



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
АГРАРНИХ НАУК
УКРАЇНИ

NATIONAL ACADEMY
OF AGRARIAN SCIENCES
OF UKRAINE



НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ІНСТИТУТ ҐРУНТОЗНАВСТВА
ТА АГРОХІМІЇ імені О. Н. СОКОЛОВСЬКОГО»

NATIONAL SCIENTIFIC CENTER «INSTITUTE
FOR SOIL SCIENCE AND AGROCHEMISTRY
RESEARCH named after O. N. SOKOLOVSKY»

Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення



Аграрна наука

NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE

NATIONAL SCIENTIFIC CENTER
«INSTITUTE FOR SOIL SCIENCE AND AGROCHEMISTRY
RESEARCH named after O. N. SOKOLOVSKY»

**Soil cover of Ukraine
in the conditions of hostilities:
state, challenges, activities
For soil restoration**

MONOGRAPH

Edited by:

S. A. Baliuk –

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;*

A. V. Kucher –

*Doctor of Economic Sciences, Senior Researcher,
Corresponding Member of the Academy of Economic Sciences of Ukraine;*

M. I. Romashchenko –

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*

Kyiv
Agrarna nauka
2024

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ІНСТИТУТ ҐРУНТОЗНАВСТВА ТА АГРОХІМІЇ
імені О. Н. СОКОЛОВСЬКОГО»

Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення

МОНОГРАФІЯ

За редакцією:

С. А. Балюка –

*доктора сільськогосподарських наук, професора,
академіка НААН;*

А. В. Кучера –

*доктора економічних наук, старшого дослідника,
члена-кореспондента АЕНУ;*

М. І. Ромащенко –

*доктора технічних наук, професора,
академіка НААН*

Київ
Аграрна наука
2024

УДК 631.4(477):[338.14:338.246.8](043.2)

JEL Q00, Q15, Q18, Q57, Q58

DOI: 10.31073/978-966-540-612-9

Г 90

*Рекомендовано до друку
рішенням ученої ради Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені О. Н. Соколовського»
08 січня 2024 р. (протокол № 1)*

Рецензенти:

В. А. Величко – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН
(*ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»*);

О. І. Дребот – доктор економічних наук, професор, академік НААН,
(*Інститут агроекології і природокористування НААН*);

М. С. Мальований – доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки
і техніки України (*Національний університет «Львівська політехніка»*)

Авторський колектив:

С. А. Балюк, А. В. Кучер, М. І. Ромащенко, А. Б. Ачасов, Л. І. Воротинцева,
Л. Є. Купінець, О. А. Никитюк, Є. В. Скрильник, В. А. Сташук, Б. О. Файбишенко,
О. С. Бончковський, В. А. Гаврилюк, М. А. Захарова, Є. М. Мацелюк, Г. Ф. Момот,
О. П. Музика, П. О. Остапенко, Р. В. Сайдак, В. Л. Самохвалова, С. В. Усатий,
А. М. Шевченко, В. В. Шмель, А. С. Бончковський, В. В. Книш, О. М. Немошкालов,
О. Ю. Селіверстов, Л. Г. Усата, В. М. Швайко

**Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики,
Г 90 заходи з відновлення:** монографія; за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера,
М. І. Ромащенка. Київ: Аграрна наука, 2024. 340 с.

ISBN 978-966-540-612-9

У монографії з позицій між- і трансдисциплінарного підходів викладено результати дослідження стану, викликів і заходів з відновлення ґрунтового покриву та меліоративних систем, що зазнали впливу воєнних дій. Здійснено комплексне оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив і дистанційний моніторинг наслідків бойових дій на території Харківської області. Запропоновано методичні підходи до розрахунку репарації за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям унаслідок збройної агресії. Розроблено концептуальні положення щодо відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів і нові методи контролю деградації. Обґрунтовано потенційну ефективність застосування донних відкладень для підвищення родючості ґрунтів і відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій. Представлено концептуальне бачення вирішення питання відновлення Каховського водосховища та залучення водних ресурсів р. Дунай як основи планів повоєнної відбудови південних регіонів України.

