

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ НА ПОКАЗНИКИ ҐРУНТУ АГРОЦЕНОЗІВ

ПИСАРЕНКО П.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-4915-265X

Полтавський державний аграрний університет

САМОЙЛІК М.С. – доктор економічних наук професор,
orcid.org/0000-0003-2410-865X,

Полтавський державний аграрний університет

ГАЛИЦЬКА М.А. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-2579-0515

Полтавський державний аграрний університет

ДИЧЕНКО О.Ю. – кандидат сільськогосподарських наук,
orcid.org/0000-0003-0113-9998

Полтавський державний аграрний університет

ТАРАНЕНКО С.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-2450-4388

Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Внаслідок воєнних дій на території України посівні площі скорочуються, що може викликати світову продовольчу кризу. Виникає потреба в максимальному залученні земель в сільськогосподарський обіг на території України з метою забезпечення екологічної та продовольчої безпеки, сталого функціонування агроecosystem. У той же час, значна частина агроценозів, придатних для вирощування сільськогосподарської продукції, зазнала техногенного забруднення внаслідок воєнних дій на Україні, зокрема впливом нафтопродуктів та важких металів. Незважаючи на значну кількість попередніх наукових досліджень впливу нафтопродуктів та важких металів на довкілля, дослідження впливу наслідків воєнних дій на Україні на показники агроценозів є надзвичайно актуальним. Тому постає необхідність у дослідженні впливу техногенно забруднених земель внаслідок воєнних дій на показники ґрунту агроценозів, з метою їх подальшого відновлення та повернення у сільськогосподарський обіг.

За результатами досліджень встановлено, що при вмісті нафтопродуктів і важких металів в ґрунті в концентраціях, характерних для забруднених сільськогосподарських земель внаслідок воєнних дій, найбільш негативний вплив на рослини здійснює комплексний вплив свинцю і нафтопродуктів. Усі інші зразки характеризуються середньою токсичністю, окрім ділянок із забрудненням цинку (по частці пророщеного насіння та довжині коренів) та свинцю (по ваги кореневої системи) для яких фітотоксичність склала менше 20%. Свинець в основному стимулює ріст і розвиток рослин (до 2 ГДК). Цинк впливає на біомасу рослин, зменшуючи кількість в них вологи. Таким чином спільна присутність в ґрунті важких металів і нафтопродуктів в основному призводить до пригнічення рослин, особливо на ранніх етапах розвитку.

Доведено, що особливу небезпеку створює асиміляція пагонами і коренями рослин важких металів. Встановлено, що вміст свинцю у рослинах збільшується на 20% при його вмісті у ґрунті 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 дозволили встановити фітотоксичність прилеглих агроценозів, що підпадають під вплив воєнних дій в Україні, що дозволяє у подальшому визначати технічні та біологічні методи відновлення даних територій та повернення їх у господарський обіг у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроecosystem.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як зазначають дослідники Кривицька І. А., Серета М. С., Мірошниченко М. [1-6], основними забруднюючими речовинами, які надходять в ґрунт внаслідок воєнних дій та впливають на продовольчу безпеку є нафтопродукти та важкі метали. Крім того навколо локальних місць забруднення ґрунту існує небезпека забруднення навколишнього середовища за рахунок міграції забруднюючих речовин, зокрема важких металів та нафтопродуктів.

Забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами відбувається унаслідок руху та пошкоджень сухопутної військової техніки. У ґрунтах, просочених паливно-мастильними матеріалами, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Внаслідок цього погіршується водний, повітряний режими та колообіг поживних речовин, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що спричиняє загибель.

Також за результатами оцінки екологічної шкоди від воєнних дій на Україні, проведеної фахівцями ОБСЄ [4] встановлено, що систематичне перевищення над фоновими концентраціями забруднюючих речовин в ґрунтах в місцях бойових дій в 1,1 – 1,3 рази було відзначено для ртуті, ванадію, кадмію. Характерне максимальне перевищення ГДК за свинцем та цинком становило в середньому у 2 рази та в окремих випадках дося-

гало 7 – 17 раз. При цьому у ґрунт важкі метали надходять в різних формах: оксиди і різні солі, як розчинні, так і практично нерозчинні в воді (сульфіди, сульфати, арсеніти). Потрапляючи на поверхню ґрунтів, метали можуть або накопичуватися, або розсіюватися в залежності від характеру геохімічних бар'єрів, властивих тій чи іншій території [1].

Незважаючи на значну кількість попередніх наукових досліджень впливу нафтопродуктів та важких металів на довкілля, дослідження впливу наслідків воєнних дій на Україні на показники агроценозів є надзвичайно актуальним. Тому постає необхідність у дослідженні впливу техногенно забруднених земель внаслідок воєнних дій на показники ґрунту агроценозів, з метою їх подальшого відновлення та повернення у сільськогосподарський обіг.

Метою проведення наших досліджень стало оцінити вплив техногенно забруднених земель внаслідок воєнних дій на показники ґрунту агроценозів. Основним завданням стало дослідження впливу важких металів та нафтопродуктів на біометричні показники *Avéna satíva*.

Матеріали і методи досліджень.

Для комплексної оцінки фітотоксичності ґрунту використано метод проростків [7,8]. Під час експерименту з оцінки дії важких металів та на ґрунт в якості тест-рослини використовували *Avéna satíva*. Була визначена фітотоксичність ґрунту за величиною фітотоксичного ефекту за кількістю рослин, що виростили з моменту посіву насіння на 7 добу, розмірами та масою рослин (наземної і кореневої частини) на 14 добу.

