



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.4

© 2024

ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ВЛАСТИВОСТІ ТА ЯКІСНИЙ СТАН ЗРОШУВАНОВОГО ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

С.А. Балюк¹, Л.І. Воротинцева², Р.В. Панарін³

¹доктор сільськогосподарських наук, професор, академік
Національної академії аграрних наук України

²доктор сільськогосподарських наук
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна
e-mail: ¹svyatoslavbaliuk@gmail.com,

²vorotyntseva_ludmila@ukr.net, ³panarinrv1453@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-8372-6514, ²0000-0002-8372-6514, ³0000-0003-4266-721X

Надійшла 08.10.2024

Мета — на підставі результатів обстеження зрошуваних земель Чкаловської територіальної громади оцінити вплив воєнних дій на властивості та якісний стан чорнозему типового, виявити особливості прояву деградаційних процесів та запропонувати заходи з відновлення досліджуваних ґрунтів на етапі воєнного стану та в період післявоєнного відновлення України. **Методи.** Метод дистанційного зондування Землі — для оцінювання впливу воєнних дій на стан ґрунту; польовий — для проведення польових моніторингових досліджень; лабораторно-аналітичний — для визначення хімічного складу зрошувальної води та показників властивостей ґрунтів; методи аналізу, теоретичного узагальнення, синтезу — для оцінювання стану зрошуваних ґрунтів пілотного об'єкта. **Результати.** Надано оцінку еколого-агромеліоративного стану зрошуваних земель Чкаловської громади за основними діагностичними показниками — сольовим складом, складом обмінних катіонів, вмістом гумусу, рухомих сполук важких металів. Зрошуваний чорнозем типовий (шар 0–25 см) характеризувався як слабосолонцюватий з вмістом катіонів натрію та калію, що осолонцювають ґрунт, 3,1–6,0%, а підорний — як слабосолонцюватий (2,0–3,0% Na+K від суми обмінних катіонів) та несолонцюватий (3,2–4,3% Na+K від суми обмінних катіонів). У зоні ураження можливе підвищення солонцюватості верхнього орного шару ґрунту внаслідок вивертання ґрунтової товщі. За вмістом токсичних во-

дорозчинних солей (0,01 – 0,06% у метровому шарі) зрошуваний ґрунт класифікувався як незасолений. Вміст гумусу в орному шарі становив 3,4 – 5,6% та оцінювався як підвищений і дуже високий. Визначено, що вміст рухомих сполук досліджуваних металів не перевищував встановлені гранично допустимі концентрації, але в зонах ураження було виявлено локальні ділянки з помірно небезпечною категорією забруднення (його сумарний показник Zс становив 19 – 25) внаслідок перевищення фонового вмісту свинцю та хрому. Ідентифіковано прояви механічної мілітарної деградації та абіотичного впливу (території пожеж) на зрошуваних землях площею 169 га. **Висновки.** Запропоновано заходи з відновлення зрошуваних чорноземів громади, що мають бути спрямовані на усунення розвитку деградаційних процесів та підвищення родючості ґрунтів на етапах воєнного та післявоєнного розвитку. Йдеться про диференційовані заходи зі структурної меліорації, очищення полів від залишків боєприпасів і зброї, проведення детоксикації, агротехнічних та агро меліоративних робіт.

Ключові слова: воєнні дії, еколого-агро меліоративний стан, зрошення, зрошувальна вода, заходи з відновлення родючості, чорнозем типовий, якісний стан.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202410-09>

В умовах воєнних дій ґрунтовий покрив, який є ключовим природним ресурсом та забезпечує стале функціонування агро екосистем, соціальний й економічний розвиток країни та її продовольчу безпеку, зазнає тривалого потужного антропогенного впливу і мілітарної деградації, що впливає на властивості та здоров'я ґрунту [1–4]. Внаслідок цього загострюється проблема деградації ґрунтів, яка була дуже актуальною ще до початку війни [5–7].

Слід зауважити, що значних втрат зазнає меліоративний фонд України, переважна частина земель якого розташована в зоні Степу та Лісостепу України, яка є територією активних бойових дій [8, 9]. За даними авторів праці [10], станом на початок 2024 р. площа, визнана потенційно замінованою, становила 174 тис. км². Водночас площа сільськогосподарських земель, що постраждали від мінування, сягнула близько 208 тис. га.

