

УДК 504.054

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125.31>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ВІД ЗВАЛИЩАМИ ТПВ НА ПОКАЗНИКИ ҐРУНТУ АГРОЦЕНОЗІВ

Писаренко П.В. – д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування
та захисту довкілля,

Полтавський державний аграрний університет

Самойлік М.С. – д.е.н.,
професор кафедри екології, збалансованого природокористування
та захисту довкілля,

Полтавський державний аграрний університет

Диченко О.Ю. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри екології, збалансованого природокористування
та захисту довкілля,

Полтавський державний аграрний університет

Цьова Ю.А. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри екології, збалансованого природокористування
та захисту довкілля,

Полтавський державний аграрний університет

У статті наведено результати досліджень щодо вивчення впливу техногенно порушених земель від звалищами твердих побутових відходів на показники ґрунту. У результаті проведених нами досліджень встановлено, що при вмісті нафтопродуктів і важких металів в ґрунті в концентраціях, характерних для забруднених сільськогосподарських земель навколо звалищ твердих побутових відходів, найбільш негативний вплив на рослини здійснюють саме нафтопродукти. В розрізі елементів встановлено, наступе: свинець в основному стимулює ріст і розвиток рослин (до 2 ГДК); цинк впливає на біомасу рослин, зменшуючи кількість в них вологи; спільна присутність в ґрунті важких металів і нафтопродуктів в основному призводить до пригнічення рослин, особливо це прослідковується на ранніх етапах їх розвитку.

Особливу небезпеку створює асиміляція пагонами і коренями рослин важких металів. Так вміст свинцю у рослинах збільшується на 20% при його вмісті у ґрунті 1,5-2 ГДК. При вмісті свинцю у ґрунті 5 ГДК його концентрація у рослинах збільшується на 40%, а при вмісті свинцю 10 ГДК його вміст у рослинах збільшується на 150%.

Математичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою кореляційного та регресійного аналізу. Обчислення статистичних показників і кореляційного зв'язку між досліджуваними параметрами проводили за загальноприйнятими методами з використанням комп'ютерної програми MS Excel. Достовірність розрахованих параметрів визначали за допомогою t-критерію Стьюдента на рівні значимості 0,05.

Таким чином, одержані нами результати дослідження дозволили встановити токсичність прилеглих агроценозів, що підпадають під вплив звалищ твердих побутових відходів. Це актуалізує подальші дослідження щодо комплексних методів очистки земель, які зазнають техногенного впливу від місць видалення відходів з метою відновлення даних територій та повернення їх у господарських обіг у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроєкосистем.

Ключові слова: тверді побутові відходи, сфера поводження з відходами, нафтопродукти, забруднений ґрунт, фітотоксичний ефект, токсичність.

Pysarenko P.V., Samoilik M.S., Dychenko O. Yu., Tsova Yu.A. Investigation of the influence of technogenically disturbed lands from landfills on soil indicators of agrocenoses

The article presents the results of research on the impact of man-made disturbed lands from landfills on soil indicators. As a result of our research, it was found that when the content of petroleum products and heavy metals in the soil is in concentrations typical of contaminated

agricultural land around municipal solid waste landfills, the most negative impact on plants is exerted by petroleum products. In terms of elements, it is established that the following will occur: lead mainly stimulates plant growth and development (up to 2 MPC); zinc affects plant biomass, reducing the amount of moisture in them; the combined presence of heavy metals and petroleum products in the soil mainly leads to the suppression of plants, especially in the early stages of their development.

The assimilation of heavy metals by shoots and roots of plants creates a special danger. Thus, the lead content in plants increases by 20% when its content in the soil is 1.5-2 MPC. With lead content of 5 MPC in the soil, its concentration in plants increases by 40%, and with lead content of 10 MPC, its content in plants increases by 150%.

Mathematical processing of experimental data was performed using correlation and regression analysis. The calculation of statistical indicators and the correlation between the studied parameters was performed according to generally accepted methods using the computer program MS Excel. The reliability of the calculated parameters was determined using Student's t-test at a significance level of 0.05.