Визначення фітотоксичного впливу ґрунтового середовища на біометричні показники рослин *Avéna satíva* здійснювали на підставі розрахунку за формулою [9,10]:

$$FE = [(Mo - Mk) / Mo] \times 100 \%,$$

де *Mo* – маса або ростові показники рослин із контрольним зразком;

Mk – маса або ростові показники рослин, що досліджується. Всі досліді проведені в чотирикратній повторності.

Для дослідження впливу нафтопродуктів та важких металів на біометричні показники *Avéna satíva* проводили попереднє модельне забруднення свинцем та цинком (у вигляді $Zn(CH_3COO)_2$ і $Pb(CH_3COO)_2$) та нафтопродуктами в концентраціях 2,0 ГДК, тобто відповідно Наказу МОЗ від 14.07.2020 № 1595 «Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті» [11] при перерахунку на свинець (II) – 64 мг/кг (валовий вміст), з них 12,0 мг/кг (рухлива форма), при перерахунку на цинк (II) – 200 мг/кг (валовий вміст), з них 46,0 мг/кг (рухлива форма, рухливу форму елемента вилучають з ґрунту ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8). Дані концентрації важких металів відповідають середньому рівню забруднення територій за даними ОБСЄ на території Сходу України внаслідок воєнних дій [4].

Дослід проводився за наступною схемою: контрольні зразки (К); зразки, що містять нафтопродукти у розмірі 2 ГДК (2000 мг/кг); зразки, що містять цинк (Zn); зразки, що містять свинець (Pb); зразки, що міс-

тять свинець і цинк (Pb + Zn); зразки, містять свинець, цинк і нафтопродукти (НП + Me). Останнє обумовлено тим, що на території воєнних дій фіксують високі значення концентрацій нафтопродуктів (1500-5000 мг/кг). В окремі посудини висаджено насіння *Avéna satíva* (по 100 шт.). Закладено чотири дослідні ділянки з трикратним повторенням.

У процесі проведення експерименту оцінювали проростання насіння рослин, вимірювали висоту і масу наземної частини, а так само довжину і масу коренів рослин.

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.

Результати досліджень та їх обговорення.

У процесі проведення експерименту оцінювали проростання насіння рослин *Avéna satíva*, 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 найменша при комплексному забрудненні важких металів та нафтопродуктів, ФЕ становить 43% для ґрунту, забрудненого нафтопродуктами і важкими металами (рисунок 1). Цинк в досліджуваній концентрації найменше пригнічує розвиток рослин, на що вказує відсутній фітотоксичний ефект, який менше 20% (нормативна вежа фітотоксичного ефекту (ФЕ) = 20% [12]). Тобто, найбільше впливає на ріст рослин спільна присутність важких металів і нафтопродуктів.

На висоту наземної частини рослин (на 14 добу, рис. 2) найбільший негативний вплив теж здійснюють нафтопродукти у комплексі з важкими металами, що виражається максимальним значенням ФЕ = 40,0% (вища за середню токсичність). Цинк при окремому впливі не здійснює фітотоксичного впливу на висоту рослин, ФЕ складає при окремому впливі цинку 17% (відсутня токсичність). Фітотоксичний ефект при окремому впливі свинцю складає 22% (середня токсичність), нафтопродуктів – 28% (середня токсичність).

На довжину коренів рослин всі забруднювачі впливають по різному (рисунок 3). Найменше на кореневу систему впливає цинк, ФЕ = 21,0%. Значною фітотоксичністю володіє ґрунт, забруднений важкими металами і нафтопродуктами (ФЕ = 42,1%).

На масу рослин негативний вплив здійснюють нафтопродукти і цинк (рисунок 4). Відповідні значення ФЕ становлять 27%, що вказує на середню фітотоксичність ґрунтів з даними видами забруднень. Фітотоксичність по масі наземної частини по свинцю дещо нижча і складає 23%. Маса рослин в зразках ґрунту, забруднених сумішшю металів (Zn+Pb) та сумішшю металів і нафтопродуктів є найменшою, фітотоксичність відповідно склала 28% та 34% (середня токсичність).

По масі кореневої системи значний фітотоксичний ефект (26%, 23%, 27% і 34%) мають ґрунти, забруднені

