

## ЕКОЛОГІЯ

УДК 631

Шейко В.І. <http://orcid.org/0000-0001-7932-4478>,  
Кучменко О.Б. . <http://orcid.org/0000-0002-3021-8583>,  
Гавій В.М. . <http://orcid.org/0000-0002-2804-0456>,  
Пасічник С.В. . <http://orcid.org/0000-0002-5225-0058>,

### ХІМІЧНИЙ СКЛАД ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ – ІНДИКАТОРИ ЇХНЬОЇ РОДУЧОСТІ ТА ЗАБРУДНЕННЯ

Огляд

© Шейко В.І., Кучменко О.Б., Гавій В.М., Пасічник С.В.

*Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, кафедра біології*

[interlivcin@ukr.net](mailto:interlivcin@ukr.net)

<https://doi.org/10.34142/2708-5848.2023.25.1.06>

Ґрунти – це складні комплекси, в яких дисперсне середовище є твердим, а дисперсна фаза може бути тверда, рідка та газоподібна. Ґрунти класифікують за походженням, хімічним складом та фізико-хімічними властивостями. На родючість ґрунту впливають його склад, наявність і товщина гумусового шару, а також вміст органічних і мінеральних речовин. Так, зі зростанням процесу індустріалізації також збільшилась інтенсивність забруднення ґрунтів органічними речовинами та мінеральними компонентами, що негативно впливає не тільки на урожайність сільськогосподарських культур, а може бути причиною гострого отруєння і накопичення в організмі людини, тварин та рослин токсичних сполук.

Для якісного та кількісного аналізу ґрунтів застосовують методи аналітичної хімії, мас-спектрометрії, елементного аналізу та спектроскопічні методи, зокрема FTIR спектроскопії. При цьому перелічені методи використовують як для первинного аналізу складу ґрунту, так і для діагностики в динаміці. Підвищений вміст певних елементів у ґрунті може бути результатом не тільки сучасного забруднення, а і результатом антропогенного навантаження в історичній ретроспективі. Забруднення ґрунтів важкими металами є досить актуальною проблемою сільського господарства, біології, медицини та антропології. Важкі метали, які потрапляють із ґрунту в органи рослин, пил мають негативне значення для загального стану здоров'я людства. Для антропології важкі метали мають як негативний, так і якісно-лакмусовий характер. Стосовно останнього значення для антропології за цим показником можна судити про рівень розвинутості виробництва та ступінь його екологічності, а також має опосередковану характеристику щодо утворення так званих культурних шарів ґрунту. У роботі розглянуто основні типи і класифікацію ґрунтів, описано причини зміни якісного складу ґрунтів, методи їх дослідження та роль лікарських рослин у процесі фітореMediaції як способі очистки ґрунтів від важких металів.

**Ключові слова:** хімічний склад ґрунту, фізико-хімічні властивості ґрунтів, родючість, тип ґрунту, спектроскопічні методи, класифікація ґрунтів.

Ґрунт – гетерогенна система, що складається із мінеральних та органічних компонентів та містить три фази: тверду, рідку та газоподібну. Структура і склад ґрунту є визначальним чинником урожайності, тому детально вивчається вплив фізико-хімічного складу різних типів ґрунтів на ріст і розвиток рослин.

Ґрунти класифікують за їх хімічними та фізичними властивостями: розмір і характер твердої фази та хімічний склад. За міжнародною класифікацією ґрунтів, розглядають епідеон і підповерхневий горизонт [25]. Так, епідеон – поверхневий шар ґрунту, який може мати декілька

підшарів і характеризується вмістом органічної речовини, яка потрапила у цей ґрунт за рахунок життєдіяльності живих організмів. Так, в межах епідеону, виділяють шість основних типів ґрунтів: м'який, антропічний, умбрічний, гістичний, плаггіновий, охристий. М'який ґрунт збагачений гумусом та мінеральними компонентами, має темний колір. Антропічний ґрунт схожий до ґрунту першого типу, але модифікований через постійну людську діяльність. Умбрічний ґрунт характеризується темним кольором, має низький рівень рН. Для гістичного ґрунту характерна наявність залишків органічних

тканин, також торф. Також ґрунт цього типу насичений водою. Плаггінний ґрунт є штучним, створений шляхом тривалого перегнивання органічної речовини, товщиною не більше 50 мкм. Охристий ґрунт характеризується низьким вмістом гумусу, має світлий колір та є масивним, коли сухий. Підповерхневі ґрунти також класифіковані на підтипи, при цьому, вони поділяються на групи відповідно до наявності діагностичних горизонтів даної місцевості, в межах їх виділяють 11 порядків [22].