Thus, the results of our study allowed us to establish the toxicity of adjacent agrocenoses that fall under the influence of solid waste landfills. This highlights further research on integrated land treatment methods that are man-made from waste disposal sites in order to restore these areas and return them to economic use in the context of environmental and food security of the region and the creation of sustainable agro-ecosystems.

Key words: *municipal solid wastes, sphere of waste management, petroleum products, contaminated soil, phytotoxic effect, toxicity.*

Постановка проблеми. Поверхневі накопичувачі твердих відходів, стічні води полігонів і звалищ відходів створюють екологічну та продовольчу небезпеку та погіршують якість прилеглих агроценозів. Під полігони і звалища відходів відчужуються цінні у сільськогосподарському значенні земельні ресурси, які забруднюють прилеглі сільськогосподарські угіддя та створюють екологічні ризики здоров'ю населення.

Незважаючи на значну кількість попередніх наукових досліджень впливу звалищ ТПВ на довкілля, питання їхнього безпечного функціонування для умов України є надзвичайно актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У резолюції Генеральної Асамблеї ООН № 70/1 від 25 червня 2015 року «Перетворення нашого світу: порядок денний в галузі сталого розвитку на період до 2030 року» [1], одним із головних питань сталого розвитку, які вимагають особливої уваги, визначено погіршення якісних властивостей і зниження рівня родючості ґрунтів внаслідок їх техногенного забруднення та як наслідок – погіршення якості сільськогосподарської продукції. Вплив техногенних чинників на земельні ресурси призводять до порушення сталого функціонування агроєкосистем, механізмів відновлення якісних характеристик ґрунтів, створює екологічну та продовольчу небезпеку даних територій.

Навколо місць видалення відходів існує небезпека забруднення навколишнього середовища за рахунок міграції забруднюючих речовин, зокрема важких металів, від фільтратів, що видаляються з тіла звалищ ТПВ, а також при контакті атмосферних опадів з субстратами звалища. Роботами Astel A. [2], Edjabbou E. [3], Демидов А. [4], Dalemo S. [5] та ін. показано, що під негативний вплив звалищ ТПВ потрапляють, як суміжні екосистеми, так і екосистеми, що знаходяться на великих відстанях від них завдяки міграції шкідливих речовин із природними водами та повітряними масами. Реальні умови не гарантують захист прилеглих сільськогосподарських угідь від техногенного забруднення, зокрема важкими металами і нафтопродуктами.

Треба відзначити, що якщо ґрунтові умови дозволяють перейти важким металам в ґрунтовий розчин, з'являється пряма небезпека забруднення ґрунтів, виникає ймовірність проникнення їх в рослини, а також в організм людини і тварин, які споживають ці рослини. Небезпека забруднення ґрунтів і рослин залежить: від виду рослин;

форм хімічних сполук в ґрунті; присутності елементів протидіючих впливу важких металів і речовин, що утворюють з ними комплексні з'єднання; від процесів адсорбції і десорбції; кількості доступних форм цих металів в ґрунті і ґрунтово-кліматичних умов. Отже, негативний вплив важких металів залежить, по суті, від їх рухливості, тобто розчинності [6-7].

Важкі метали в основному характеризуються змінною валентністю, низькою розчинністю їх гідроксидів, високою здатністю утворювати комплексні сполуки і, природно, катіонною здатністю [8]. До факторів, що сприяють утримання важких металів ґрунтом відносяться: обмінна адсорбція поверхні глини і гумусу, формування комплексних сполук з гумусом, адсорбція поверхнева і оклюзування гідратованими оксидами алюмінію, заліза, марганцю тощо, а також формування нерозчинних сполук, особливо при відновленні [9].

Незважаючи на значну кількість попередніх наукових досліджень впливу звалищ ТПВ на довкілля, питання їхнього безпечного функціонування для умов України є надзвичайно актуальним. Тому, постає необхідність у дослідженні впливу техногенно порушених земель під звалищами ТПВ на показники ґрунту агроценозів, з метою їх подальшого відновлення та повернення у сільськогосподарський обіг.