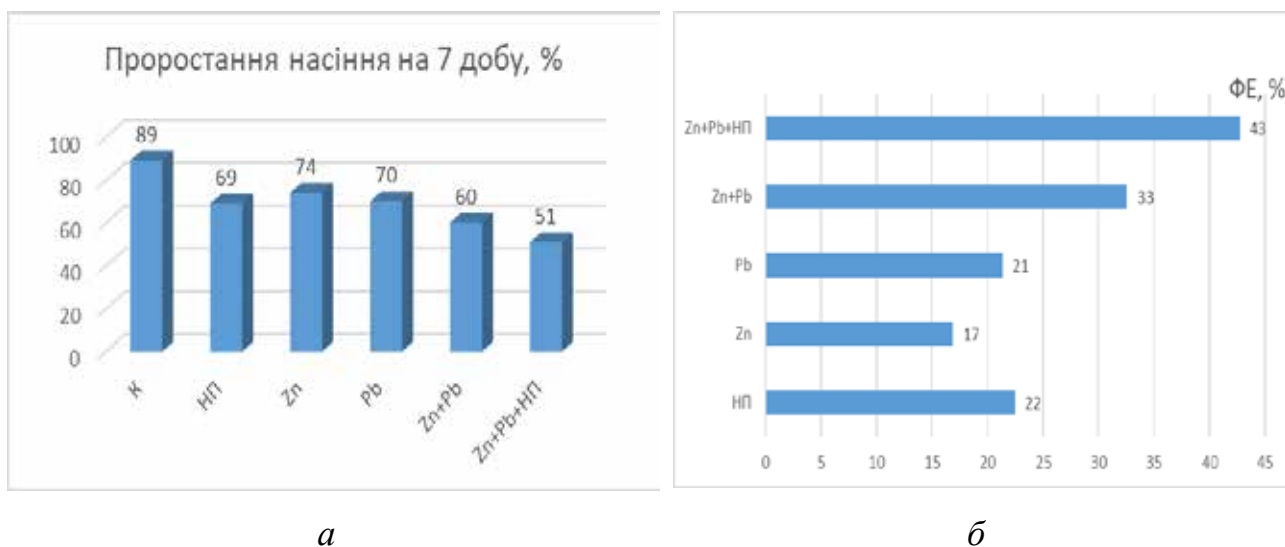


Рис. 1. Вплив нафтопродуктів і важких металів на проростання насіння рослин *Avéna satíva*: а – проростання насіння; б – фітотоксичної ефект

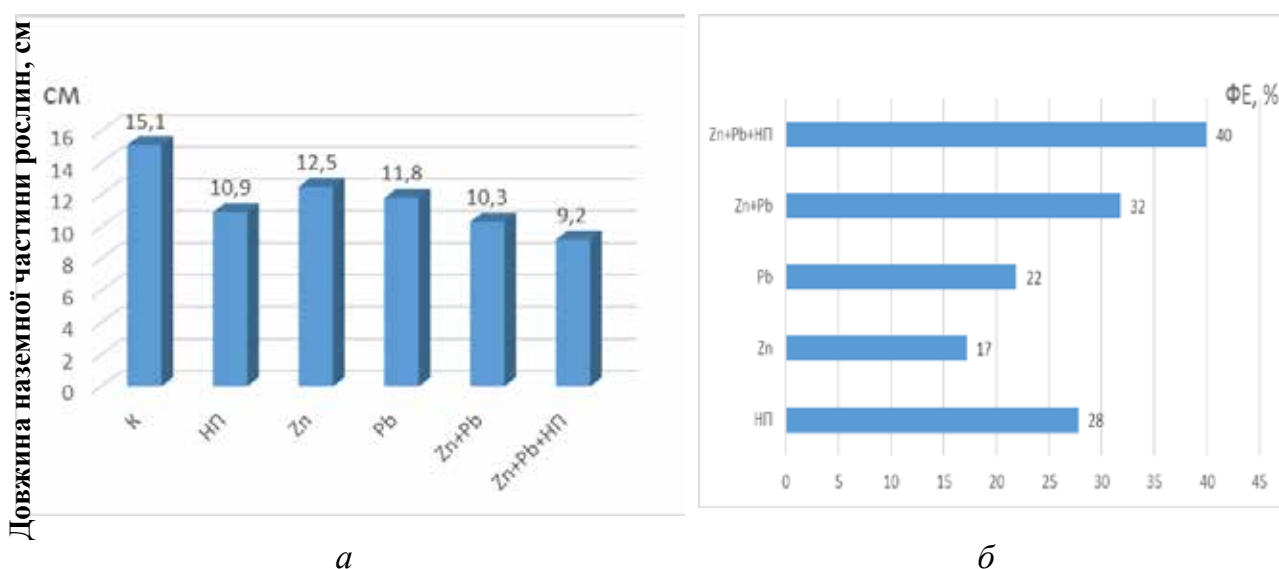


Рис. 2. Вплив нафтопродуктів і важких металів на висоту наземної частини рослин *Avéna satíva*: а – довжина рослин; б – фітотоксичної ефект

нафтопродуктами (НП), цинком (Zn), Zn+Pb і сумішшю забруднювачів та нафтопродуктів (Me+НП), рис. 5. Нижчий фітотоксичний ефект (13%) по масі коренів при впливові даних концентрацій свинцю в ґрунті (2 ГДК) може бути пов'язаний з активацією метаболізму, клітинного ділення і збільшенням розмірів клітин у відповідь на дію слабого за величиною стресу [13, 14].

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. Таким чином, нафтопродукти не дають можливості рослинам поглинати достатню кількість вологи з ґрунту. Це відбувається внаслідок утворення плівок нафтопродуктів на поверхні ґрунту і рослин.

Результати оцінки фітотоксичності ділянок із різними видами забруднень приведено на рис. 7. Встановлено, що вища за середню токсичність по частці пророщеного насіння та довжині коренів *Avéna satíva* характерна тільки для ділянки із сумішшю важких металів та нафтопродуктів, усі інші зразки характеризуються середньою токсичністю, окрім ділянок із забрудненням цинку (по частці пророщеного насіння та довжині коренів) та свинцю (по ваги кореневої системи) для яких фітотоксичність склала менше 20%.

Проведено дослідження вмісту важких металів (на прикладі свинцю) у рослинах *Avéna satíva* за методикою ГОСТ 30178-96 [15], які вирощувалися у лабораторних умовах (лабораторія агроекологічного моніто-