Зрошувані землі в умовах посушливості клімату в Україні відіграють провідну роль у розвитку кліматично орієнтованого аграрного сектору економіки. Тому

актуальними й практично значущими є комплексні дослідження з оцінювання впливу воєнних дій на якість води природних джерел, властивості та якісний стан зрошуваних ґрунтів, розроблення ймовірних прогностичних моделей змін їх властивостей та оцінювання шкоди і збитків, завданих ґрунтам, а також розроблення заходів з відновлення й поліпшення еколого-агро меліоративного стану земель у воєнний та післявоєнний періоди для забезпечення сталого розвитку України [11, 12].

Руйнування, пов'язані з воєнними діями, є катастрофічними через їх масштабність, тривалість дії на природні об'єкти та значні екологічні й економічні збитки [11, 13, 14]. Ґрунтовий покрив зони зрошення, який представлений, зокрема, чорноземами — брендом нашої країни, зазнає мілітарної деградації та втрачає свою родючість. Фахівцями ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» розроблено систему класифікації та оцінювання ступеня деградації ґрунтів, спричиненої бойовими

діями внаслідок збройної агресії РФ [11]. Характер змін морфологічної будови профілю, показників основних властивостей ґрунту, скорочення чисельності і біорізноманіття мезофауни та мікроорганізмів, забруднення ґрунту визначається інтенсивністю впливу на ґрунт. Внаслідок засмічення ґрунту чужорідними матеріалами, вивертання, перемішування горизонтів через вибухи, будівництва фортифікаційних споруд відбувається трансформація та порушення цілісності будови профілю ґрунту, що впливає на його властивості та якісний стан. Тому воєнні дії як потужний антропогенний чинник ґрунтоутворення впливають на розвиток і функціонування ґрунту, погіршують його здоров'я, виконання соціальних, екологічних, екосистемних послуг.

Для ідентифікації та оцінювання впливу воєнних дій на стан зрошуваних ґрунтів та розроблення заходів з їх рекультивації й відновлення родючості слід періодично проводити моніторингові дослідження із застосуванням супутникових даних та наземних методів дослідження, що дає змогу отримувати актуальну інформацію для прийняття дієвих управлінських рішень.

Мета досліджень — на підставі результатів обстеження зрошуваних земель Чкаловської територіальної громади (ТГ) оцінити вплив воєнних дій на властивості та якісний стан чорнозему типового, виявити особливості прояву деградаційних процесів та запропонувати заходи з відновлення досліджуваних ґрунтів на етапі воєнного стану та у період післявоєнного розвитку України.

Матеріали і методи досліджень. Об'єктом досліджень є зрошувальні води та ґрунтовий покрив зрошуваних земель Чкаловської територіальної громади (ПрАТ «Агрокомбінат «Слобожанський»), яка розташована в Харківській обл. (сmt Чкаловське Чугуївського р-ну). Землі громади зазнали потужного воєнного впливу через окупацію території у 2022 р. впродовж 6 міс. та в деокупаційний період. Загальна площа зрошуваних земель на території Чкаловської ТГ становить

1754 га. Для дослідження було обрано основний ареал їх розташування на площі 1145 га. Ґрунтовий покрив представлено чорноземом типовим середньогумусним легкоглинистим/важкосуглинковим гранулометричного складу.

Дослідження проводили з використанням як дистанційного, так і наземних методів. Вплив воєнних дій на якісний стан зрошуваних чорноземів оцінювали на підставі аналізу даних дистанційного зондування Землі, польового обстеження земель із відбором та аналізом проб ґрунту і зрошувальної води, а також співставляючи отримані дані з матеріалами сольових зйомок попередніх років. Методика дистанційного дослідження ґрунтів полягала у використанні архівних космічних знімків супутника Sentinel-2 L2A (з роздільною здатністю 10 м на піксель) та знімків високої роздільної здатності з космічного апарату Jilin Kuanfu-01 (Chang Guang Satellite Technology Co, КНР) з роздільною здатністю 50 см. Крім того, було проведено моніторингові дослідження зрошуваних земель після деокупації у 2023 та 2024 р. з метою ідентифікації та оцінювання впливу воєнних дій на якість зрошувальної води і фізико-хімічні властивості зрошуваного чорнозему типового.