Постановка завдання. Для комплексної оцінки фітотоксичності ґрунту використано метод проростків [10–11]. Під час експерименту з оцінки дії важких металів на ґрунт в якості тест-рослини використовували пшеницю озиму. Фітотоксичність ґрунту визначена за величиною фітотоксичного ефекту за кількістю рослин, що виростили з моменту посіву насіння на 7 і 14 добу, розмірами та масою рослин (наземної і кореневої частини).

Визначення фітотоксичного впливу ґрунтового середовища на ріст і кореневу систему рослин здійснювали на підставі розрахунку за формулою [12-13]:

$$ФЕ = [(M_o - M_k) / M_o] \times 100\%$$

де M_o – маса або ростові показники рослин із контрольним зразком;

M_k – маса або ростові показники рослин, що досліджується. Всі дослідження проведені в чотирикратній повторності.

Важкі метали в ґрунт вносили у вигляді ацетатів цинку і свинцю: $(CH_3COO)_2Zn$ і $(CH_3COO)_2Pb$ в концентраціях 1,5 г/ДК, тобто при перерахунку на свинець (II) – 9,0 мг / кг, при перерахунку на цинк (II) – 34,5 мг / кг [14]. Дані концентрації важких металів відповідають середньому рівню забруднення територій навколо звалищ ТПВ на відстані 50 м.

Дослідження вмісту важких металів (на прикладі свинцю) у рослинах пшениці проводили за методикою ГОСТ 30178-96 [15], які вирощувалися у лабораторних умовах (лабораторія агроекологічного моніторингу ПДАУ), у трьохкратній повторюваності при різних забрудненнях ґрунту.

Дослід проводився за наступною схемою: контрольні зразки (К); зразки, зразки, що містять цинк (Zn); зразки, що містять свинець (Pb); зразки, що містять свинець і цинк (Pb + Zn); зразки, містять свинець, цинк і нафтопродукти (НП+Ме).

Математичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою кореляційного та регресійного аналізу. Обчислення статистичних показників і кореляційного зв'язку між досліджуваними параметрами проводили за загальноприйнятими методами з використанням комп'ютерної програми MS Excel. Достовірність розрахованих параметрів визначали за допомогою t -критерію Стьюдента на рівні значимості 0,05.

Виклад основного матеріалу дослідження. процесі проведення експерименту щодо визначення фітотоксичності забрудненого ґрунту оцінювали проростання насіння рослин пшениці озимої (*Triticum aestivum*), вимірювали висоту і масу наземної частини, а так само довжину і масу коренів рослин. У результаті проведення експерименту було встановлено, що кількість насіння, пророслих на 7 добу вище в порівнянні з контролем в зразках ґрунту, забрудненому свинцем та спільно свинцем і цинком (рисунк 1).

При цьому свинець в досліджуваній концентрації стимулює розвиток рослин, на що вказує негативний фіто ефект, який перевищує 20% (фітотоксичний ефект (ФЕ) = -22%) [16]. Нафтопродукти навпаки пригнічують рослини на цій стадії розвитку, ФЕ становить 40% для ґрунту, забрудненого нафтопродуктами і важкими металами. Тобто, найбільше впливає на ріст рослин спільна присутність важких металів і нафтопродуктів.

На висоту наземної частини рослин (рис. 2) найбільший негативний вплив здійснюють нафтопродукти, що виражається максимальним значенням ФЕ=25,6%.