Так, перший тип ґрунтів – альфісоли, широко поширені ґрунти в Західній Європі, часто дуже родючі та багаті на гумус. Андісоли – ґрунти вулканічного походження, що містять велику кількість органічної речовини і мають високу властивість йонної абсорбції. Ґрунти цього типу мають високий ризик ерозії при неналежному догляді. Андісоли зустрічаються у гірських районах Нової Зеландії, Східної Африки, на півдні Азії та у Центральній Америці. Третій тип ґрунтів – аридизоли. Ґрунти цього типу характерні для посушливих регіонів і тому несприятливі для культивування рослин без належного режиму зрошування. Аридизоли також характеризуються високим вмістом натрію, що є причиною токсичності для рослин і до того ж, високий вміст йонів натрію призводить до агрегації ґрунту, їх ущільнення [14].

Четвертий тип ґрунтів – ентизоли, є ґрунтами, що збіднені на органічні речовини. Ґрунти цього типу мають низьку здатність до утримування води та притаманні холодним і пустельним регіонам. Гістозоли, ж, на відміну, від ентизолів, є багатими на органічні речовини та притаманні болотним місцевостям. Гістозоли вміщують відмерлі рештки рослинних та тваринних тканин і бувають як кислими, і тоді містять меншу кількість органічних решток, так і лужними, і тоді органічні речовини знаходяться в гістозолах цього типу у великій кількості. Для гістозолоів характерний вміст вуглецю органічного походження більше, ніж 12% [1, 6].

Шостий тип ґрунтів, інсептизоли, збіднені на гумус, тому є складними у культивуванні і потребують ретельної обробки та зрошення. Так, ґрунти цього типу притаманні регіонам Амазонії, Південних Азії та Америки і зоні Сахель в Африці. Ці ґрунти без належного зрошення піддаються вітровій ерозії. Сьомий тип ґрунтів, відповідно до класифікації, є молізолами. Ці ґрунти поширені на луках Євразії, Аргентини та частині Північної Америки. Ці ґрунти багаті на гумус, що робить їх придатними для землекористування, проте без належного водного режиму такі ґрунти піддаються вивітрюванню. Оксизоли – ґрунти, що мають високий вміст оксидів заліза та алюмінію, завдяки чому їм притаманний червонуватий або жовтуватий колір. Ці ґрунти є поширеними в екваторіальних регіонах і характеризуються швидкою еволюцією через часту зміну рослинності. Для оксизолів також характерна наявність більшої кількості органічних речовин, порівняно із мінеральними, до того ж для них притаманне явище вимивання мінеральних речовин, що може бути причиною недостачі мінерального живлення для культивованих рослин. Сподозоли – дев'ятий тип ґрунтів, є кислими ґрунтами, для яких характерний високий вміст органічних речовин, особливо рослинних решток. Завдяки високому рівню кислотності ці ґрунти є непридатними для сільськогосподарських цілей, поширені в помірному та прохолодному кліматі. Ультізони – глинисті ґрунти, що мають низький вміст органічних речовин, високий рівень кислотності та притаманні вологим регіонам. Вертізони – ґрунти, що також містять глинисті включення. При цьому вертізони стають крихкими при висиханні і сильно збільшуються в об'ємі при адсорбції води. Ґрунти цього типу багаті на поживні речовини органічного та мінерального походження, що робить їх придатними для сільського господарства [5, 18, 21].

Для України характерна неоднорідність у ґрунтового покриві. Для Полісся притаманні дерново-підзолисті ґрунти, які є кислими ґрунтами із невисоким вмістом

гумусу. Дерново-оглеєні ґрунти мають високий вміст гумусу у складі, а дерново-карбонатні – середню кількість гумусу в складі та нейтральні значення рН. Для зони лісостепу характерні сірі лісові ґрунти, чорноземи опідзолені, чорноземи вилугувані, чорноземи реградовані, чорноземи типові. Сірі лісові ґрунти мають кисле значення рН і вміст гумусу близько 2.5%. Для чорноземів опідзолених характерне глибоке вимивання карбонатів, що «скипають» в породі на глибині 120-140 см. Чорноземи типові займають 35% загальної площі лісостепової зони і становлять 54.6% її орних земель. Це найродючіші ґрунти, що сформовані на лесових породах під лучними степами і характеризуються потужним гумусним горизонтом (0.6-1.2 м). Лучно-опідзолені чорноземи характеризуються високим вмістом вологи через близьке розташування підґрунтових вод і високий вміст гумусу. Для степової зони України характерні чорноземи звичайні, чорноземи південні, каштанові ґрунти, що відрізняються інтенсивністю гумусового шару, гідротермічними властивостями та складом дисперсної фази [4, 11].

