

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАТЕРАЛЬНОГО ТА РАДІАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ МАНГАНУ У ҐРУНТАХ М. ЖОВТІ ВОДИ

Гулько С.О.

Дніпровський державний технічний університет
вул. Дніпробудівська, 2, 51918, м. Кам'янське
goonko@gmail.com

У зв'язку з постійним підвищенням надходження важких металів у біосферу та ґрунт у результаті господарської діяльності людини актуальним є питання охорони навколишнього середовища, в тому числі й ґрунту. Відомо, що до ґрунту мangan надходить через мінеральні та органічні добрива, автотранспорт, електростанції, що спалюють вугілля; спалювання відходів, металобробну промисловість, підприємства чорної та кольорової металургії. Надходження металів у навколишнє середовище від техногенних джерел здійснюється за допомогою їх розсіювання у всіх середовищах екосистем. У статті наведено результати досліджень вмісту і розповсюдження мангану у природних і антропогенних ґрунтах м. Жовті Води. Встановлено, що вміст мангану в чорноземі звичайному коливається в межах від 19,2 до 97,4 мг/кг ґрунту в природних і антропогенних ґрунтах м. Жовті Води. З'ясовано докладний розподіл вмісту рухомих форм мангану по відповідним ґрунтовим горизонтам. Так, вміст марганцю у верхньому шарі ґрунту 0–15 см, свідчить про значне перевищення в ґрунтах ПП 3, порівняно з ПП 2, майже в 3,7 рази. Отримані дані вмісту мангану в природних і антропогенних ґрунтах м. Жовті Води шару 15–30 см свідчать про аналогічний характер поведінки металу, порівняно з шаром 0–15 см. Максимальну кількість марганцю відмічено у ґрунтах ПП 3, при чому спостерігається підвищення концентрації з глибиною шару ґрунту. Мінімальна концентрація мангану зафіксована у ґрунтах ПП 1, складає 21,3 мг/кг ґрунту, що майже в 4,6 раз менше у порівнянні з максимальним значенням. Аналіз даних результатів проведених досліджень показав: судячи з даних середнього вмісту рухомих форм мангану в ґрунтах м. Жовті Води, ґрунти ПП 2 – природні ґрунти з мінімальною концентрацією важкого металу – 23,15 мг/кг ґрунту, ґрунти ПП 3 – ґрунти, що максимально зазнають антропогенного впливу, містять концентрацію мангану 84,35 мг/кг, що в 3,6 раз перевищує мінімальне значення. *Ключові слова:* вміст мангану, екологічна характеристика, коефіцієнт концентрації, закономірності розподілу, техногенне забруднення.

The research of lateral and radial distribution of manganese content in the soils of Zhovti Vody. Hunko S.

In view of the constant entry of heavy metals into the biosphere and soils as a result of human economic activity the issue of environmental protection, including soil protection, is actually relevant. Its entry into soils occurs from mineral and organic fertilizers, automobile transport, coal-fired power station, waste incineration, metal-processing industry, ferrous and non-ferrous metal industries. The entry of metals into environment from technogenic sources accomplishes by means of a dispersion in the all environments of the ecosystem. The manganese content in ordinary chernozems (black soils) fluctuates from 19,2 to 97,4 mg/kg of soil. Consider more details about the dispersal of active manganese form content in certain soil horizons. The content of manganese in the top layer of soil 0-15 cm., indicates a significant excess of this chemical element in the soils in TS 3 by 3,7 times, comparing it with TS 2. The received data of the manganese content in natural and anthropogenic soils of Zhovti Vody, layer 15-30 cm., indicates a same behavior characteristic of this metal, comparing it with the top layer of soil 0-15 cm. The maximal amount of manganese indicated in the soils of TS 3, whereas an increasing of its content is being observed with a soil layer lowering. The minimal concentration of manganese was indicated in the soils of TS 1, which is 21,3 mg./kg. of soils. This value is less than maximal one by approximately 4,6 times. Analyzing the data of the results of the conducted researches, next conclusions were made: considering the average content of active manganese forms in the soils of Zhovti Vody, the soils of TS 2 are natural soils with the minimal concentration of heavy metal – 23,15 mg./kg. of soil, the soils of TS 3 are ones, which are maximally influenced with anthropogenic activity, and they content manganese in the amount of 84,35 mg./kg., exceeding the minimal value by 3,6 times. *Key words:* content of manganese, ecological description, lateral and radial distribution, concentration factor, regularity of dispersal, technogenic pollution.