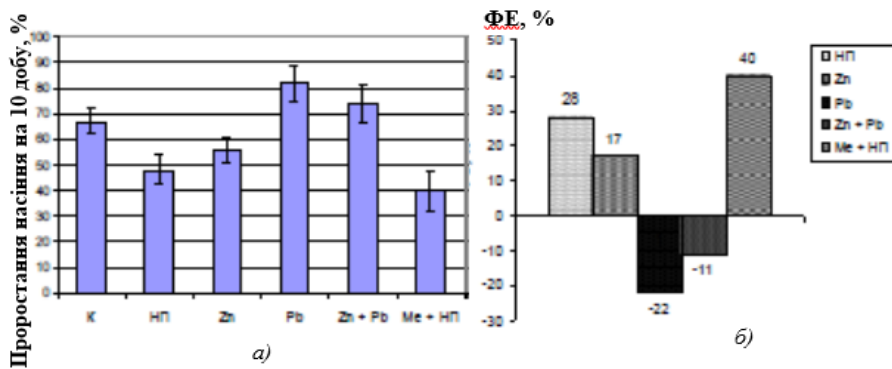


Рис. 1. Вплив нафтопродуктів і важких металів на проростання насіння рослин: а – проростання насіння; б – фітотоксичної ефект

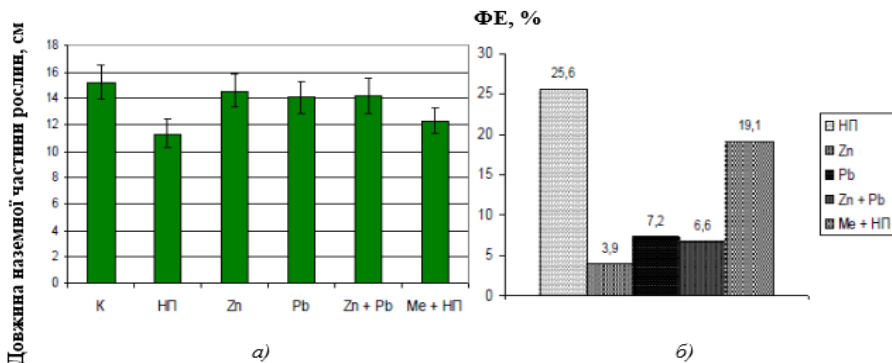


Рис. 2. Вплив нафтопродуктів і важких металів на висоту наземної частини рослин: а – довжина рослин; б – фітотоксичної ефект

Фітотоксичний ефект ґрунту при спільній присутності нафтопродуктів і важких металів досить високий 19%. Цинк і свинець не здійснюють значного впливу

на висоту рослин, так як статистично значущої відхилення значень від контрольних не мають.

На довжину коренів рослин всі забруднювачі впливають по різному (рис. 3). Найменше на кореневу систему впливає цинк, ФЕ = 11,8%. Значною фітотоксичністю володіє ґрунт, забруднений важкими металами і нафтопродуктами (ФЕ = 24,3%).

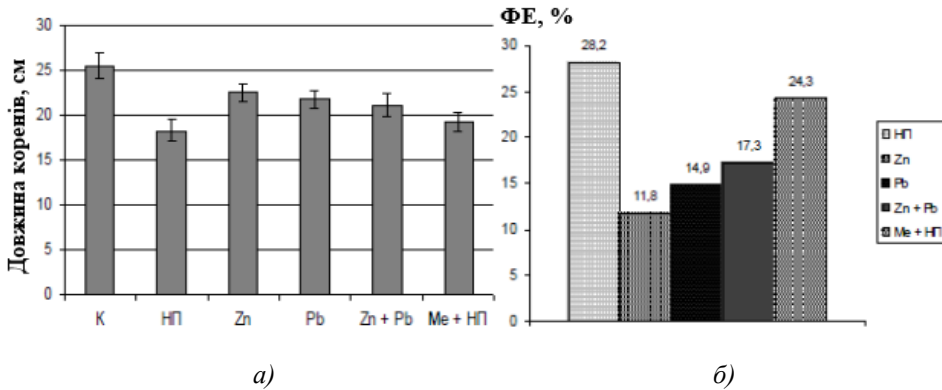


Рис. 3. Вплив нафтопродуктів і важких металів на довжину коренів рослин: а – довжина коренів, б – фітотоксичної ефект

На масу рослин негативний вплив здійснюють нафтопродукти і цинк (рис. 4). Відповідні значення ФЕ становлять 24% і 20,5%, що вказує на фітотоксичність ґрунтів з даними видами забруднень. Маса рослин в зразках ґрунту, забруднених свинцем (Pb) і сумішшю металів (Zn+Pb) значних відмінностей від контрольних значень не має.