В регіоні Сухого Степу здебільшого поширені темно-каштанові та каштанові солончаки. Ці ґрунти мають різний вміст гумусу, що є найбільшим у каштанових ґрунтів [10].

Для сільськогосподарських потреб ґрунти мають бути не тільки оптимальні за вмістом гумусу, мінеральних речовин, мати підходящий рівень рН, а і бути чистими від органічних забруднювачів і катіонів важких металів. Збільшення урожайності сільськогосподарських угідь може відбуватись шляхом внесення більшої кількості добрив, що мають здатність накопичуватись у ґрунті і чинити довготривалий ефект [2, 17].

Небезпеку для людини та тварин становлять також іони важких металів, що потрапляють у ґрунт через атмосферу або пряме фізичне забруднення. Найбільшу роль у забрудненні ґрунтів важкими металами відіграють процеси удобрення, потрапляння осадів стічних вод. В атмосфері іони важких металів переважно знаходяться у сталому ступені окиснення.

Так, наприклад, для металів Be, Cd і Pb ступінь окиснення складає +2. Індустріальні процеси пришвидшили час колообігу важких металів в ґрунті і спричинили їх накопичення у більшому об'ємі. У забруднених ґрунтах найчастіше зустрічаються іони Pb(2+), Cr(3+), As(2+), Zn(2+), Cd(2+), Cu(2+), Hg(2+) та Ni(2+) [13].

Також, збільшення вмісту іонів важких металів у ґрунтах з археологічних пам'яток, порівняно з нормою, теж спричинене антропогенним навантаженням. Так, вміст іонів Цинку, Купруму є результатом людської життєдіяльності протягом довгого часу. Наявність одночасно підвищеної концентрації Р, К, Mg свідчить про наявність вогнищ. На місцях фарбованих будівель знаходять важкі метали у підвищених концентраціях. На територіях, де були присутні ремісничі майстерні із виготовлення металевих виробів (плавлення, обробка металу), знаходять мідь, свинець, марганець у підвищених концентраціях. Для органічних решток, місць поховань, вигрібних ям характерна наявність стронцію, кальцію, фосфору. А хром і ванадій у підвищених концентраціях, є результатом обробки рослинної сировини [15, 16, 28].

Для якісної та кількісної ідентифікації органічних речовин, яка входять до складу ґрунту, використовують хімічні методи кількісної хімії, елементний аналіз, а також Мас-спектрометрію та FTIR-спектроскопію [3, 23, 27, 29, 20].

Забруднення ґрунтів важкими металами є досить актуальною проблемою сільського господарства, біології, медицини та антропології. Важкі метали, які потрапляють із ґрунту в органи рослин, мають негативне значення для загального стану здоров'я людства. Для людини важкі метали мають як негативний вплив, так і відіграють роль кількісних показників, за величиною яких роблять висновки про різноманітні властивості досліджуваних об'єктів [12, 24, 26]. Стосовно останнього значення для антропології за цим показником можна судити про рівень розвиненості виробництва та ступінь його

екологічності, а також має опосередковану характеристику щодо утворення так званих культурних шарів ґрунту [19, 24]. На рослинних організмів іони важких металів мають негативний вплив на проростання насіння та подальший розвиток і ріст надземних і підземних частин рослини. Так, одним із негативних ефектів, спричинених іонами важких металів, є індукція окисного стресу, що має ланцюговий характер [7, 8].

Для захисту від надмірного впливу йонів важких металів рослини виробили стратегії захисту клітин та тканин, а також

