими металами, що є одним із важливих механізмів закріплення ВМ техногенного походження.

Уміст гумусу у ґрунтах Донецької області сільськогосподарського призначення коливається у широких межах — від 2 до 5,3%. Для половини (50%) ґрунтів сільгоспугідь області характерний високий (4,1–5%) показник гумусованості. Дуже високий вміст гумусу (>5%) мають ґрунти, що займають 11% площ ріллі. Майже третина (31,8%) площ ріллі має підвищений вміст (3,1–4%) гумусу. Найнижчим умістом гумусу характеризуються дерново-слабопідзолисті піщані та глиняно-піщані ґрунти в Лиманському районі (0,5–0,6%).

Аналіз отриманих даних показав, що ґрунти Донецької області переважно нейтральні, для їх основної частини (92,8%) показники вмісту гумусу коливаються від підвищеного до дуже високого, що є базою для формування достатньо високої буферності до забруднення ВМ.

Оцінка ризиків забруднення будь-якими токсикантами має базуватися на врахуванні буферності ґрунту, яка впливає на рухомість хімічних елементів і визначає їх доступність рослинам. Для ґрунтів у Донецькій області проведено кількісне оцінювання буферної здатності. Вивчено буферні властивості ґрунтів до ВМ, рухомих у кислому середовищі: цинку, міді, свинцю і кадмію. За результатами попередніх досліджень ці елементи є найбільш поширеними забруднювачами агроландшафтів на території Донецької області. Експериментальні дані за фізико-хімічними показниками ґрунтів наведено в табл. 1.

За бальною системою і градацією, розробленою В.Б. Ільїним [8], оцінювання ґрунтів Донецької області на основі отриманих

### **1. Компоненти, які визначають буферність до ВМ**

Тип чорнозему	Фізична глина, %	Гумус, %	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	pH
Звичайний середньогумусний на лесових породах	49,9	5,1	4,6	6,9
Звичайний малогумусний на лесових породах	53,7	4,3	4,1	7,0
Щебенюватий на основі пісковиків і сланців	33,6	2,9	2,1	6,8
Солонцюватий на важких глинах	57,7	3,5	2,7	6,5
НІР <sub>0,5</sub>	2,8	0,8	0,5	0,1

експериментальних даних показало, що як середньогумусні, так і малогумусні чорноземи звичайні мають підвищений ступінь буферності (37 балів). Чорноземи щебенюваті та солонцюваті відповідно до градації характеризуються середнім показником буферності (27,5 і 30 балів відповідно) (табл. 2).

Основними факторами, які сприяють інактивації важких металів у ґрунті є гумус, фізична глина, полуторні оксиди та реакція середовища.

Частка участі фізичної глини у формуванні буферності найбільша і коливається у межах 36,4–50% завдяки високій адсорбційній здатності глинистих мінералів. Найбільший унесок фізичної глини в буферність установлено для чорнозему солонцюватого на важких глинах.

Виявлена значна частка рН у формуванні буферності — 27–36,3%. Для чорнозему щебенюватого вона однакова з часткою фізичної глини і становить близько 36%. Частка участі гумусу і полуторних оксидів

для досліджених типів ґрунту перебуває у межах 11,7–13,5% і 13,3–18,9% відповідно.

Для ґрунтів із різною буферною здатністю, які знаходяться у зоні впливу породних відвалів вугледобування, було вивчено вміст рухомих форм ВМ залежно від відстані (табл. 3).

Дані табл. 3 свідчать, що при віддаленні від джерела забруднення вміст важких металів зменшувався незалежно від типу ґрунту, але інтенсивність цього зменшення була різною. На відстані 300 м концентрація міді та цинку в чорноземі звичайному зменшилася до фонових значень, у чорноземі щебенюватому — перевищила фон. Щодо свинцю і кадмію спостерігалось перевищення фонових значень. Для чорнозему звичайного фонові концентрації були перевищені для свинцю удвічі, для кадмію — у 2,8 рази. Чорнозем щебенюватий характеризувався значно більшим перевищенням фону. Вміст свинцю і кадмію перевищував фонові значення у 4 рази.