Польові дослідження проводили відповідно до чинних нормативних документів і методик сольових зйомок та еколого-агромеліоративного обстеження стану зрошуваних земель [15, 16]. Мережу точок відбору проб ґрунту формували з урахуванням таких чинників, як розмінування території, безпека для життя людини, охоплення площі зрошуваних земель. На зрошуваних та незрошуваному полях вибирали типові ділянки розміром 100×100 м і в межах кожної з них закладали по чотири свердловини до глибини 1 м (методом суцільної колонки через кожні 25 см). Усього було закладено 26 моніторингових ділянок для спостережень та відібрано 104 проби ґрунту.

У пробах ґрунту визначали основні діагностичні показники для оцінювання стану зрошуваного чорнозему

типового: сольовий склад водної витяжки — за ДСТУ 7943:2015, ДСТУ 7944:2015, ДСТУ 7945:2015, ДСТУ 7908:2015, ДСТУ 7909:2015, рН водної витяжки — за ДСТУ 8346:2015, вміст обмінних катіонів — за ДСТУ 7861:2015, вміст рухомих сполук важких металів (ВМ), що випускаються ацетатно-амонійним буферним розчином з рН = 4,8, — за ДСТУ 4770.1:2007-4770.9:2007, уміст органічного вуглецю — за ДСТУ 4289:2004, гранулометричний склад ґрунту — за ДСТУ 4730:2007.

Для визначення сольового складу та вмісту важких металів у зрошувальній воді було відібрано 19 проб підземних та поверхневих вод, зокрема зі ставків. Оцінювання її якості проводили за агрономічними (ДСТУ 2730:2015) та екологічними критеріями (ДСТУ 7286:2012).

Результати досліджень. На першому етапі досліджень, коли сільськогосподарські землі Чкаловської ТГ ще не були розмінованими і автори не мали можливості провести польове обстеження земель, ідентифікацію та оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив проводили з використанням дистанційного методу дослідження, вивчаючи космічні знімки, отримані за допомогою супутника Sentinel-2 L2A та апарату Jilin Kuanfu-01. Такі моніторингові дослідження дають можливість не лише відстежувати прояви механічної та фізичної деградації чорнозему типового внаслідок ведення активних бойових дій, а й підрахувати площі пошкодження. Діагностичними ознаками такого виду впливу є порушення цілісності ґрунтового покриття внаслідок бомботурбації, розривів снарядів та авіабомб, що призводить до порушення структури ґрунтового покриття, цілісності морфологічної будови профілю і генетичних горизонтів. На космічних знімках досліджуваної території такі пошкодження ідентифікуються у вигляді воронок, кратерів різної глибини. Згідно з розрахунками, площа зони бомботурбації на зрошуваних землях Чкаловської ТГ, на якій могли бути зафіксовані прояви фізико-хімічної, хімічної, мілітарної деградації, становила близько 80 га.

Механічні руйнування на зрошуваних землях громади проявляються у перемішуванні генетичних горизонтів чорнозему типового та руйнуванні родючого кореневмісного шару, що зазнав негативного впливу. В результаті ґрунт втрачає свою природну будову, якість і родючість; знижується рівень надання екосистемних послуг. Залежно від ступеня мілітарної деградації ґрунт у подальшому може бути виведений із сільськогосподарського обробітку та переведений до категорії «техногенний ґрунт».

На зрошуваних полях пілотної території, за даними космічних знімків, ідентифікуються ділянки, які зазнали руйнувань через пожежі, що виникли внаслідок розривів снарядів, авіабомб. У результаті потужного термічного впливу відбуваються негативні зміни у верхньому шарі ґрунту, що проявляються у зниженні мікробіологічної та ферментативної активності ґрунту, чисельності мезо- та мікрофауни, руйнуванні органічної речовини. Цей вид впливу класифікується як абіотичний [17] та ідентифікується за чорним кольором території на знімку. На зрошуваних землях Чкаловської ТГ близько 89 га зазнали абіотичного впливу. Ці ділянки розміщені поблизу лісосмуг, що були заміновані, тож відбирати проби ґрунту для дослідження було небезпечно. Проявом механічної деградації на зрошуваних землях Чкаловської ТГ є також накопичення у них залишків мінометних снарядів та інших боєприпасів, військової техніки, різноманітних чужорідних включень, які засмічують ґрунт.