## REFERENCE

1. Batey T. (2009) Soil compaction and soil management—a review. *Soil use and management*. 25(4): 335–345. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2009.00236.x>
2. Blum W. E. H. (2005) Functions of Soil for Society and the Environment. *Rev Environ Sci Biotechnol*. 4: 75–79. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-005-2236-x>
3. Chan C.-K., Pavlović N. M. Chan W. (2019) Development of a novel liquid chromatography-tandem mass spectrometric method for aristolochic acids detection: Application in food and agricultural soil analyses. *Food chemistry*. 289: 673-679. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.073>
4. Datsenko V. (2022) Physical and chemical properties of soils in Kharkiv (Ukraine). *Environmental Monitoring and Assessment*. 194(3): 163. DOI: 10.1007/s10661-022-09827-7
5. Delgado-Baquerizo M., Reich P. B., Bardgett R. D., Eldridge D. J., Lambers H., Wardle D. A., Reed S. C., Plaza C., Png G. K., Neuhauser S., Berhe A. A., Hart S. C., Hu H.-W., He J.-Z., Bastida F., Abades S., Alfaro F. D., Cutler N. A., Gallardo A., García-Velázquez L., Hayes P. E., Hseu Z.-Y., Pérez C. A., Santos F., Siebe C., Trivedi P., Sullivan B. W., Weber-Grullon L., Williams M. A., Fierer N. (2020) The influence of soil age on ecosystem structure and function across biomes. *Nature Communications*. 11(1): 4721. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18451-3>
6. Duarte I. M. R., Rodrigues C. M. G., Pinho A. B. (2018) Classification of soils. In: Bobrowsky P. T., Marker B. (eds) *Encyclopedia of Engineering Geology*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-73568-9\_52
7. Goyal D., Yadav A., Prasad M., Singh T. B. (2020) Effect of heavy metals on plant growth: an overview. *Contaminants in agriculture: sources, impacts and management*. 79–101. DOI: 10.1007/978-3-030-41552-5\_4
8. Grimley D., Curry B. B., Nash T. A., Huot S. (2019) Comment on "Holocene loess in Illinois revealed by OSL dating: Implications for stratigraphy and archeology of the Midwest United States. *Quaternary Science Reviews*. 216: 116-118. DOI: 10.1016/j.quascirev.2019.06.008
9. Hlihor R. M., Roșca M., Hagi-Zaleschi L., Simion I. M., Daraban G. M., Stoleru V. (2022) Medicinal plant growth in heavy metals contaminated soils: Responses to metal stress and induced risks to human health. *Toxics*. 10(9): 499. DOI: 10.3390/toxics10090499.
10. Hranovska L., Morozov O., Pisarenko P., Vozhegov S. (2022) Ecological problems of irrigated soils in the south of Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology*. 57: 282–295. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-21>
11. Huggett R. J. (1998) Soil chronosequences, soil development, and soil evolution: a critical review. *Catena*. 32(3-4): 155–172. DOI: 10.1016/S0341-8162(98)00053-8
12. Jordanova N., Jordanova D., Tcherkezova E., Popov H., Mokreva A., Georgiev P., Stoychev R. (2020) Identification and classification of archeological materials from Bronze age gold mining site Ada Tepe (Bulgaria) using rock magnetism. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 21(12): e2020GC009374. DOI: <https://doi.org/10.1029/2020GC009374>
13. Kabata-Pendias A. (2004) Soil–plant transfer of trace elements—an environmental issue. *Geoderma*. 122(2-4): 143–149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.004>
14. Kaminsky R., Trouche B., Morales S. E. (2017) Soil classification predicts differences in prokaryotic communities across a range of geographically distant soils once pH is accounted for. *Scientific Reports*. 7(1): 45369. DOI: 10.1038/srep45369
15. Li L., Zhu L., Xie Y. (2021) Proteomics analysis of the soil textile imprints from tomb M6043 of the Dahekou Cemetery site in Yicheng County, Shanxi Province, China. *Archaeol Anthropol Sci*. 13: 7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01258-0>
16. Liang Z. (2020) Corrosion behavior of Cu–Sn bronze alloys in simulated archeological soil