Постановка проблеми. У зв'язку з постійним підвищенням надходження важких металів у біосферу та ґрунт у результаті господарської діяльності людини актуальним є питання охорони навколишнього середовища, в тому числі й ґрунту. Моніторинг важких металів у ґрунтах здійснюється як система з трьох взаємодіючих заходів: спостереження за станом важких металів (надходження, трансформація, виведення), оцінка цього стану та складання прогнозу. Розробка системи моніторингу викликає необхідність серед численних показників стану важких металів визначити найбільш чутливі, які дозволяють відмітити найбільш слабкі варіації

вмісту елементів у ґрунті утворені антропогенними факторами.

Актуальність дослідження. Одним з найбільш чутливих показників стану важких металів у ґрунті є рухомі форми металів, які надходять до трофічних ланцюгів за допомогою рослин. Саме тому вивчення вмісту мангану в ґрунті та рослинах є актуальним.

Результати роботи надали подальшу оцінку ґрунтів за вмістом мангану та дозволили підійти до складання вичерпної характеристики ґрунтів Придніпров'я (на прикладі м. Жовті Води), встановити попередні масштаби забруднення, пізнати шляхи перетворення ґрунтового покриву області за

вмістом Mn, за якими можуть відбуватись їх втрати та виведення з експлуатації; продемонструвати шляхи подальшого дослідження ґрунтів з метою створення заключної характеристики трофічного ланцюга ґрунт–рослина; допомогти надати прогноз стану марганцю в ґрунтах Придніпров'я [1].

Виклад основного матеріалу. Об'єктом наших досліджень виступили природні та антропогенні ґрунти м. Жовті Води, предметом – вміст і розповсюдження (латеральне та радіальне) мангану у природних і антропогенних ґрунтах м. Жовті Води.

Мета дослідження – вивчення вмісту та закономірностей латерального та радіального розповсюдження мангану в природних і антропогенних ґрунтах м. Жовті Води.

При виконанні роботи був застосований біогеоценотичний підхід, виразом якого є теорія В. М. Сукачова про біогеоценози [2]. В ході проведення наукових досліджень нами були застосовані загальнонаукові та спеціальні методи: польовий (відбір ґрунтових зразків), лабораторний (фізико-хімічний аналіз ґрунтів, визначення вмісту рухомих форм мангану), математичний (статистична обробка отриманих результатів – проводилась наступна математична обробка отриманих даних, при $P > 0,05$).

У роботі досліджувався вміст мангану в природних (умовно чистих степових біогеоценозах) і антропогенних (агроценозах) ґрунтах м. Жовті Води. На околицях м. Жовті Води було закладено три моніторингові райони – пробні площі (ПП), рис. 1. Проби ґрунту було відібрано на території адміністративних районів області.

Коротка характеристика кожної пробної площі досліджуваних районів м. Жовті Води представлена в табл. 1.

ПП 1 розташована в заміській зоні в 4 км південніше центральної частини міста. Являє собою два водоймища, розділених дамбою. Ґрунтовий розріз закладений на південному березі водоймища.

Тип біогеоценозу – різнотравно-кострицево-ковилевий степ. В травостой полин гіркий та австрійський, лобода татарська, костриця Беккера, василька розкидиста, молочай степовий, тисячолісник звичайний. Зволоження – атмосферне. Ґрунтові води розташовані на одному рівні з рівнем водоймища.

Ґрунт – чорнозем звичайний, карбонатний, малогумусний, середньосуглинистий на лесовидних суглинках.

ПП 2 розташована в 4 км на північ від м. Жовті Води, на березі водоймища, яке використовується для зрошення.

На берегах водоймища проводилась лісова рекультивація. Ґрунтовий розріз закладений на степовій цілині.

В травостой лапчатка прямостояча, полин австрійський, тисячолісник звичайний, тонконог витончений, шавлія степова. Ґрунт – чорнозем звичайний, малогумусний, середньосуглинистий на лесовидних суглинках.