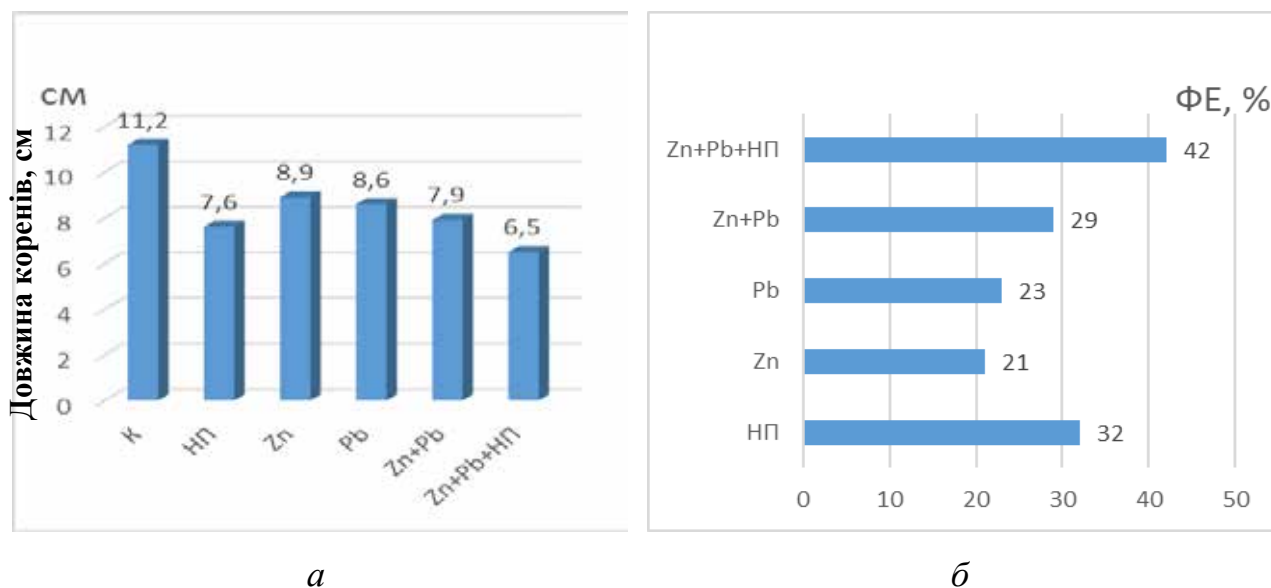


Рис. 3. Вплив нафтопродуктів і важких металів на довжину коренів рослин *Аvéна sativa*: а – довжина коренів, см; б – фітотоксичної ефект

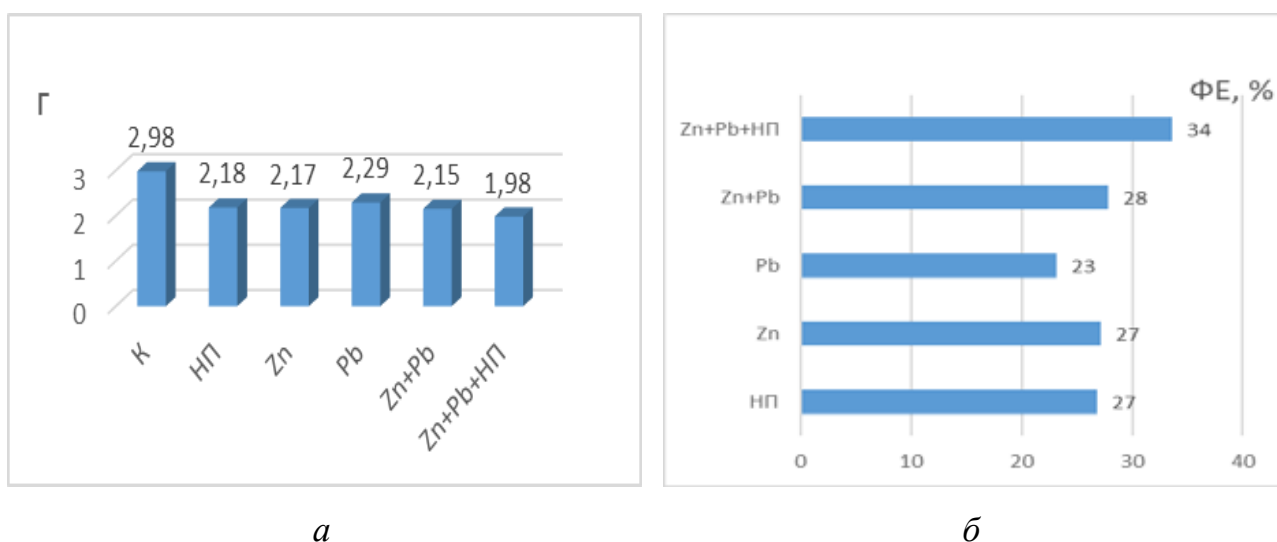


Рис. 4. Вплив нафтопродуктів і важких металів на масу наземної частини рослин *Аvéна sativa*: а – маса; б – фітотоксичної ефект, %

рингу ПДАУ), у трьохкратній повторюваності при різних забрудненнях ґрунту (табл. 1). 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 агроценозів після воєнних дій, 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 пригні-

чення 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 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%.

Висновок. За результатами досліджень становлено, що при вмісті нафтопродуктів і важких металів в ґрунті в концентраціях, характерних для забруднених сільськогосподарських земель внаслідок воєнних дій, найбільш негативний вплив на рослини здійснює комплексний вплив свинцю і нафтопродуктів. Усі інші зразки харак-