Відібрати проби ґрунту стало можливо лише після деокупації та розмінування території, але аграрії, щоб не зазнати збитків, намагалися якомога швидше розорати та засіяти поля. Проведення технологічних операцій знівельовало наявні вирви й зони бомботурбації, відбулося перемішування ґрунту. На полі стало складно виділити ділянки безпосереднього ураження (вирви та місця навколо них), щоб проаналізувати ґрунт і визначити ступінь його зміни порівняно з неуразеним ґрунтом.

1. Хімічний склад води з джерел зрошення

Джерело зрошення, рік	Уміст солей, г/дм ³	рН	Уміст іонів, мекв/дм ³						
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Ставок у с. Нова Гнилиця (2023)	1,10	7,39	1,75	0,92	13,68	2,95	3,78	9,57	0,05
Ставок у с. Нова Гнилиця, (2024)	1,28	7,55	6,30	1,15	10,67	4,80	4,35	8,91	0,06
Ставок-накопичувач (2024)	1,66	7,86	5,05	2,25	16,73	7,25	5,65	10,9	0,23
НІР ₀₅		0,20	0,72	0,28	1,15	0,56	0,44	0,50	0,03

Зрошення пілотної території до початку воєнних дій проводили очищеними стічними водами тваринницьких ферм. Згідно з результатами попередніх років досліджень (дані Регіонального офісу водних ресурсів в Харківській обл.), вміст солей коливався від 1,9 до 2,4 г/дм³, а вода за агрономічними критеріями оцінювалася як обмежено придатна, а в деякі роки навіть непридатна для зрошення через небезпеку осолонцювання ґрунту та обмежено придатна через небезпеку підлучення ґрунту і токсичного впливу на рослини.

Хімічний склад поливної води, відібраної у 2023–2024 рр., наведено у табл. 1. Поверхневі води зі ставків на території господарства характеризуються як слабомінералізовані з умістом солей 1,10–1,66 г/дм³. Тип засолення — сульфатний магнієво-натрієвий, гідрокарбонатно-сульфатний натрієвий (ставка у с. Нова Гнилиця), гідрокарбонатно-сульфатний кальцієво-натрієвий (ставка-накопичувач). Вода зі ставка у с. Нова Гнилиця за рівнем рН визначена як нейтральна, а вода зі ставка-накопичувача — як слаболужна. За агрономічними критеріями, зазначеними в ДСТУ 2730:2015, вода зі ставка-накопичувача оцінювалася як обмежено придатна для зрошення через небезпеку осолонцювання та підлучення

ґрунту, а вода з інших джерел — як придатна для зрошення. Вміст важких металів у досліджуваних пробах не перевищував установлених нормативів для зрошувальної води згідно з ДСТУ 7286:2012 (табл. 2). Вода за екологічними критеріями оцінювалася як придатна для зрошення. Визначено основні діагностичні показники стану ґрунту зрошуваних земель та оцінено їх еколого-агромеліоративний стан за впливу воєнних дій. Аналіз складу обмінних катіонів свідчить про те (табл. 3), що досліджуваний чорнозем типовий, який до початку воєнних дій тривало зрошувався мінералізованою водою з умістом солей 1,9–2,4 г/дм³, характеризувався переважно як слабосолонцюватий (шар ґрунту 0–25 см). Уміст солонцюючих катіонів натрію та калію, що осолонцюють ґрунт, варіював у межах 3,1–6,0% від суми обмінних катіонів. Лише орний шар ґрунту (шар 0–25 см) окремих свердловин характеризувався як несолонцюватий, а сумарний уміст катіонів натрію та калію там становив 2,1–3,0% від суми обмінних катіонів. Підорний шар зрошуваного ґрунту досліджуваних ділянок характеризувався як несолонцюватий (з умістом катіонів натрію та калію 2,0–3,0% від суми обмінних катіонів) та слабосолонцюватий (3,2–4,3% від суми обмінних катіонів).