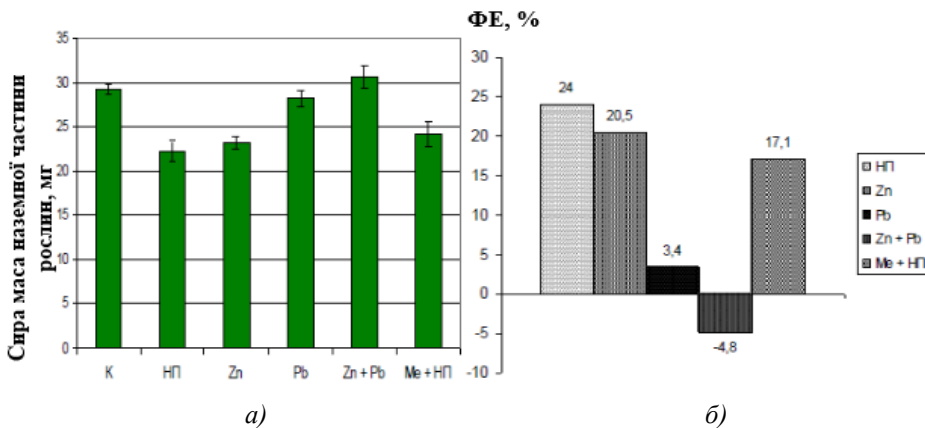


Рис. 4. Вплив нафтопродуктів і важких металів на масу наземної частини рослин: а – маса; б – фітотоксичної ефект

По масі кореневої системи значний фітотоксичної ефект (22%, 21% і 20%) мають ґрунти, забруднені нафтопродуктами (НП), цинком (Zn) і сумішшю забруднювачів (Me+НП), рис. 5.

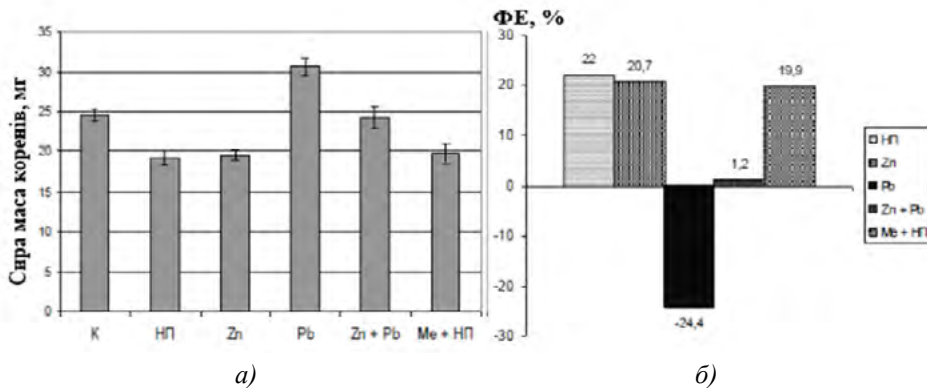


Рис. 5. Вплив нафтопродуктів і важких металів на масу коренів рослин: а – маса коренів; б – фітотоксичної ефект

Свинець в досліджуваній концентрації дає негативний ФЕ = 24%, що говорить про те, що він стимулює ріст коренів рослин. Стимулюючий ефект свинцю при низьких значеннях його концентрації в ґрунті може бути пов'язаний з активацією метаболізму, клітинного ділення і збільшенням розмірів клітин у відповідь на дію слабого за величиною стресу [17].

На масу сухої речовини наземної частини рослин найбільший вплив здійснює цинк (Zn) і спільно важкі метали і нафтопродукти (Me+НП), рис. 6, при цьому значення ФЕ не перевищують 20% і становлять 18 і 19,5% відповідно. Вплив інших забруднювачів є незначним. Значення маси сухої речовини рослин статистично не відрізняються від значень для контрольних зразків.