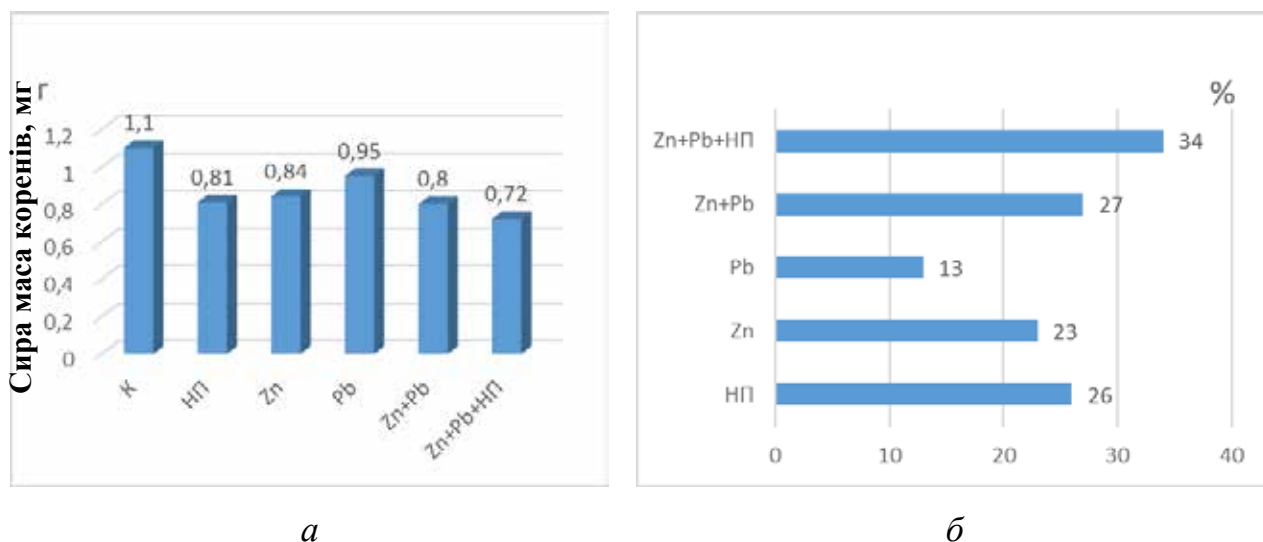


Рис. 5. Вплив нафтопродуктів і важких металів на масу коренів рослин *Avena sativa*: а – маса коренів; б – фітотоксичної ефект

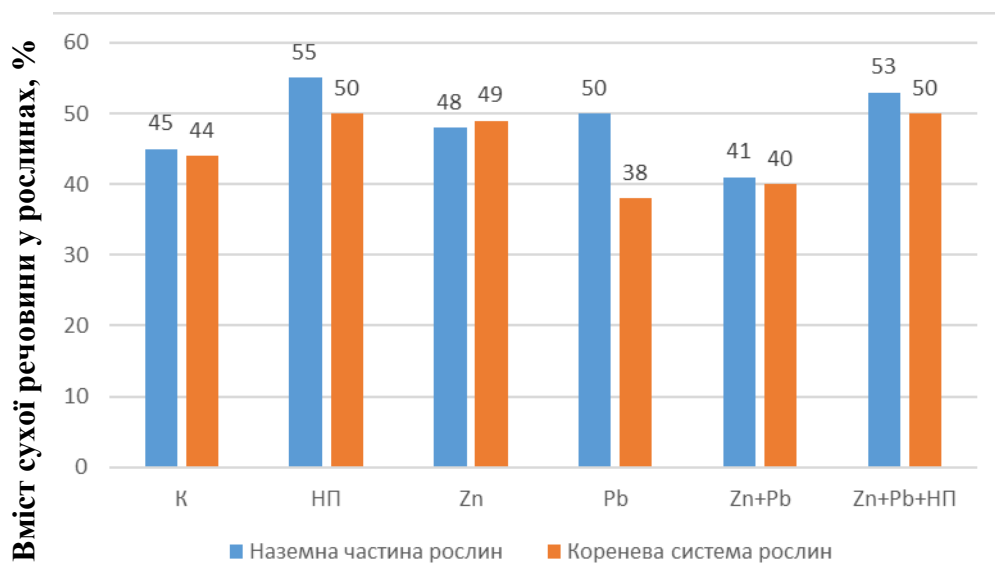


Рис. 6. Вміст сухої речовини в рослинах *Avena sativa* при вирощуванні у ґрунті із різними забрудненнями

теризуються середньою токсичністю, окрім ділянок із забрудненням цинку (по частці пророщеного насіння та довжині коренів) та свинцю (по ваги кореневої системи) для яких фітотоксичність складала менше 20%. Свинець в основному стимулює ріст і розвиток рослин (до 2 ГДК). Цинк впливає на біомасу рослин, зменшуючи кількість в них вологи. Таким чином 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 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%.

Подальші дослідження. Таким чином, постає необхідність у подальшому дослідженні та розробленні комплексних методів очистки земель, що зазнають техногенного впливу воєнних дій, з метою відновлення даних територій та повернення їх у господарський обіг у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроєкосистем.