2. Уміст важких металів у воді, мг/дм³

Джерело зрошення, рік	Cd	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Ставок у с. Нова Гнилиця (2023)	0,0005	0,0010	0,0003	0,0004	0,0044	0,0013	0,0010	0,0016	0,0006
Ставок у с. Нова Гнилиця (2024)	0,0001	0,0052	0,005	0,036	0,0260	0,027	0,003	0,007	0,010
Ставок-накопичувач (2024)	0,0003	0,0050	0,013	0,002	0,1050	0,206	0,006	0,036	0,009
НІР ₀₅	0,0001	0,0020	0,005	0,0080	0,0030	0,0010	0,0010	0,0020	0,008

Унаслідок воєнних дій (обстрілів території) та ураження зрошуваного ґрунту досліджуваних полів через механічне руйнування, переміщення та вивертання генетичних горизонтів у зоні вирв ймовірним є вилучення ґрунтової маси підорного шару на поверхню, що може призвести до підвищення солонцюватості верхнього орного шару ґрунту або переміщення верхнього солонцюватого шару вглиб профілю. Такий механізм впливу на якісний стан зрошуваного чорнозему типового є проявом фізико-хімічної деградації, що впливає на склад обмінних катіонів ґрунтового вбирного комплексу.

Аналіз катіонно-аніонного складу водної витяжки свідчить, що за вмістом токсичних солей зрошуваний чорнозем типовий характеризується як незасолений. Вміст їх за профілем ґрунту (шари 0–25, 25–50, 50–75, 75–100 см) досліджуваних ділянок коливався від 0,01 до 0,06%. Загальний вміст солей у профілі ґрунту різних ділянок варіював від 0,03 до 0,012%. У незрошуваному ґрунті загальний вміст водорозчинних солей становив 0,06–0,08% (у шарі 0–100 см за досліджуваними глибинами), а токсичних — 0,01–0,03%. Отже, суттєвих відмінностей за загальним вмістом водорозчинних солей та вмістом токсичних солей

між ґрунтом зрошуваних і незрошуваних ділянок не спостерігалось. Але за зрошення відбуваються зміни якісного складу солей водної витяжки, зокрема змінюється співвідношення катіонів Ca/Na. У незрошуваному чорноземі типовому в орному та підорному шарах цей показник становив 15,0–14,6, а з глибиною знижувався до 10,8–11,7. У зрошуваному ґрунті (шари 0–25, 25–50 см) значення показника Ca/Na зменшувалися до 11–5,7, а в ґрунті окремих ділянок — до 2,6–1,4.

Реакція ґрунтового розчину (pH водний) у шарах 0–25 та 25–50 см зрошуваного чорнозему типового досліджуваних ділянок коливалася від нейтральної (pH 7,0–7,5) до слаболужної (7,6–8,0) та лужної (8,1–8,5). Тому необхідно враховувати вимоги сільськогосподарських культур до реакції ґрунтового розчину та проводити заходи задля зниження лужності ґрунту.

Важливим показником, що характеризує якість та здоров'я ґрунту, є вміст гумусу (табл. 4). В орному шарі зрошуваного чорнозему типового він коливався від 3,4 до 5,6%, що характеризує цей показник як підвищений та дуже високий згідно з ДСТУ 4342:2004. У глибших шарах ґрунту вміст гумусу знижувався — оцінювався як середній чи підвищений. Отже, за

3. Уміст обмінних катіонів у зрошуваних ґрунтах Чкаловської ТГ

Номер ділянки	Глибина, см	Уміст обмінних катіонів, мекв/100 г ґрунту					Na ⁺ + K ⁺ , % від суми катіонів	Ступінь солонцюватості ґрунту
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сума		
18	0–25	21,45	4,37	0,26	0,95	27,03	4,5	Слабосолонцюватий
	25–50	20,16	3,95	0,24	0,38	24,73	2,5	Несолонцюватий
19	0–25	20,78	4,30	0,66	0,62	26,36	4,9	Слабосолонцюватий
	25–50	20,63	3,75	0,42	0,38	25,17	3,2	Слабосолонцюватий
20	0–25	21,18	4,73	0,70	0,56	27,17	4,6	Слабосолонцюватий
	25–50	21,73	4,04	0,35	0,34	26,46	2,6	Несолонцюватий
21	0–25	20,74	4,24	0,48	0,44	25,90	3,6	Слабосолонцюватий
	25–50	19,94	3,77	0,22	0,26	24,19	2,0	Несолонцюватий
22	0–25	23,32	4,58	0,40	0,39	28,68	2,8	Несолонцюватий
	25–50	22,58	4,76	0,73	0,42	28,49	4,0	Слабосолонцюватий
HIP ₀₅ 0–25		0,46	0,22	0,13	0,15	0,55		
HIP ₀₅ 25–50		0,32	0,24	0,15	0,14	0,40		