Досліджувані забруднювачі не здійснювали значного впливу на масу сухої речовини коренів рослин (рис. 7). Фітотоксичний ефект забрудненого ґрунту не перевищив 20% і склав 3,6 ... 17,1%.

Максимальний ФЕ –17,1% спостерігався для зразків, що містять цинк, а найменший 3,6% –для зразків, що містять свинець. Маса сухої речовини коренів рослин статистично не відрізняється від контрольних показників.

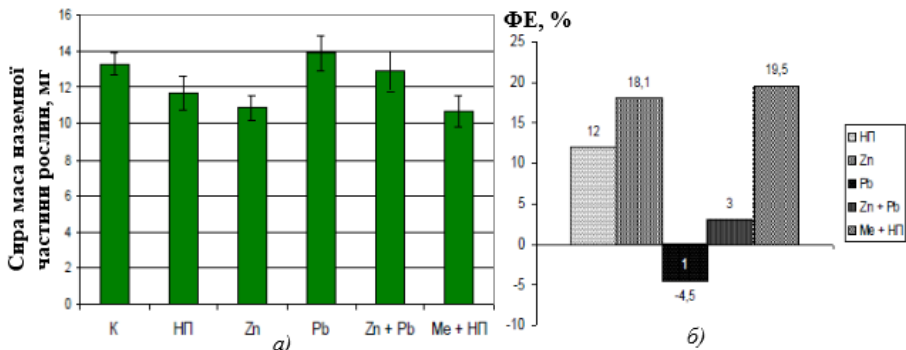


Рис. 6. Вплив нафтопродуктів і важких металів на масу сухої речовини наземної частини рослин: а – маса рослин; б – фітотоксичної ефект

Найбільшу частку сухої речовини виявлено в рослинах, які виростили на зразках ґрунту, що містять нафтопродукти, найменша в рослинах, які виростили на ґрунті,

що містить свинець (рис. 8). Таким чином, нафтопродукти не дають можливості рослинам поглинати достатню кількість вологи з ґрунту. Це відбувається внаслідок утворення плівок нафтопродуктів на поверхні ґрунту і рослин [18-19].

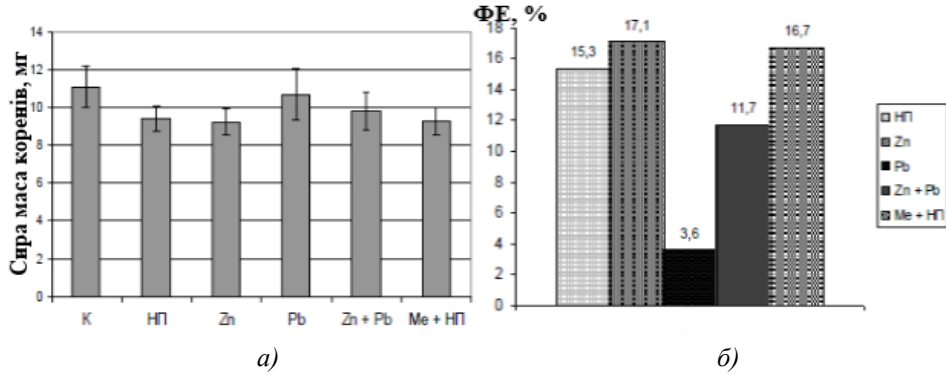


Рис. 7. Вплив нафтопродуктів і важких металів на масу сухої речовини коренів рослин: а – суха маса коренів; б – фітотоксичної ефект

Проведено дослідження вмісту важких металів (на прикладі свинцю) у рослинах пшениці озимої за методикою ГОСТ 30178-96 [15], які вирощувалися у лабораторних умовах (лабораторія агроекологічного моніторингу ПДАУ), у трьохкратній повторюваності при різних забрудненнях ґрунту (табл. 1).