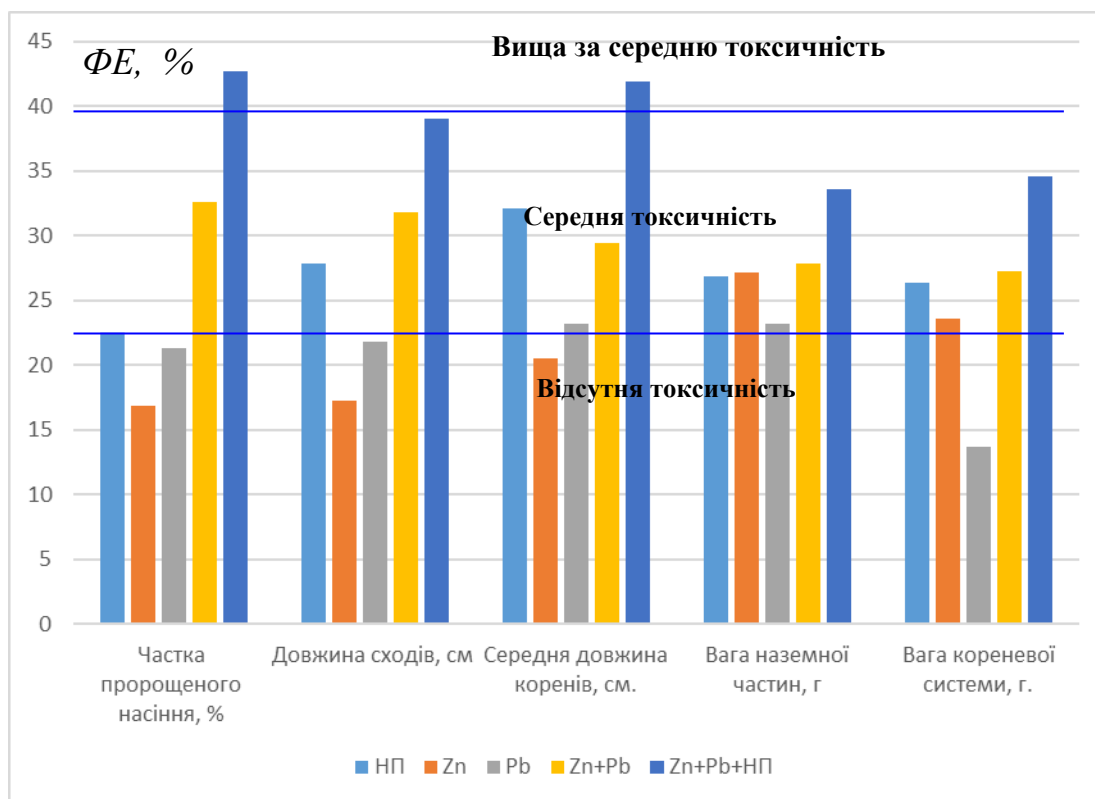


Рис. 7. Оцінка фітотоксичності ґрунту при різних забрудненнях на основі вирощування *Triticum aestivum*

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Кривецька І. А. Діагностика та моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами в урбанізованих ландшафтах Приазов'я: дис. ... канд. біол. наук : Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського». Харків, 2020. 187 с.
- Miroshnychenko M., Krivitska I., Hladkikh Ye. Dynamic of soil contamination in the cities with different technogenic impact. *Journal of Soil Science and Plant Health*. 2018. Vol. 2. Iss. 3. P. 1 – 5.
- Довкілля Криму: зміни і втрати за час окупації. Частина I. Знищення дикої природи. – Київ: ГО «КРИМСОС», 2021. – 123 с.
- Vasyliuk O., Shyriaieva D., Kolomytsev G., Spinova J. Steppe protected areas on the territory of Ukraine in the context of the armed conflict in the Donbas region and Russian annexation of the Crimean Peninsula. *Grassland research and conservation (Bulletin of the Eurasian Dry Grassland Group)*. 2017. № 1 (33). P. 15–23.
- Meerschman E, Cockx L, Islam MM, Meeuws F, Van Meirvenne M. Geostatistical assessment of the impact of World War I on the spatial occurrence of soil heavy metals. *Ambio*. 2011 Jun;40(4): P. 417-24.
- Середа М. С. Діагностика ризиків та загроз впливу техногенно порушених земель під звалищами твердих побутових відходів на сільськогосподарські угіддя. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 3 (102), 2021. С. 91-101.
- ДСТУ ISO 11269-1:2004. Якість ґрунту. Визначення дії забрудників на флору ґрунту. Частина 1. Метод визначення 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.
- ДСТУ ISO 11269-2: 2002. Якість ґрунту. Визначення 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.
- Грицаенко Г.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ, 2003. 320 с.
- Pysarenko P.V., Samoilk M.S., Taranenko A.O., Tsova Yu.A., Sereda M.S. Investigation of the possibility of probiotic use for remediation of contaminated soil of solid domestic waste landfills. *Таврійський науковий вісник*. № 121, 2021. С. 276-286
- «Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті» Наказ Міністерство освіти і науки України від 14.07.2020 № 1595. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text>
- AstelA.M.,ChepanovaL.,SimeonovV.Soilcontamination interpretation by the Use of Monitoring Data Analysis. *Water and Air Pollution*. 2011. Vol. 216. P. 375 – 390. DOI: 10.1007/s11270-010-0539-1
- Amos R.T., Blowes D.W., Bailey B.L., Segó D.C., Smith L., Ritchie A I.M. Waste-rock hydrogeology and