Розраховано на фахівців органів державного й регіонального управління та місцевого самоврядування, законотворців, науковців, викладачів і здобувачів вищої освіти.

Підготовку монографії ініційовано в процесі 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 у воєнний та повоєнний періоди» за грантової підтримки Національного фонду досліджень України.

УДК 631.4(477):[338.14:338.246.8](043.2)

DOI: 10.31073/978-966-540-612-9

© Автори, 2024

© ННЦ «Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені О. Н. Соколовського», 2024

© Державне видавництво
«Аграрна наука» НААН, 2024

ISBN 978-966-540-612-9

UDC 631.4(477):[338.14:338.246.8](043.2)
JEL Q00, Q15, Q18, Q57, Q58
DOI: 10.31073/978-966-540-612-9

*Recommended for publication
by the decision of Academic Council of the NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry
Research named after O. N. Sokolovsky»
from January 08, 2024 (protocol number 1)*

Reviewers:

Prof. V. A. Velychko – Doctor of Agricultural Sciences, Academician of NAAS
(NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky»);

Prof. O. I. Drebot – Doctor of Economic Sciences, Academician of NAAS
(Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS);

Prof. M. S. Malovanyi – Doctor of Technical Sciences, Honored Science and Technology
Figure of Ukraine (Lviv Polytechnic National University)

Authors:

S. A. Baliuk, A. V. Kucher, M. I. Romashchenko, A. B. Achasov, L. I. Vorotyntseva,
L. Ye. Kupinets, O. A. Nykytiuk, Ye. V. Skrylnyk, V. A. Stashuk, B. O. Faybishenko,
O. S. Bonchkoskyi, V. A. Gavrylyuk, M. A. Zakharova, Ye. M. Matseliuk, H. F. Momot,
O. P. Muzyka, P. O. Ostapenko, R. V. Saidak, V. L. Samokhvalova, S. V. Usatyi,
A. M. Shevchenko, V. V. Shymel, A. S. Bonchkovskyyi, V. V. Knysh, O. M. Nemoshalov,
O. Y. Seliverstov, L. G. Usata, V. M. Shvaiko

**Baliuk S. A., Kucher A. V. & Romashchenko M. I. (Ed.) (2024). Soil cover
of Ukraine in the conditions of hostilities: state, challenges, activities
for soil restoration: monograph. Kyiv: Agrarna nauka, 2024. 340 p.**

ISBN 978-966-540-612-9

The monograph presents the results of a study of the state, challenges and measures to restore soil cover and amelioration systems affected by military operations using inter- and transdisciplinary approaches. A comprehensive assessment of the impact of hostilities on soil cover and remote monitoring of the consequences of hostilities on the territory of the Kharkiv region is carried out. Methodical approaches to calculating reparations for damage caused to productive agricultural lands as a result of armed aggression are proposed. Conceptual provisions on the restoration and use of chemically contaminated soils of land plots under military-technogenic influences and new methods of degradation control are developed. The potential effectiveness of using bottom sediments to increase soil fertility and restore lands damaged during military actions is substantiated. The article presents a conceptual vision of solving the issue of restoring the Kakhovka Reservoir and using the water resources of the Danube River as the basis for post-war reconstruction plans for the southern regions of Ukraine.

The book is intended for specialists of state, regional and local self-government bodies, policy makers, scientists, professors and students of higher education.

The preparation of the monograph was initiated during the implementation of the project «Assessment of the impact of armed aggression on the state of black soils and the development of measures for the accelerated restoration of soil fertility in the context of ensuring food security» No. 2022.01/0031 of the competition «Science for the recovery of Ukraine in the war and post-war periods» under the grant support of the National Research Foundation of Ukraine.