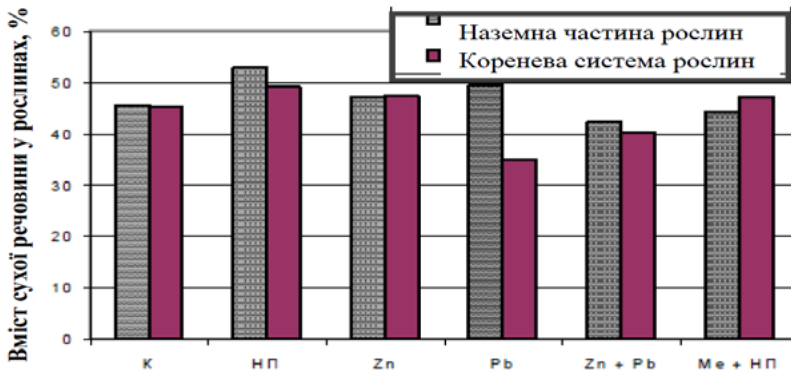


Рис. 8. Вміст сухої речовини в рослинах

Таблиця 1

Дослідження впливу важких металів при їх різних концентраціях у ґрунті на кількісні та якісні показники пшениці озимої

Концентрація у ґрунті	Концентрація важких металів у рослині, % до контролю	Вплив на довжину пагонів рослин, % від контролю	Вплив на довжину коренів рослин, % від контролю
1,5 ГДК	120%±4%	103%±5%	101%±3%
5 ГДК	140%±5%	80%±2%	82%±2%
10 ГДК	250%±7%	22%±0,5%	27%±0,7%

Вміст нафтопродуктів у пагонах та коренях рослин не змінювався від контролю при впливі забруднення до 10 ГДК, вплив відбувається на кількісні показники (довжина, маса пагонів та коренів рослин, рис. 2-5).

В цілому, при вмісті нафтопродуктів і важких металів в ґрунті в концентраціях, характерних для забруднених територій навколо звалищ ТПВ, найбільш негативний вплив на рослини надають нафтопродукти. Свинець в основному стимулює ріст і розвиток рослин (до 2 ГДК). Цинк впливає на біомасу рослин, зменшуючи кількість в них вологи. Спільна присутність в ґрунті важких металів і нафтопродуктів в основному призводить до пригнічення рослин, особливо на ранніх етапах розвитку.

Особливої небезпеки створює асиміляція пагонами і коренями рослин важких металів. Так вміст свинцю у рослинах збільшується на 20% при його вмісті у ґрунті 1,5-2 ГДК. При вмісті свинцю у ґрунті 5 ГДК його концентрація у рослинах збільшується на 40%, а при вмісті свинцю у ґрунті 10 ГДК його концентрація у рослинах збільшується на 150%.

Висновки і пропозиції. За результатами досліджень становлено, що при вмісті нафтопродуктів і важких металів в ґрунті в концентраціях, характерних для забруднених сільськогосподарських земель навколо звалищ ТПВ, найбільш негативний вплив на рослини здійснюють нафтопродукти. Свинець в основному стимулює ріст і розвиток рослин (до 2 ГДК). Цинк впливає на біомасу рослин, зменшуючи кількість в них вологи. Спільна присутність в ґрунті важких металів і нафтопродуктів в основному призводить до пригнічення рослин, особливо на ранніх етапах розвитку.

Особливу небезпеку створює асиміляція пагонами і коренями рослин важких металів. Так вміст свинцю у рослинах збільшується на 20% при його вмісті у ґрунті 1,5-2 ГДК. При вмісті свинцю у ґрунті 5 ГДК його концентрація у рослинах збільшується на 40%, а при вмісті свинцю –10 ГДК його вміст у рослинах збільшується на 150%.