ППЗ – Гідрометалургійний завод (ГМЗ) розташований в 3 км від центра північно-західної частини міста. Ґрунтовий розріз був закладений на степовій цілині в районі прохідної ГМЗ.

Тип біогеоценозу – різнотравно-кострицево-ковилевий степ. В травостой пирій повзучий, тонконог



Рис. 1. Карта розташування моніторингових районів м. Жовті Води

Таблиця 1

Коротка фізико-географічна характеристика досліджуваних ґрунтів м. Жовті Води

Моніторинговий район	Координати пробних площ	Альтитуда, м
ПП 1	48°18'32"N 33°29'16"E	130
ПП 2	48°22'42"N 33°28'48"E	148
ПП 3	48°22'03"N 33°29'10"E	150

витончений, мятлик однорічний, подорожник ланцетолистий, костриця борозчата. Тип зволоження – атмосферне. Рівень залягання ґрунтових вод 10–15 м.

Ґрунт – чорнозем звичайний, малогумусний, середньосуглинистий на лесовидних суглинках.

Тверда фаза ґрунтоутворюючих порід і ґрунтів містить в своєму складі частки різної розмірності – механічні елементи. Вони мають органічний, мінеральний та органо-мінеральний генезис і представлені уламками гірських порід, окремими зернами мінералів, гумусових речовини, сполук органічних і мінеральних речовин. Від механічного складу ґрунтоутворюючих порід і ґрунтів у великій мірі залежить інтенсивність великої кількості ґрунтоутворюючих процесів, які пов'язані зі трансформацією, переходом і акумуляцією органічних і мінеральних сполук у ґрунті. Внаслідок однакових природних умов з породами різного механічного складу утворюються ґрунти з неоднаковими властивостями та гранулометричним складом, механічний склад ґрунтів м. Жовті Води представлено в табл. 2.

Еколого-генетичний статус досліджуваних ґрунтів міста Жовті Води за гранулометричним складом відноситься до середньосуглинистих – ПП 1 та супіщаних – ПП 2, ПП 3.

Правильність візуального (по забарвленню) виділення новоутворень можливо перевірити додатковими способами, наприклад: карбонатні новоутворення встановлюються не тільки своїм білуватим забарвленням, але і скипанням від впливу на них 10%-ного розчину соляної кислоти (HCl); гіпсові новоутворення мають також білувате забарвлення, але не реагують на соляну кислоту, однак мають солонувато-гіркуватий присмак.

Ґрунтова маса всіх горизонтів (підгоризонтів), що не містить новоутворення, піддається обробці крапельним шляхом 10%-вим розчином соляної кислоти (HCl) для перевірки на вміст карбонатних солей (просочення ґрунтової маси карбонатними солями). Відзначається різний ступінь скипання від дії розчину кислоти (табл. 3). Чим сильніше скипання, тим більше концентрація карбонатних солей у зразку ґрунтової маси.

В районі Жовтих Вод ведеться видобуток уранових руд, за рахунок чого можливе забруднення ґрунтів важкими металами.

Ґрунт є досить специфічним компонентом біосфери, оскільки він не тільки накопичує різні забруднюючі компоненти, але й виступає як природний буфер [3], що контролює перерозподіл хімічних елементів і сполук в атмосферу, гідросферу та живу речовину. Важкі метали, що накопичуються в ґрунтах, достатньо повільно видаляються при вилугуванні, використанні рослинами, ерозії та інше [5, 6]. Рослини можуть накопичувати важкі метали в тканинах або на поверхні органів, тому вони є проміжною ланкою через яку важкі метали потрапляють з ґрунту, частково з води та повітря до організму людини та тварин [4].

Ґрунт має величезне значення в утилізації, знешкодженні рідких і твердих відходів. У цьому процесі приймає участь величезна кількість мікроорганізмів, простіших багатокліткових та інших мешканців ґрунту. В результаті їхньої життєдіяльності в ґрунті відбувається розпад органічних речовин на нешкідливі для людини і корисні для рослин мінеральні солі, вуглекислоту і воду. Такий процес самоочищення порушується або під впливом при-

Таблиця 2

Механічний склад ґрунтів м. Жовті Води

Пробна площа	Найменування ґрунту	Горизонт, см	Скипання	Назва ґрунту за механічним складом
ПП 1	Чорнозем звичайний	0–5	+	Середній пилуватий суглинок
		15–30	+	
ПП 2	Чорнозем звичайний	0–15	+	Легкий супіщаний суглинок
		15–30	+	
ПП 2	Чорнозем звичайний	0–15	+	Легкий супіщаний суглинок
		15–30	+	