UDC 631.4(477):[338.14:338.246.8](043.2)
DOI: 10.31073/978-966-540-612-9

© Authors, 2024
© NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry
Research named after O. N. Sokolovsky», 2024
© State Publishing House
«Agrarna nauka» of NAAS, 2024

ISBN 978-966-540-612-9

ЗМІСТ

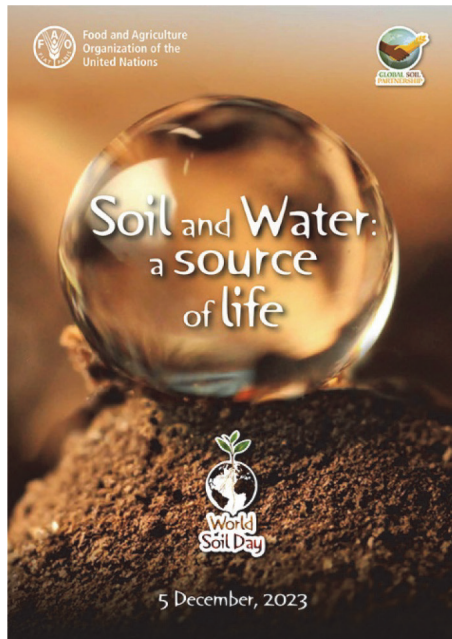
Передмова (Балюк С. А., Кучер А. В.)	9
Вступ (Балюк С. А., Кучер А. В., Ромащенко М. І.)	12
Розділ 1. Комплексне оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив (на прикладі Харківської області) (Бончковський О. С., Остапенко П. О., Швайко В. М., Бончковський А. С.)	19
Розділ 2. Дистанційний моніторинг наслідків бойових дій на території Харківської області (Ачасов А. Б., Немошкалов О. М., Селіверстов О. Ю.)	97
Розділ 3. Методичні підходи до розрахунку репарацій за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям у результаті збройної агресії (Купінець Л. Є.)	131
Розділ 4. Відновлення і використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів: концептуальні положення та нові методи контролю деградації (Самохвалова В. Л.)	189
Розділ 5. Застосування донних відкладень для підвищення родючості ґрунтів і відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій (Балюк С. А., Воротинцева Л. І., Захарова М. А., Скрильник Є. В., Кучер А. В., Гаврилюк В. А., Шимель В. В., Момот Г. Ф.)	239
Розділ 6. Відновлення Каховського водосховища та залучення водних ресурсів річки Дунай – основа планів повосенної відбудови південних регіонів України (Ромащенко М. І., Файбишенко Б. О., Шевченко А. М., Усата Л. Г., Сайдак Р. В., Сташук В. А., Никитюк О. А., Мацелюк Є. М., Музика О. П., Усатий С. В., Книш В. В.)	279
Висновки (Кучер А.В., Балюк С.А.)	316
Резолюція міжнародної науково-практичної конференції «Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення» (Балюк С. А., Кучер А. В., Шимель В. В.)	322
Інформація про редакторів та авторів	336

CONTENT

Foreword (<i>Baliuk S. A., Kucher A. V.</i>)	9
Introduction (<i>Baliuk S. A., Kucher A. V., Romashchenko M. I.</i>)	12
Chapter 1. Comprehensive assessment of the impact of warfare on the soil (the case of the Kharkiv region) (<i>Bonchkoskyi O. S., Ostapenko P. O., Shvaiko V. M., Bonchkovskyi A. S.</i>)	19
Chapter 2. Remote monitoring of the consequences of military actions on the territory of the Kharkiv region (<i>Achasov A. B., Nemoshkalov O. M., Seliverstov O. Y.</i>)	97
Chapter 3. Methodical approaches to calculating reparations for damage caused to productive agricultural lands as a result of armed aggression (<i>Kupinets L. Ye.</i>)	131
Chapter 4. Restoration and use of chemically contaminated soils of land plots under military-technogenic impacts: conceptual provisions and new methods of degradation control (<i>Samokhvalova V. L.</i>)	189
Chapter 5. Application of bottom sediments to improve the soil fertility and restore lands damaged during military actions (<i>Baliuk S. A., Vorotyntseva L. I., Zakharova M. A., Skrylnyk Ye. V., Kucher A. V., Gavrilyuk V. A., Shymel V. V., Momot H. F.</i>)	239
Chapter 6. Restoration of the Kakhovka Reservoir and utilization of water resources of the Danube River as a basis for post-war reconstruction plans for the southern regions of Ukraine (<i>Romashchenko M. I., Faybishenko B. O., Shevchenko A. M., Usata L. G., Saidak R. V., Stashuk V. A., Nykytiuk O. A., Matseliuk Ye. M., Muzyka O. P., Usatyi S. V., Knysh V. V.</i>)	279
Conclusions (<i>Kucher A. V., Baliuk S. A.</i>)	316
Resolution of the international scientific and practical conference «Soil cover of Ukraine in the conditions of hostilities: state, challenges, activities for soil restoration» (<i>Baliuk S. A., Kucher A. V., Shymel V. V.</i>)	329
Information about editors and authors	336