Таким чином, результати дослідження в подальшому дозволять встановити токсичність прилеглих агроценозів, що підпадають під вплив звалищ ТПВ. Це актуалізує подальші дослідження щодо комплексних методів очистки земель, які зазнають техногенного впливу від місць видалення відходів з метою відновлення даних територій та повернення їх у господарських обіг у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроecosystem.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Резолюція 70/1, прийнята Генеральною Асамблеєю Організації Об'єднаних Націй «Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку на період до 2030 року». URL: <https://ips.ligazakon.net/document/MU15167> (дата звернення: 25.03.2022).
2. Astel A. M., Chepanova L., Simeonov V. Soil contamination interpretation by the Use of Monitoring Data Analysis. *Water and Air Pollution*. 2011. Vol. 216. P. 375–390.
3. Edjabou E., Jensen B., Götze R., Pivnenko K., Petersen C., Scheutz C., Astrup F. Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. *Waste Management*. 2015. Vol. 36. P. 12–23.
4. Демидов А.А. Концептуальні основи сталого розвитку порушених природних екосистем. Дніпропетровськ: Свідлер А.Л., 2012. 124 с.
5. Dalemo S., Joansson B. Effects of including nitrogen emissions from soil in environmental analysis of waste management strategies. *Resources, Conservation & Recycling*. 2008. №24. P. 363–381.
6. Amos R.T., Blowes D.W., Bailey B.L., Segeo D.C., Smith L., Ritchie A.I.M. Waste-rock hydrogeology and geochemistry. *Applied Geochemistry*. 2015. № 57. P. 140–156.

7. Єремєєв І.С., Марчук С.В. Дослідження впливу полігонів ТПВ на землі сільськогосподарського призначення. *Агросвіт*. 2015. № 15. С. 3–8.
8. Кошкалда І.В. Ефективність використання сільськогосподарських земель у контексті сучасного господарювання. *АгроІнКом*. 2011. № 10. С. 38–43.
9. Фішо Ф. Посібник з моніторингу полігонів твердих побутових відходів. Донецьк: Тасіс, 2004. 293 с.
10. ДСТУ ISO 11269-1:2004. Якість ґрунту. Визначення дії забрудників на флору ґрунту. Частина 1. Метод визначання інгібіторної дії на ріст коренів (ISO 11269-1995, IDT). [Чинний від 2005-07-01]. Вид. офіц. Харків : Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського Української Академії аграрних наук, 2005. 184 с.
11. ДСТУ ISO 11269-2: 2002. Якість ґрунту. Визначання дії забрудників на флору ґрунту. Частина 2. Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин (ISO 11269-1995, IDT). [Чинний від 2004-05-01]. Вид. офіц. Київ. Держстандарт України. 2004. 22 с.
12. Грицаєнко Г.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ, 2003. 320 с.
13. Методы биотестирования качества водной среды и почвы / под ред. О.Ф. Филенко. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 124 с.
14. Martin T. A., Ruby M. V. Review of in situ remediation technologies for lead, zinc, and cadmium in soil. *Wiley Periodicals*. 2004. № 10. С. 115-120.
15. ДСТУ 30178-96 Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів : затв. наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 19.10.2015 р. № 397 «Про затвердження Переліку референс-методик відбору зразків та їх досліджень (випробувань), що повинні застосовуватись в арбітражних дослідженнях об'єктів санітарних заходів». Київ, 2015 р. 54 с.
16. Pantini S., Lombardi F., Verginelli I. A new screening model for leachate production assessment at land-fill sites. *International journal of Environmental Science and Technology*. 2013. №11. P. 98–108
17. Писаренко П.В., Диченко О.Ю., Цьова Ю.А., Серета М.С. Напрями біоремедіації техногенно забруднених ґрунтів. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 120, 2021. С. 282-292.
18. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Тараненко А.О., Цьова Ю.А., Серета М.С. Біоремедіація ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. *Agriculture and forestry: Scientific journals of Vinnitsa National Agrarian University*. Issue 3 (22), 2021. С. 145-160.
19. Amos R.T., Blowes D.W., Bailey B.L., Sego D.C., Smith L., Ritchie A.I.M. Waste-rock hydrogeology and geochemistry. *Applied Geochemistry*. 2015. №57. P. 140–156.