5. Уміст рухомих сполук важких металів (ацетатно-амонійний буферний розчин із рН=4,8) у зрошуваних ґрунтах Чкаловської ТГ, мг/кг

Номер ділянки	Глибина, см	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Категорія забруднення
1	0–25	0,01	0,20	0,12	0,41	0,71	20,31	0,36	3,07	0,42	Допустима
	25–50	0,20	0,07	0,08	0,25	0,99	9,04	0,78	1,24	0,34	Допустима
	50–75	0,13	0,02	0,01	0,35	2,16	9,47	0,67	0,93	0,12	Допустима
	75–100	0,15	0,01	0,23	0,10	1,41	12,89	0,07	2,50	0,12	Допустима
2	0–25	0,07	0,28	0,42	0,20	0,35	15,27	0,58	0,38	0,51	Допустима
	25–50	0,06	0,16	0,31	0,28	1,84	8,33	0,13	1,06	0,14	Допустима
	50–75	0,05	0,18	0,22	0,13	0,29	9,15	0,04	2,41	0,24	Допустима
	75–100	0,09	0,03	0,41	0,37	1,47	14,67	0,22	1,37	0,17	Допустима
22	0–25	0,10	0,01	2,50	0,51	1,46	45,35	0,70	0,56	0,88	Помірно небезпечна
	25–50	0,07	0,04	0,72	0,35	1,55	33,81	0,95	3,31	0,69	Допустима
	50–75	0,05	0,005	0,32	0,16	1,77	28,38	0,75	1,41	0,20	Допустима
	75–100	0,02	0,005	1,33	0,38	2,86	15,43	0,18	3,30	0,09	Допустима
26	0–25	0,05	0,31	1,83	0,87	0,75	37,60	0,38	1,34	0,90	Помірно небезпечна
	25–50	0,08	0,23	0,32	0,33	0,51	29,98	0,78	1,72	0,15	Допустима
	50–75	0,02	0,16	0,59	0,25	1,79	24,80	0,53	0,29	0,12	Допустима
	75–100	0,01	0,13	0,63	0,59	0,72	24,26	0,50	1,85	0,18	Допустима
ГДК		0,7	5,0	6,0	3,0	–	140,0	4,0	6,0	23,0	
Фон		0,1	0,5	0,1	0,5	2,0	43,0	1,0	0,5	1,0	

рухомих сполук важких металів і мікроелементів у зрошуваному чорноземі типовому через рік та через два роки після деокупації Чкаловської ТГ у метровому профілі ґрунту не перевищував гранично допустимих концентрацій. Перевищення фонового вмісту встановлено для свинцю та хрому.

Згідно з отриманими результатами, чорнозем типовий характеризується високою буферністю та адсорбцією рухомих сполук металів, зв'язуванням їх у недоступні сполуки. Забруднення може носити локальний характер, що свідчить про необхідність проведення на ключових ділянках моніторингових досліджень щодо вмісту важких металів та їх міграції по профілю ґрунту, транслокації в сільськогосподарські рослини.

Заходи з відновлення зрошуваних ґрунтів на етапах воєнного та післявоєнного відновлення мають бути спрямовані насамперед на усунення наслідків розвитку деградаційних процесів та підвищення родючості ґрунтів. Один із дієвих

способів усунення механічної та фізичної деградації — проведення структурної меліорації для засипання вирв і траншей, агротехнічних заходів (плантажної оранки) для збільшення потужності кореневмісного шару, розпушування ґрунту. Слід також здійснювати роботи з очищення поверхні ґрунту — збирати і вивозити сторонні предмети (залишки боєприпасів і воєнної техніки). Що стосується агро меліоративних заходів, то рекомендується запроваджувати ґрунтозахисні сівозміни з підбором культур, адаптованих до забруднення й осолонцювання ґрунту. На локальних ділянках забруднення токсичними речовинами рекомендується проводити детоксикацію ґрунту, зокрема застосовувати адсорбенти, здійснювати фітомеліорацію. Хімічна меліорація осолонцюваних чорноземів типових передбачає внесення кальцієвих меліорантів у зрошуваний ґрунт або у поливну воду для покращення її якості. Програма прискореного відновлення родючості та здоров'я

чорноземів Чкаловської ТГ, у тому числі і зрошуваних ґрунтів, спрямована на поліпшення їхнього стану із застосуванням комплексу диференційованих заходів з урахуванням їх властивостей, ступеня

пошкодження та деградації. Вона також передбачає відновлення розвитку меліоративних систем для забезпечення сталого розвитку аграрного сектору економіки в умовах посушливого клімату.