*Присвячуємо
Всесвітньому дню ґрунту
(World Soil Day)*

*Девіз 2023 р.:
«Ґрунт і вода – джерело життя»
(Soil and Water: a Source of Life)*



ПЕРЕДМОВА

Монографія, яку ви зараз переглядаєте, містить матеріали, підготовлені на основі доповідей, що були оприлюднені на міжнародній науково-практичній конференції «Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення» з нагоди Всесвітньому дня ґрунту (World Soil Day), який у 2023 р. проходив під девізом «Ґрунт і вода – джерело життя».

Нині увагу всієї світової громадськості прикуто до подій в Україні через масштабну збройну агресію з боку рф. Тому обов'язок науковців – окреслити масштаби руйнування ґрунтового покриву, визначити шкоду та збитки, завдані земельному фонду і ґрунтовим ресурсам, запропонувати шляхи подолання наслідків бойових дій та відновлення родючості ґрунтів. І в цьому аграрна наукова спільнота вбачає свою місію. Тому 5 грудня 2023 р. у Національному науковому центрі «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» проведено другу міжнародну науково-практичну конференцію «Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення», організовану за підтримки Національної академії аграрних наук України, Міністерства аграрної політики та продовольства України, Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України і Громадської організації «Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків». Захід зареєстровано на Інтерактивній глобальній карті подій Продовольчої та сільськогосподарської Організації Об'єднаних Націй (ФАО). Конференцію проведено в рамках грантового проекту Національного фонду досліджень України «Оцінювання впливу збройної агресії на стан чорноземів і розроблення заходів для прискореного відновлення родючості ґрунтів у контексті забезпечення продовольчої безпеки» конкурсу «Наука для відбудови України в воєнний та повоєнний періоди», за підтримки Програми USAID з аграрного і сільського розвитку (АГРО) та міжнародного журналу «Journal of Innovations and Sustainability».

Робота чотирьох секцій конференції проходила за такими напрямками:

1. Вплив збройної агресії і воєнних дій на земельні та ґрунтові ресурси України (Модератори: Вадим СОЛОВЕЙ – канд. с.-г. наук, с. н. с.; Максим СОЛОХА – д-р с.-г. наук, с. н. с.);

2. Оцінювання стану, шкоди та збитків (Модератор: Анатолій КУЧЕР – д-р екон. наук, ст. досл., чл.-кор. АЕНУ);

3. Заходи з відновлення здоров'я ґрунтів (Модератор: Катерина СМІРНОВА – канд. с.-г. наук);

4. Нові виклики. Оцінка наслідків підризу дамби Каховської ГЕС для ґрунтового покриву та шляхи їх подолання (Модератор: Марина ЗАХАРОВА – канд. с.-г. наук, ст. досл.).