- geochemistry. *Applied Geochemistry*. 2015. № 57. P. 140–156. DOI:10.1016/j.apgeochem.2014.06.02
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. doi: 10.1002/rem.20011.
 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. 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.
 17. Демидов А.А. Концептуальні основи сталого розвитку порушених природних екосистем. Дніпропетровськ : Свідлер А.Л., 2012. 124 с
 18. Dalemo M. Joensson B. Effects of including nitrogen emissions from soil in environmental systems analysis of waste management strategies. *Resources, Conservation & Recycling*. 2008. T. 24. № 3–4
 19. Kulyk, M. I., Galytska, M. A., Samoylik, M. S., & Zhornyk, I. I. Phytoremediation Aspects of Energy Crops Use in Ukraine *Agronomy*. 2018. № 4 (1). С. 373–381.
 20. Дековець В.О., Кулик М.І., Галицька М.А. Біологізація технології вирощування міскантусу гігантського на біопаливо. *Аграрні інновації*. 2022. № 10., С. 23-28.
 21. Диченко О.Ю., Писаренко П.В., Цьова Ю.А., Серета М.С. Напрями біоремедіації техногенно забруднених ґрунтів *Таврійський науковий вісник*. 2021 р. № 120. С. 282-292.
 22. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Тараненко А.О., Цьова Ю.А., Серета М.С. Біоремедіація ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. Сільське господарство та лісівництво: Наукові журнали вінницького національного аграрного університету. № 3 (22), 2021. С. 145-160. DOI:10.37128/2707-5826-2021-3-12
- REFERENCES:**
1. Kryvytska I. A. (2020) Diahnostyka ta monitorynh zabrudnennia gruntiv vazhkymy metalamy v urbanizovanykh landshaftakh Pryazovia [Diagnostics and monitoring of soil pollution by heavy metals in urbanized landscapes of the Azov region]: candidate dissertation biological Sciences. National Scientific Center "Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O. N. Sokolovsky", Kharkiv,. 187 p. [in Ukrainian].
 2. Miroschnychenko M, Krivitska I, Hladkikh Y, Zakharova M (2018) Dynamic of Soil Contamination in the Cities with Different Technogenic Impact. *J Soil Sci Plant Health* 3:1.
 3. Dovkillya Krymu: zminy i vtraty za chas okupatsiyi. Chastyna 1. Znyshchennya dykoyi pryrody (2021) [Crimea's environment: changes and losses during the occupation. Part I. Destruction of wildlife], Kyiv: GO "KRYMSOS", https://www.krymsos.com/wp-content/uploads/2021/07/doslidzhen-nya-dovkillya-krymu-chastyna-1_znyshchennya-dykoyi-pryrody-1.pdf. [in Ukrainian].
 4. Vasyliuk O., Shyriaieva D., Kolomytsev G., Spinova J. (2017). Steppe protected areas on the territory of Ukraine in the context of the armed conflict in the Donbas region and Russian annexation of the Crimean Peninsula *Grassland research and conservation (Bulletin of the Eurasian Dry Grassland Group)*, 1 (33). 15–23.
 5. Meerschman, E., Cockx, L., Islam, M., Meeuws, F., & Van Meirvenne, M. (2011). Geostatistical Assessment of the Impact of World War I on the Spatial Occurrence of Soil Heavy Metals. "Ambio", 40(4), 417-424. doi: 10.1007/s13280-010-0104-6.
 6. Sereda, M. S. (2021). Risks and hazards diagnostics of impact of industry-related lands under municipal solid waste landfills on farmlands. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 91–100. doi: 10.31210/visnyk2021.03.11 [in Ukrainian].
 7. DSTU ISO 11269-1:2004. Yakist' gruntuv. Vyznachennya diy zabrudnykiv na floru gruntuv. Chastyna 1. Metod vyznachennya inhibitornoyi diy na rist koreniv [Soil quality. Determination of the effect of pollutants on soil flora. Part 1. Method for determining the inhibitory effect on root growth] Kharkiv: Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O.N. Sokolovsky of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences, 184 p. https://www.studmed.ru/dstu-iso-11269-1-2004-yak-st-run-tu-vyznachennya-d-zabrudnik-v-na-floru-runtu-chastyna-1-metod-vyznachennya-ng-b-torno-d-na-r-st-koren-v_394ef33f517.html [in Ukrainian].
 8. DSTU ISO 11269-2: 2002. Yakist' gruntuv. Vyznachennya diy zabrudnykiv na floru gruntuv. Chastyna 2. Vplyv khimichnykh rehovyn na prorostannya ta rist vyshchychk roslin [Soil quality. Determining the effect of pollutants on soil flora. Part 2. Effects of chemicals on germination and growth of higher plants]. Kyiv. State Standard of Ukraine. 22 p. [in Ukrainian].
 9. Hrytsaenko H.M. (2003) Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen' roslin i gruntiv. [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. Kyiv. [in Ukrainian].
 10. Pysarenko P.V., Samoilik M.S., Taranenko A.O., Tsova Yu.A., Sereda M.S. Investigation of the possibility of probiotic use for remediation of contaminated soil of solid domestic waste landfills (2021). *Tavriya Scientific Bulletin*. 121, <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.36>
 11. Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated 14.07.2020. Pro zatverdzhennya Hihiyenichnykh rehlamentiv dopustymoho vmistu khimichnykh rehovyn u grunti [On the approval of the Hygienic regulations on the permissible content of chemical substances in the soil] № 1595. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text>. [in Ukrainian].
 12. Astel, A. M., Chepanova, L., & Simeonov, V. (2011). Soil Contamination Interpretation by the Use of Monitoring Data Analysis. *Water, air, and soil pollution*, 216(1-4), 375–390. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0539-1>
 13. Amos R.T., Blowes D.W., Bailey B.L., Sego D.C., Smith L., Ritchie A I.M. Waste-rock hydrogeology and geochemistry (2014),. *Appl. Geochem.*(57). <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.06.020>
 14. Martin T. A., Ruby M. V. Review of in situ remediation technologies for lead, zinc, and cadmium in soil. (2004) *Wiley Periodicals*., (10). doi: 10.1002/rem.20011.