Таблиця 3

Ступінь і характер скипання зразка ґрунтової маси від дії на нього 10%-го розчину соляної кислоти (HCl) (за Е.А. Корнблюму та ін., 1982)

Ступінь скипання	Характер скипання
не скипає	бульбашки CO ₂ не виділяються
слабке скипання	виділяються розрізнені бульбашки CO ₂
середнє скипання	бульбашки CO ₂ утворюють суцільний, загалом однарусний, шар на поверхні зразка ґрунтової маси
сильне скипання	бульбашки CO ₂ утворюють суцільний багаторусний шар на поверхні зразка ґрунтової маси

родно-кліматичних умов, або в результаті антропогенного забруднення [8].

У роботі досліджувався вміст мангану в умовах природних (чистих степових біогеоценозів) і антропогенних (агроценозах) Дніпропетровської області (на прикладі м. Жовті Води).

Досліджувався чорнозем звичайний. Для вилучення рухомих форм Мп нами було застосовано ацетатно-амонійну витяжку ґрунту ($pH = 4,8$). Це зумовлено тим, що відповідне значення pH підтримується в зоні кореневої системи в більшості рослин, тому саме при цьому значенні метали потрапляють у ланцюг живлення. Ґрунтовий матеріал було підготовлено у відповідності до методики визначення мікроелементів у ґрунтах [7]. Результати аналізу представлено в табл. 4.

Вміст мангану в чорноземі звичайному коливається в межах від 19,2 до 97,4 мг/кг ґрунту.

Аналізуючи дані результатів проведених досліджень, можна зробити висновки: судячи з даних середнього вмісту рухомих форм мангану в ґрунтах м. Жовті Води, ґрунти ПП 2 – природні ґрунти з мінімальною концентрацією важкого металу – 23,15 мг/кг ґрунту, ґрунти ПП 3 – ґрунти, що максимально зазнають антропогенного впливу, містять концентрацію мангану 84,35 мг/кг, що в 3,6 раз перевищує мінімальне значення.

Ґрунти, завдяки своїй високій поглинальній здатності, є депонуючим середовищем. В урбанізованих територіях вони виконують важливу роль біогеохімічних бар'єрів на шляху техногенних потоків. В ґрунтово-хімічному моніторингу важливою скла-

довою є виявлення геохімічних аномалій – ділянок, в межах яких фіксуються відмінні від фонових параметри розподілу важких металів [3, 4].

Оцінити поведінку елемента у ґрунтовому горизонті дає змогу коефіцієнт співвідношення ґрунт – порода: якщо цей коефіцієнт дорівнює менше нуля, то можна судити про винесення, або вимивання елемента, якщо дорівнює 1, то будь-який перерозподіл відсутній, і якщо він становить більше 1, то говорять про акумуляцію слідового елемента в верхньому шарі ґрунту. Ступінь акумуляції мангану в ґрунтах м. Жовті Води представлений на рис. 2.

Встановлено, що не у всіх досліджених у роботі пробних ділянках м. Жовті Води відбувається накопичення мангану в ґрунтах, коефіцієнт співвідношення ґрунт-порода тут коливається в межах від 1,4 до 0,7 ум. од, тобто відмічається як акумуляція металу, так і його винесення.

Доведене інтенсивне накопичення мангану у верхньому ґрунтовому горизонті умовно чистих степових біогеоценозів ПП 1 ($K_{\text{сп}}=1,4$), у досліджуваних ґрунтах відбувається значне накопичення металу у верхньому гумусовому горизонті 0–15 см. Найбільш інтенсивне винесення мангану з верхніх ґрунтових горизонтів спостерігається у ґрунтах степу ПП 2 та ПП 3 ($K_{\text{сп}}=0,7$) та ($K_{\text{сп}}=0,7$) відповідно.