У зазначеному заході брали участь понад 250 учасників, із них понад 20 – із різних зарубіжних країн. Міжнародні організації представляли: експрезидент, представник Міжнародного союзу ґрунтознавців Лаура Берта Рейес САНЧЕС (Мексика); уповноважений представник Секретаріату Глобального ґрунтового партнерства, провідний фахівець департаменту землі та води ФАО Наталія РОДРІГЕС (Італія); Координатор програми розмінування та відновлення земель Тіфані ЛУКАС (ФАО, Україна), яка виступила з доповіддю «Досягнення та ключові цілі проєкту WFP/FAO: Ініціатива з розмінування та реабілітації ґрунтів у Харківській області»; доктор Венделін ВІЧТМАН, Фонд Міхаеля Зуккова, партнер Greifswald Mire Center (Німеччина) виступив із доповіддю «Економічні можливості повторного зволоження (або перезволоження) забруднених торфовищних ґрунтів в Україні».

Спікери конференції наголосили на масштабах та інтенсивності прояву деградаційних процесів у ґрунтах України, зокрема у межах окремих територіальних громад Харківської області, посиленні вітроерозійних процесів у зоні бойових дій, методичних підходах до моніторингу пошкоджених бойовими діями ґрунтів за допомогою методів дистанційного зондування, акцентували увагу на основних методичних підходах до визначення збитків, завданих продуктивним землям України. Акцентовано на основних положеннях системи класифікації та оцінювання ступеня деградації ґрунтів, спричиненої бойовими діями. Також окреслено основні напрями відновлення

грунтового покритву та родючості ґрунтів на законодавчому, нормативно-методичному рівнях і концептуально-методологічні й технологічні підходи до відновлення пошкоджених ґрунтів і ґрунтового покритву, зокрема з використанням природних сировинних ресурсів.

У доповідях широко й обґрунтовано висвітлено проблему щодо наслідків руйнування дамби Каховської ГЕС, пошкодження ґрунтового покритву та масштабів екологічних збитків, надано пропозиції щодо повоєнної відбудови аграрного сектору південних регіонів України.

За результатами обговорення підготовлено Резолюцію міжнародної науково-практичної конференції, яку висвітлено у засобах масової інформації з метою загострення уваги на необхідності подолання наслідків воєнних дій російської федерації, визначення економічних та екологічних збитків, завданих ґрунтовим ресурсам держави. За результатами конференції опубліковано електронну збірку тез доповідей¹ і підготовлено цю монографію.

Із відеозаписом конференції та презентаціями доповідей можна ознайомитися на сайті Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», відсканувавши QR-код:



¹ *Ґрунтовий покритв України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення*: збірник тез міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 5 грудня 2023 р.). Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», 2023. 86 с.
<https://doi.org/10.31073/issar122023>

ВСТУП

Проблеми ефективного використання потенціалу українських, переважно чорноземних ґрунтів, що останніми роками були викликані змінами клімату й зумовленим цими змінами процесом зневоднення території України, зокрема погіршенням умов природного вологозабезпечення ґрунтів, значно ускладнилися внаслідок повномасштабної збройної агресії російської федерації. Якщо низка проблем, пов'язаних із погіршенням природного вологозабезпечення, розв'язувалися через нарощування потенціалу зрошення та дренажу згідно із завданнями «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» та Плану заходів з її реалізації на основі дотримання Постанови Кабінету Міністрів України від 2 вересня 2020 р. № 766 «Про нормативи екологічно безпечного зрошення, осушення, управління поливами та водовідведенням», а також поступовим переходом до застосування нульових і мінімальних технологій обробітку ґрунту з одночасним розширенням площ вирощування більш посухостійких сільськогосподарських культур, то активні бойові дії спричинили широкомасштабну та довготривалу деградацію довкілля, зокрема і ґрунтів.

На значній території України пошкоджені природні степові комплекси, знищено лісові насадження, вітрозахисні смуги, а через руйнування Каховського водосховища сталася масштабна екологічна катастрофа на півдні України, особливо негативним наслідком якої є позбавлення джерела води для потреб промислового та комунального водопостачання цілої низки областей, зокрема для потреб зрошення, яке, як ми зазначали, відіграло і в перспективі (з огляду на прогресуюче зростання середньорічної температури повітря з найвищою для Європи швидкістю понад 0,7 °C/10 років) мало відігравати важливу роль компенсатора дефіциту природного вологозабезпечення ґрунтів та важливого чинника забезпечення сталості землеробства в умовах змін клімату.