## 2. Оцінка буферності ґрунтів до ВМ

Чорнозем	Кількість балів, отриманих за рахунок					Сума балів	Градація буферності
	гумусу	фізичної глини	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	карбонатів	рН		
Звичайний середньогумусний	5	15	7	0	10	37	Підвищена
Звичайний малогумусний	5	15	7	0	10	37	Підвищена
Щебенюватий	3,5	10	4	0	10	27,5	Середня
Солонцюватий на важких глинах	3,5	15	4	0	7,5	30	Середня

## 3. Уміст рухомих форм ВМ у ґрунтах у зоні впливу породних відвалів вугледобування (шар 0–20 см)

Відстань, м	Уміст, мг/кг							
	Чорнозем звичайний середньогумусний				Чорнозем щебенюватий			
	мідь	цинк	свинець	кадмій	мідь	цинк	свинець	кадмій
50	0,83	1,89	5,21	0,47	0,91	2,12	6,53	0,62
100	0,65	1,70	3,63	0,38	0,81	1,85	4,95	0,54
200	0,54	1,50	2,51	0,34	0,70	1,70	4,23	0,48
300	0,47	1,33	1,72	0,28	0,65	1,68	3,63	0,40
НІР <sub>0,5</sub>	0,07	0,12	0,61	0,05	0,08	0,14	0,56	0,05

Незважаючи на середній і підвищений рівень буферності ґрунтів Донецького регіону, треба враховувати те, що хімічне забруднення важкими металами — най-

більш небезпечний вид деградації ґрунтового покриву, оскільки здатність ґрунтів до очищення від забруднення ВМ незначна.

## Висновки

Буферність ґрунтів Донецької області до ВМ оцінюється від 27,5-ти до 37-ми балів. Відповідно до градації чорноземи звичайні характеризуються підвищеною буферністю, чорноземи щебенюваті та солонцюваті мають середню буферність. Виявлено, що в зоні впливу породних відвалів вугледобування чорноземи щебенюваті містять майже вдвічі більше свинцю і кадмію у рухомій формі,

доступній рослинам, порівняно з чорноземами звичайними, що зумовлено різним рівнем буферних властивостей. Отримані результати дають можливість оцінювати ризики забруднення рослинної продукції важкими металами в зонах високого техногенного навантаження і прогнозувати вірогідність вирощування у цих умовах екологічно безпечної продукції.

**Konovalenko L.,<sup>1</sup> Vinyukov O.,<sup>2</sup> Bondareva O.<sup>3</sup>**  
Donetsk State Agricultural Science Station of NAAS, 1 Zakhysnykiv Ukrainy Str., Pokrovsk, Donetsk oblast, Ukraine, 85307; e-mail: <sup>1</sup>*l\_konovalenko\_l@ukr.net*, <sup>2</sup>*alex.agronomist@gmail.com*, <sup>3</sup>*olbraun58dds@ukr.net*; ORCID: <sup>1</sup>0000-0003-0387-4603, <sup>2</sup>0000-0002-2957-5487, <sup>3</sup>0000-0002-8128-8485

### Soil buffering of landscapes of Donetsk region before pollution by heavy metals

**Goal.** To determine the qualitative and quantitative characteristics of the buffering of soils of the Donetsk region to heavy metals (HM). **Methods.** The research was conducted in the Donetsk region in 2016–2018. **Methods:** field, laboratory, computational and mathematical statistics. **Results.** The properties of soils that determine their buffering to HM were studied. The soils of the Donetsk region are mostly neutral. For the main part of them (92.8%) the humus content varies from high to very high, which forms a fairly high buffering to HM contamination (average humus content in the region is 3.8–4.6%). Assessment of buffering to HM according to V. Iliin scale showed that typical medium and low-humus chernozems (which are most common in the region) had 37 points and were characterized by increased buffering. Crushed and solonetzic chernozems had 27.5 and 30 points, respectively,

which indicated to average buffering. It was experimentally found out that in the zone of influence of waste heaps of coal mining the content of mobile HM also depended on the buffering capacity of the soil. Crushed chernozems in comparison with typical medium-humus ones contain almost twice as much lead and cadmium in mobile form. A significant share of pH influence on the formation of buffering was revealed: for crushed chernozem, it was the same as the share of physical clay and it was about 36%. The share of humus and one and a half oxides for the studied soil types was in the range of 11.7–13.5% and 13.3–18.9%, respectively. When moving away from the source of pollution, the content of HM decreased regardless of soil type. **Conclusions.** Buffering of soils of the Donetsk region to heavy metals is estimated from 27.5 to 37 points. Common chernozems are characterized by increased buffering, crushed, and solonetzic chernozems — by the medium. The obtained results made it possible to assess the risks of contamination of plant products with HM and predict the cultivation of environmentally friendly products in regions of high man-made pressure.