Висновки

З використанням дистанційного та польового методів досліджень оцінено еколого-агромеліоративний стан зрошуваних земель та ідентифіковано прояви мілітарної деградації, яких зазнав ґрунтовий покрив внаслідок воєнних дій. Більш поширеними є прояви механічної мілітарної деградації у вигляді порушення цілісності ґрунтового покриву, руйнування родючого шару через бомботурбації, утворення вурв, накопичення у ґрунті залишків мінометних снарядів та інших боєприпасів. Зафіксовано ділянки, що зазнали абіотичного впливу внаслідок пожеж за воєнних дій. Зрошуваний чорнозем типовий пілотної території характеризується

переважно як слабосолонцюватий, тому в зонах ураження може бути ймовірним вилучення ґрунтової маси підорного шару на поверхню, що може призвести до підвищення солонцюватості верхнього орного шару ґрунту або переміщення верхнього солонцюватого шару вглиб профілю. На локальних ділянках, у зоні обстрілів, зафіксовано зростання категорії забруднення ґрунту до помірно небезпечної через підвищення концентрації хрому та свинцю. Запропоновано заходи з відновлення зрошуваних ґрунтів громади на етапі воєнного та післявоєнного розвитку, що сприятимуть реабілітації ґрунтів, підвищенню їх родючості та якісного стану.

Ця публікація містить результати дослідження, отримані під час виконання проекту «Оцінювання впливу збройної агресії на стан чорноземів і розроблення заходів для прискореного відновлення родючості ґрунтів у контексті забезпечення продовольчої безпеки» № 2022.01/0031 конкурсу «Наука для відбудови України в воєнний та повоєнний періоди» за грантової підтримки Національного фонду досліджень України.

Baliuk S.¹, Vorotyntseva L.², Panarin R.³

NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry named after O.N. Sokolovskiy», 4 Chaikovska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: ¹svyatoslavbaliuk@gmail.com, ²vorotyntseva_ludmila@ukr.net, ³panarinrv1453@gmail.com; ORCID: ¹0000-0002-8372-6514, ²0000-0002-8372-6514, ³0000-0003-4266-721X

The influence of military operations on the properties and quality condition of irrigated typical chernozem

Goal. To assess the impact of military operations on the properties and quality of the typical chernozem based on the results of the survey of the irrigated lands of the Chkalov Territorial Community, to identify the peculiarities of the manifestation of degradation processes, and to propose measures for the restoration of the studied soils at the stage of the war and during the

post-war reconstruction of Ukraine. **Methods.** The method of remote sensing of the Earth — to assess the impact of military actions on the state of the soil; field — to conduct field monitoring studies; laboratory-analytical — to determine the chemical composition of irrigation water and indicators of soil properties; analysis, theoretical generalization, synthesis — to assess the state of irrigated soils of the pilot facility. **Results.** An assessment of the ecological and agro-melioration state of the irrigated lands of the Chkalov community was provided based on the main diagnostic indicators — salt composition, composition of exchangeable cations, content of humus, and mobile compounds of heavy metals. The typical irrigated chernozem (layer 0 – 25 cm) was characterized as weakly salinized with the content of salinizing sodium and potassium cations of 3.1 – 6.0%, and the subsoil soil was characterized as weakly saline (2.0 – 3.0% Na+K from

the sum of exchangeable cations) and unsalted (3.2–4.3% Na+K from the sum of exchangeable cations). In the affected zone, the salinity of the upper arable layer of the soil may increase due to the upturning of the soil stratum. According to the content of toxic water-soluble salts (0.01–0.06% in a meter layer), the irrigated soil was classified as non-saline. The content of humus in the arable layer was 3.4–5.6% and was assessed as elevated and very high. It was determined that the content of mobile compounds of the studied metals did not exceed the established maximum permissible concentrations, but local areas with a moderately dangerous category of contamination (its total Zc index was 19–25) were found in the affected areas due to exceeding the background content of lead and chromium. Manifestations

of mechanical military degradation and abiotic impact (territory of fires) on irrigated lands with an area of 169 hectares were identified. **Conclusions.** Measures to restore irrigated chernozems of the community are proposed, which should be aimed at eliminating the development of degradation processes and increasing soil fertility at the stages of the war and post-war development. These are differentiated measures for structural reclamation, clearing fields of ammunition and weapon residues, detoxification, and agrotechnical and agro-melioration works.