Порушення ґрунтів унаслідок воєнних дій (деградація структури в результаті механічної руйнації, втрата гумусу і поживних речовин, активізація водної та вітрової ерозії, переущільнення, забруднення боеприпасами, радіонуклідами і важкими металами, нафтопродуктами, пестицидами тощо) орієнтовно на 20 % сільськогосподарських угідь стали для України найбільш відчутним негативним наслідком воєнних дій. І не лише тому, що аграрний сектор економіки України в умовах війни залишається найбільшим джерелом валютних надходжень, а й через те, що земля (ґрунт) для українців, які є прямими нащадками трипільців – творців однієї з найдавніших землеробських цивілізацій (культур) у світовій історії, є об'єктом глибокого національного та культурного спадку. Загальновідомо, що 3–5 тис. років тому на землях межиріччя Дніпра та Дністра існувала розвинена цивілізація, основою життя якої було землеробство. Тому земля (ґрунт) для кожного українця є поняттям сакральним, а ставлення українців до ґрунту можна порівнювати хіба що зі ставленням до матері: «і мати, і земля – рідні нені».

Але повернемося до наших ґрунтів і до того, яку роль у розв'язанні проблеми відновлення порушених воєнними діями ґрунтів відіграють наші витоки. На наше переконання, – визначальну, адже впродовж тисячоліть на території сучасної України формувалася нація справжніх землеробів, в основі життєдіяльності та цивілізаційного розвитку яких було землеробство. Причому це землеробство еволюціонувало та розвивалося не на основі освоєння нових територій (вирубання і випалювання лісів), що було характерним для нашого залятого ворога – Московії, а на основі пошуку та застосування нових, більш ефективних технологій постійного багаторічного використання одних і тих самих земельних ділянок. Саме ця обставина на генетичному рівні сформувала в українців бережливе, а не хижацьке, ставлення до використання ґрунтів.

Згадаємо, яким станом вирізняються ґрунти на присадибних ділянках – здебільшого це постійне поліпшення всіх характеристик ґрунтів та збільшення в них вмісту гумусу. Не ідеалізуючи цю обставину, а просто розглядаючи її як засадничу основу ставлення українців до землі і ґрунтів, маємо глибоке переконання та впевненість у тому, що нам під силу вирішити надзвичайно складне в усіх

аспектах завдання – відновлення ґрунтів, пошкоджених унаслідок варварських дій російського агресора. За цього і для цього ми маємо розробити та впровадити у практику величезну кількість нових, практично невідомих світовій науці про ґрунти технологічних прийомів і технічних засобів їх реалізації. Саме про таке ставлення до вирішення цього завдання свідчать наведені у цій монографії результати, отримані українськими науковцями і передусім фахівцями флагмана українського ґрунтознавства – Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», а також інших наукових установ Національної академії аграрних наук України, Національної академії наук України, закладів вищої освіти. Звичайно, це лише перші кроки на шляху до розв’язання величезної за своїми масштабами проблеми. Попереду значні обсяги робіт, спрямовані на визначення, передусім, стратегій, переліку головних заходів і реалізації планів з повоєнного відновлення ґрунтового покриву України.

Відомо, що наукові й технологічні прориви здійснюються, як правило, на межі наук, у результаті комплексних досліджень об’єктів і пов’язаних із ними проблем. При цьому під міждисциплінарними розуміють комплексне вивчення єдиного предмета дослідження представниками різних наукових дисциплін. Полідисциплінарність означає спільне вивчення певного складного об’єкта різними дисциплінами (наприклад, вивчення охорони родючості ґрунтів ґрунтознавством, агрохімією, екологією, економікою, правом тощо)². Трансдисциплінарність передбачає дослідження, що виходять за рамки певної дисципліни, при цьому методи й засоби переносяться з однієї галузі в іншу.