**Key words:** reaction of environment, humus, soil buffering, content of mobile forms of heavy metals.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202009-07>

## Бібліографія

1. Бондарь В.І., Макаренко Н.А. Вплив технології вирощування пшениці озимої на процеси акумуляції і транслокації свинцю. *Біоресурси і природокористування*. 2019. № 11–12. С. 41–50. doi: 10.31548/bio2019. 01.005

2. Корсун С.Г., Довбаш Н.І., Клименко І.І. Продуктивність кукурудзи на зерно залежно від накопичення важких металів у ґрунті. *Агротехніка і ґрунтознавство*. 2015. Вип. 82. С. 75–80.



3. Фатєєв А.І., Лопушняк В.І. Вплив систем удобрення на рухомість кадмію в темно-сірому опідзоленому ґрунті західного лісостепу України. *Агрехімія і ґрунтознавство*. 2015. Вип. 82. С. 33–36.

4. Коноваленко Л.І., Бондарева О.Б., Вінюков О.О. Вплив буферної здатності ґрунтів на біоаккумуляцію важких металів пшеницею озимого у зоні впливу ТЕС. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 2. С. 65–70. doi: 10.33730/2310-4678.2.2019.184150

5. Корсун С.Г., Клименко І.І., Болоховська В.А., Болоховський В.В. Транслокація важких металів у системі «ґрунт — рослина» за вапнування та впливу біологічних препаратів. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 1. С. 26–35. doi: 10.33730/2077-4893.1.2019.163245

6. Паращенко І.В. Рухомість свинцю за профілем чорнозему типового та дерново-підзолистого ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 2. С. 33–37. doi: 10.33730/2077-4893.2.2018.157555

7. Фатєєв А.І., Семенов Д.О., Мірошніченко М.М., Ликова О.А., Смірнова К.Б., Шемет А.М. Співвідношення скг/сфк у ґрунтах України як показник рухомості мікроелементів. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 7. С. 16–19.

8. Ильин В. Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам. *Агрехимия*. 1995. № 10. С. 109–113.

9. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Москва, 1989. 493 с.

10. *Методи аналізів ґрунтів і рослин: методичний посібник*; за ред. С.Ю. Булигіна, С.А. Балюка, А.Д. Міхновської, Р.А. Розумної. Харків: Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського НААН, 1999. 160 с.

11. Самохвалова В.Л., Фатєєв А.І., Лучникова С. Еколого-геохімічна оцінка фонових рівнів вмісту різних форм мікроелементів ґрунту. *Вісник Львівського університету*. Серія біологічна. 2011. Вип. 55. С. 125–133.

## **ВІСТІ З НАУКОВИХ УСТАНОВ**

### **Визнання світового рівня українського ґрунтово-агрохімічного наукового напрямку**

На адресу Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» надійшло багато привітань із нагоди мого дня народження від колег, членів Президії НААН, директорів, співробітників наукових установ, закладів вищої освіти, фахівців органів центральної виконавчої влади та місцевого самоврядування. Сердечно і щиро вдячний всім за привітання і теплі слова до дня народження. Вважаю, що такі привітання — це не так данина поваги до моєї особи, як до того ґрунтово-агрохімічного напрямку наукової діяльності, яким я займаюсь уже близько 50 років.

Хочу відзначити, що останнім часом активна позиція фахівців і особливо міжнародні ініціативи відіграють провідну роль у поверненні питання охорони та збереження ґрунтів до порядку денного на глобальному рівні, приймаються відповідні конвенції, хартії, стратегії, програми. У реалізації цих ініціатив помітний внесок вітчизняних фахівців. Хочу запевнити, що я і надалі буду активно працювати над розв'язанням проблем, пов'язаних із охороною і раціональним використанням ґрунтів і збалансованим управлінням ґрунтовими ресурсами.

**С. Балюк,  
доктор сільськогосподарських наук,  
професор, академік НААН,  
директор ННЦ «Інститут ґрунтознавства  
та агрохімії імені О.Н. Соколовського»**