15. DSTU 30178-96. Syrovyna i produkty kharchovi. Atomno-absorbtsiynyy metod vyznachennya toksychnykh elementiv [Raw materials and food products. Atomic absorption method for determination of toxic elements: approved. by the order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine]. Dated 19.10.2015 No. 397 "On approval of the List of reference methods of sample selection and their studies (tests), which should be used in arbitration studies of objects of sanitary measures". Kyiv, https://dnaop.com/html/64251/doc-%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_30178-96
16. Edjabou, M. E., Jensen, M. B., Götze, R., Pivnenko, K., Petersen, C., Scheutz, C., & Astrup, T. F. (2015). Municipal solid waste composition: sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. *Waste management (New York, N.Y.)*, 36, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.11.009>
17. Demidov A.A. 2012. Kontseptual'ni osnovy staloho rozvytku porushenykh pryrodnykh ekosystem. [Conceptual foundations of sustainable development of disturbed natural ecosystems]. Dnipropetrovsk: Svidler A.L. [in Ukrainian].
18. Dalemo, M., Sonesson, U., Jönsson, H., & Björklund, A. (1998). Effects of including nitrogen emissions from soil in environmental systems analysis of waste management strategies. *Resources, Conservation and Recycling*, 24(3–4). [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(98\)00064-0](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(98)00064-0)
19. Kulyk, M. I., Galytska, M. A., Samoylik, M. S., & Zhornyk, I. I. (2018). Phytoremediation Aspects of Energy Crops Use in Ukraine. *Agronomy*, 1(4), 373–381. <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14020>
20. Dekovets, V.O., Kulik, M.I., & Galytska, M.A., (2022). Biologization of the technology of growing giant miscanthus on biofuels. *Agrarian Innovations*, 10. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.4>
21. Dychenko, O.Yu., Pysarenko, P.V., Ts'ova, Yu.A., Sereda, M. S. Napryamy bioremediatsiyi tekhnohenko zabrudnenykh gruntiv [Directions of bioremediation of technogenic contaminated soils], *Tavriya Scientific Bulletin*, 120. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.35>
22. Pisarenko P.V., Samoilik M.S., Taranenko A.O., Tsyova Yu.A., Sereda M.S. (2021). Bioremediation of soils contaminated with petroleum products. *Agriculture and forestry: Scientific journals of Vinnitsa National Agrarian University*. 3 (22), doi:10.37128/2707-5826-2021-3-12

Писаренко П.В., Самойлік М.С., Галицька М.А., Диченко О.Ю., Тараненко С.В. Дослідження впливу техногенного забруднення внаслідок воєнних дій на показники ґрунту агроценозів

Внаслідок воєнних дій на території України посівні площі скорочуються, що може викликати світову продовольчу кризу. Виникає потреба в максимальному залученні земель в сільськогосподарський обіг на території України з метою забезпечення екологічної та продовольчої безпеки, сталого функціонування агроєкосистем. У той же час, значна частина агроценозів, придатних для вирощування сільськогосподарської продукції, зазнала техногенного забруднення внаслідок воєнних дій на Україні, зокрема впливом нафтопродуктів та важких металів. Незважаючи на значну кількість попередніх наукових досліджень впливу нафтопродуктів та важ-

ких металів на довкілля, дослідження впливу наслідків воєнних дій на Україні на показники агроценозів є надзвичайно актуальним. **Метою** проведення наших досліджень стало оцінити вплив техногенно забруднених земель внаслідок воєнних дій на показники ґрунту агроценозів. Основним завданням стало дослідження впливу важких металів та нафтопродуктів на біометричні показники *Avéna satíva*. **Методи.** Для комплексної оцінки фітотоксичності ґрунту використано метод проростків. Під час експерименту з оцінки дії важких металів та на ґрунт в якості тест-рослини використовували *Avéna satíva*. **Результати.** Особливу небезпеку створює асиміляція пагонами і коренями рослин важких металів. Так вміст свинцю у рослинах збільшується на 20% при його вмісті у ґрунті 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%. **Висновок.** Встановлено, що при вмісті нафтопродуктів і важких металів в ґрунті в концентраціях, характерних для забруднених сільськогосподарських земель внаслідок воєнних дій, найбільш негативний вплив на рослини здійснює комплексний вплив свинцю і нафтопродуктів. Особливу небезпеку створює асиміляція пагонами і коренями рослин важких металів. Так вміст свинцю у рослинах збільшується на 20% при його вмісті у ґрунті 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%.

Ключові слова: фітотоксичність, нафтопродукти, важкі метали, фітоефект, забруднення ґрунту

Pysarenko P.V., Samojlik M.S., Galytska M.A., Dychenko O.Yu., Taranenko S.V. Study of the impact of man-made pollution due to military operations on soil indicators of agrocenoses

As a result of military actions on the territory of Ukraine, the sown areas are reduced, which can cause a world food crisis. There is a need for the maximum involvement of land in agricultural circulation on the territory of Ukraine in order to ensure ecological and food security, sustainable functioning of agro-ecosystems. At the same time, a significant part of the agrocenoses, suitable for growing agricultural products, was subjected to man-made pollution as a result of military operations in Ukraine, in particular due to the influence of oil products and heavy metals. Despite a significant number of previous scientific studies on the impact of oil products and heavy metals on the environment, the study of the impact of the consequences of military actions in Ukraine on indicators of agrocenoses is extremely relevant. The **purpose** of conducting our research was to assess the impact of technogenically polluted lands as a result of military actions on soil indicators of agrocenoses. The main task was the study of the influence of heavy metals and oil products on the biometric indicators of *Avéna satíva*. **Methods.** The seedling method was used for a comprehensive assessment of soil phytotoxicity. *Avéna satíva* was used as a test plant during the experiment to assess the effect of heavy metals on the soil. **The results.** The assimilation of heavy metals by the shoots and roots of plants creates a special danger. Thus, the content of lead in plants increases by 20% when its content in the soil is 2 MPC. When the lead content in the soil is 5 MPC, its concentration in plants increases by 40%, and when the lead content in the soil is 10 MPC, its concentration

in plants increases by 150%. **Conclusion.** It has been established that with the content of petroleum products and heavy metals in the soil in concentrations typical of agricultural lands contaminated by military actions, the most negative impact on plants is the complex impact of lead and petroleum products. The assimilation of heavy metals by the shoots and roots of plants creates a special danger.

Thus, the content of lead in plants increases by 20% when its content in the soil is 2 MPC. When the lead content in the soil is 5 MPC, its concentration in plants increases by 40%, and when the lead content is 10 MPC, its concentration in plants increases by 150%.

Key words: phytotoxicity, petroleum products, heavy metals, phytoeffect, soil pollution.