Головні висновки. Встановлено, що у ґрунтах ПП 1 прослідковується тенденція накопичення мангану, розподіл мангану по ґрунтовому профілю ПП 2, ПП 3 характеризується процесом винесення як в антропогенних, так і в природних ґрунтах. Винесення мангану з верхнього гумусового гори-

Таблиця 4

Міграція мангану (рухома форма) у природних і антропогенних ґрунтах м. Жовті Води

Моніторинговий район	Найменування ґрунту	Тип ландшафту	Ґрунтовий горизонт, см	Концентрація мангану, мг/кг ґрунту
ПП 1	чорнозем звичайний	степ	0–15	29,7
			15–30	21,3
ПП 2	чорнозем звичайний	степ	0–15	19,2
			15–30	27,1
ПП 3	чорнозем звичайний	степ	0–15	71,3
			15–30	97,4

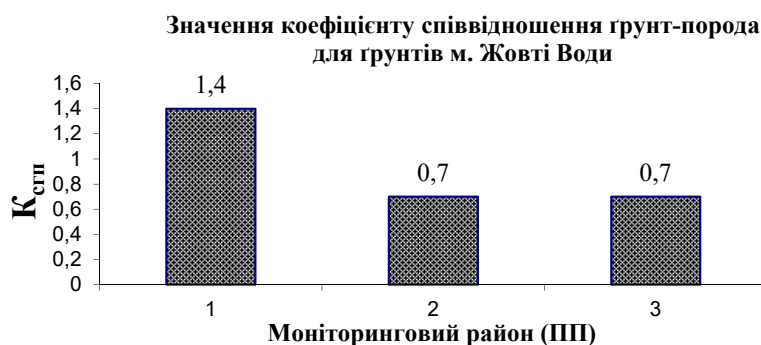


Рис. 2. Ступінь акумуляції мангану у ґрунтах м. Жовті Води

зонт, можливо, пояснюється його вимиванням в результаті поливу, або поглинанням рослинами у дуже малих кількостях. Акумуляція Mn у верхніх ґрунтових горизонтах, за нашими дослідженнями, відбувається під впливом природних і антропогенних факторів. Дані коефіцієнту свідчать про акумуляцію мангану у верхньому шарі ґрунту, що з великою долею ймовірності підтверджує його антропо-техногенне надходження.

Результати роботи надали попередню оцінку ґрунтів за вмістом марганцю та дозволили підійти до складання вичерпної характеристики ґрунтів м. Жовті Води за вмістом марганцю, встановити попередні масштаби забруднення ґрунтів, при яких може відбуватися їх втрата або вибування з експлуатації на довгі строки. Показано шляхи подальшого дослідження ґрунтів з метою створення кінцевої характеристики трофічного ланцюга ґрунт – рослина.

Література

1. Гунько С.О., Володько Д.А. Міграція мангану в ґрунтах біогеоценозів степового Придніпров'я (на прикладі Дніпропетровської області). *Екологічні науки*. 2021. 6 (39). С. 133–136.
2. Сукачов В.Н. Основные понятия лесной биогеоценологии М.: Наука. 1964. С. 5–68.
3. Gunko S.O., Tsvetkova N.M., Neposhivaylenko N.O. The interpolation of cadmium in soils urbanized territory of steppe Dnieper region using geoinformation modeling methods. *Biosystems Diversity*. 2018. 26(2). 145–153. doi: 10.15421/011823
4. Гунько С.О. Закономірності розподілу кадмію в едафотопях урбанізованих територій м. Кам'янське : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.16 «Екологія» / Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, 2021. URL: http://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/dissertations/D08.051.04/dissertation_606016a359ebb.pdf
5. 33. Obrador A., Alvarez J.M., Lopez-Valdivia L.M., Gonzalez D., Novillo J., Rico M.I. Relationships of soil properties with Mn and Zn distribution in acidic soils and their uptake by a barley crop. *Geoderma*. 2007. Vol. 137. P. 432–443.
6. 34. Peiyue L., Qian H., Howard K.W.F., Wu J., Lyu X. Anthropogenic pollution and variability of manganese in alluvial sediments of the Yellow River, Ningxia, northwest China. *Environ. Monit. Assess.* 2014. Vol. 186(3). P. 1385–1398.
7. Костишин С.С., Руденко С.С., Морозова Т.В. Основи загальної екології: практичний курс. Чернівці: Книги, 2008. 238 с.
8. Акимов Т.А., Хаскин В.В. Экология. М.: ЮНИТИ, 1998. 445 с