Key words: military operations, ecologically-agro-ameliorative state, irrigation, irrigation water, measures to restore fertility, typical chernozem, quality.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202410-09>

Бібліографія

1. Datsko O., Zakharchenko E., Butenko Y. et al. Ecological Assessment of Heavy Metal Content in Ukrainian Soils *J. of Ecological Engineering*. 2024. 25(11). P. 100–108. doi: 10.12911/22998993/192669
2. Bulba I., Drobitko A., Zadorozhnyi Y., Pismennyi O. Identification and monitoring of agricultural land contaminated by military operations. *Scientific Horizons*. 2024. V. 27. N 7. P. 107–117. doi: 10.48077/scihor7.2024.107
3. Broomandi P., Guney M., Kim J., Karaca F. Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. *Sustainability*. 2020. 12. 9002. doi: 10.3390/su12219002
4. Зайцев Ю.С., Грищенко О.М., Романова С.А., Зайцева І.О. Вплив бойових дій на вміст валових форм важких металів у ґрунтах Сумського та Ахтирського районів Сумської обл. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 3. С. 136–149. doi: 10.33730/2077-4893.3.2022.266419
5. Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротинцева Л.І., Шимель В.В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів та заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 5–11.
6. Ґрунтові ресурси України: збалансоване використання, прогноз та управління; за наук. ред. С.А. Балюка, М.М. Мірошніченка, Р.С. Трускавецького. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 452 с.
7. Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення: моногр.; за ред. С.А. Балюка, А.В. Кучера, М.І. Ромащенко. Київ: Аграрна наука, 2024. 340 с. doi: 10.31073/978-966-540-612-9
8. Бутенко Є., Кузнєцова О., Созацька М. До питання оцінки наслідків негативного впливу бойових дій на землях територіальних громад Донецької області. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2023. № 2. С. 92–103. doi: 10.31548/zemleustriy2023.02.09
9. Олішевський В. Оцінка впливу воєнних дій на сільськогосподарське землекористування. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2024. № 1. С. 130–138. doi: 10.31548/zemleustriy2024.01.011
10. Матяш Т., Бутенко Ю., Крученко А. та ін. Ідентифікація зон руйнувань меліоративних систем та оцінка зрошуваного землеробства за даними ДЗЗ. *Меліорація і водне господарство*. 2023. № 2. С. 27–37. doi: 10.31073/mivg202302-369
11. Дорош М.Й., Ібатуллін Ш.І., Дорош О.С. та ін. Оцінювання наслідків руйнування дамби Каховської ГЕС на зрошені землі у зоні впливу Каховського водосховища. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2024. № 1. С. 6–18.
12. На розмінованих землях України вже можна виростити 1 млн т зерна. Прес-служба Апарату Верховної Ради України. 17.01.2024 р. URL: https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/245689.html
13. Концептуальні підходи до відновлення ґрунтів, що постраждали від збройної агресії: моногр.; за ред. С.А. Балюка, А.В. Кучера, І.В. Пліско. Київ: Аграрна наука, 2024. 216 с. doi: 10.31073/978-966-540-604-4
14. Балюк С.А., Захарова М.А., Воротинцева Л.І. Оцінка впливу збройної агресії та воєнних дій на стан зрошуваних ґрунтів України.

Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф., присвяченої 125-річчю Національного університету біоресурсів і природокористування України. Секція 2. Післявоєнне відновлення рослинних ресурсів та екологічна безпека країни (Київ, 25 травня 2023 р.). Київ, 2023. С. 510–512.

15. *ВНД 33-5.5-11-02*. Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України. Київ: Держводгосп України, 2002. 40 с.

16. *Методика* еколого-агромеліоративного обстеження зрошуваних земель: посібник 2

до ВНД 33-5.5-11-02 «Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України». Харків, 2003. 22 с.

17. *Солоха С.О., Коньшин Р.В., Дегтярьов В.В.* Ідентифікатори впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив за супутниковими даними. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Вип. 137. С. 235–244. doi: 10.32782/2226-0099.2024.137.29

18. *Нормативи* гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також перелік таких речовин: Постанова Кабінету Міністрів України від 15 грудня 2021 р. № 1325. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>