- media. Materials and Corrosion. 71(4): 617-627. DOI: <https://doi.org/10.1002/maco.201911338>
17. Liu Z., Rong Q., Zhou W., Liang G. (2017) Effects of inorganic and organic amendment on soil chemical properties, enzyme activities, microbial community and soil quality in yellow clayey soil. PloS one. 12(3): e0172767. DOI: [10.1371/journal.pone.0172767](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172767)
18. Palm C., Sanchez P., Ahamed S., Awiti A. (2007) Soils: A contemporary perspective. Annu. Rev. Environ. Resour. 32: 99–129. DOI: [10.1146/annurev.energy.31.020105.100307](https://doi.org/10.1146/annurev.energy.31.020105.100307)
19. Pedergnana A. (2020) All that glitters is not gold”: Evaluating the Nature of the Relationship Between Archeological Residues and Stone Tool Function. J Paleo Arch. 3: 225–254. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41982-019-00039-z>
20. Pîrnău R. G., Patriche C. V., Rosca B., Vasiliu I., Vornicu N., Stanc S. (2020) Soil spatial patterns analysis at the ancient city of Ibida (Dobrogea, SE Romania), via portable X-ray fluorescence spectrometry and multivariate statistical methods. Catena. 189: 104506. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104506>
21. Quan M., Liang J. (2017) The influences of four types of soil on the growth, physiological and biochemical characteristics of *Lycoris aurea* (L’Her.) Herb. Scientific Reports. 7(1): 43284. DOI: [10.1038/srep43284](https://doi.org/10.1038/srep43284)
22. Rillig M. C., Mummey D. L. (2006) Mycorrhizas and soil structure. New phytologist. 171(1): 41–53. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01750.x>
23. Sakthiselvi T., Paramasivam M., Vasanthi D., Bhuvanewari K. (2020) Persistence, dietary and ecological risk assessment of indoxacarb residue in/on tomato and soil using GC–MS. Food Chemistry. 328: 127134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127134>
24. Scaffidi B. K., Tung T. A., Gordon G., Alaica A. K., La Rosa L. M. G., Marsteller S. J., Dahlstedt A., Schach E., Knudson K. J. (2020) Drinking locally: a water <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr isoscape for geolocation of archeological samples in the peruvian andes. Frontiers in Ecology and Evolution. 8: 281. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00281>
25. Schad P. (2016) The international soil classification system WRB, 2014. Novel methods for monitoring and managing land and water resources in Siberia, p. 563–571. DOI: [10.1007/978-3-319-24409-9\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24409-9_25)
26. Scharl S., Zerl T., Eckmeier E., Gerlach R. (2023) Earliest archeological evidence of fertilization in Central Europe. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 186(4): p. 375–382. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.202300150>
27. Śliwińska A., Smolinski A., Kucharski P. (2019) Simultaneous analysis of heavy metal concentration in soil samples. Applied Sciences. 9(21): 4705. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9214705>
28. Tiller K. G., Gerth J., Brümmer G. (1984) The relative affinities of Cd, Ni and Zn for different soil clay fractions and goethite. Geoderma. 34(1): 17–35. DOI: [10.1016/0016-7061\(84\)90003-X](https://doi.org/10.1016/0016-7061(84)90003-X)
29. Wang C., Li W., Guo M., Jia J. (2017) Ecological risk assessment on heavy metals in soils: Use of soil diffuse reflectance mid-infrared Fourier-transform spectroscopy. Scientific reports. 7(1): 40709. DOI: [10.1038/srep40709](https://doi.org/10.1038/srep40709)
30. Zhang H., Yuan X., Xiong T., Wang H., Jiang L. (2020) Bioremediation of co-contaminated soil with heavy metals and pesticides: Influence factors, mechanisms and evaluation methods. Chemical Engineering Journal. 398: 125657. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125657>

#### UDK 631

### CHEMICAL COMPOSITION AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS – INDICATORS OF THEIR FERTILITY AND POLLUTION

*Sheiko V. I., Kuchmenko O. B., Havii V. M., Pasichnyk S. V.*

Soils are complicated complexes in which the dispersed medium is solid, and the dispersed phase can be solid, liquid, or gaseous. Soils are classified according to their origin, chemical composition, and physical and chemical properties. Soil fertility depends on its composition, the presence and thickness of the humus layer, as well as the content of organic and mineral substances. Thus, with the growth of the industrialization process, the intensity of soil pollution with organic substances and mineral components also increased, which not only negatively affects the yield of agricultural crops but also can cause a high level of poisoning and the accumulation of toxic compounds in the human body, animals, and plants. Analytical chemistry, mass spectrometry, elemental analysis, and spectroscopic methods, FTIR spectroscopy, are used for qualitative and quantitative soil analysis. At the same time, the listed methods are used for primary analysis of soil composition and dynamic diagnostics. The increased content of certain elements in the soil can be the result of not only modern pollution but also of anthropogenic influence in historical retrospect. Soil pollution with heavy metals is a very urgent problem of agriculture, biology, medicine and anthropology. Heavy metals that enter plant organs from the soil or dust have a negative impact on the general state of human health. For humanity, heavy metals can play both a negative role and a role of qualitative litmus. An example of the last role for humanity is its usage for determining the level of development of production and the degree of its environmental friendliness, and also it indirectly takes part in the formation of the so-called cultural layers of the soil. In the paper the main types and classification of soils are examined, the reasons for changes in the qualitative composition of soils, methods of their research, and the role of medicinal plants in the process of phytoremediation as a method of cleaning soils from heavy metals are described.

**Key words:** *chemical composition of soil, physicochemical properties of soils, fertility, soil type, spectroscopic methods, soil classification.*