Запропонована монографія є однією з перших спроб з позицій між- і трансдисциплінарного підходів (роботу підготували фахівці із сільськогосподарських, технічних, географічних й економічних наук) виявити сучасний стан ґрунтового покриву, виклики щодо використання ґрунтових ресурсів, а також запропонувати можливі

² Рациональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів: організаційно-економічні, екологічні й нормативно-правові аспекти: кол. моногр.; за ред. акад. НААН С. А. Балюка, чл.-кор. АЕНУ А. В. Кучера. Харків: Смуґаста типографія, 2015. 432 с.

заходи з відновлення ґрунтів і меліоративних систем, що зазнали впливу воєнних дій³. У цій монографії викладено як теоретико-методологічні, так і методичні й аналітико-прикладні аспекти оцінювання втрат і збитків, яких зазнали ґрунти від російської агресії й відновлення стану та якості ґрунтів на відвойованих територіях. При цьому дослідження зорієнтовано саме на вирішення цих питань в аграрному секторі. Що ж стосується ґрунтів земель несільськогосподарського призначення, то вони виходять за межі нашого предмету дослідження і їх доцільно розглядати як самостійні напрями наукового пошуку.

Монографія містить шість розділів:

- у *першому* розділі висвітлено методику й результати комплексної оцінки впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив (на прикладі Харківської області);
- у *другому* розділі представлено методику й результати проведення дистанційного моніторингу пошкодження сільськогосподарських угідь унаслідок бойових дій (на прикладі Харківського району Харківської області);
- у *третьому* розділі запропоновано методичні підходи до розрахунку репарацій за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям унаслідок збройної агресії;
- *четвертий* розділ відображає концептуальні положення щодо відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів і нові методи контролю деградації;

³ Серед невеликого переліку сучасних монографічних праць, присвячених проблемі мілітарної деградації та повоєнного відновлення ґрунтів, що відзначаються міждисциплінарністю дослідження, варто виділити такі роботи:

1. Балюк С. А., Кучер А. В., Солоха М. О., Соловей В. Б., Смірнова К. Б., Момот Г. Ф., Левін А. Я. Вплив збройної агресії та воєнних дій на сучасний стан ґрунтового покриву, оцінка шкоди та збитків, заходи з відновлення: наук. доп. Харків: ФОП Бровін О. В., 2022. 102 с. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15740.41608>

2. Стан і завдання наукового забезпечення управління ґрунтовими ресурсами на етапі збройної агресії та повоєнного відновлення: моногр.; за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера. Київ: Аграрна наука, 2023. 168 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-590-0>

3. *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. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-604-4>

- *п'ятий* розділ присвячено обґрунтуванню потенційної ефективності застосування донних відкладень для підвищення родючості ґрунтів і відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій;
- у *шостому* розділі представлено концептуальне бачення вирішення питання відновлення Каховського водосховища та залучення водних ресурсів р. Дунай як основи планів повоєнної відбудови південних регіонів України.

Монографія включає й узагальнює результати дослідження багатьох авторів з різних наукових установ, закладів вищої освіти, громадських організацій не лише України, а й США, що відображають сучасні наукові досягнення у дослідженні порушеної проблеми. Природно, що однією з особливостей книги є багатоманіття поглядів, які об'єднує в єдине ціле спільна ідея – обґрунтування напрямів і заходів з відновлення здоров'я ґрунтів з урахуванням результатів оцінювання впливу збройної агресії і воєнних дій на земельні та ґрунтові ресурси України, розрахунку репарацій за шкоду, завдану сільськогосподарським землям. Автори вміщених у колективній монографії матеріалів висловлюють власну думку, яка не завжди збігається з науковою позицією редакторів. За зміст матеріалів відповідальність несуть автори.

Переконані, що саме спільні зусилля вчених із різних наукових дисциплін можуть знайти правильне пояснення тим непростим процесам у ґрунтових екосистемах, до яких призводить збройна агресія РФ і бойові дії, зокрема нові виклики, пов'язані з підривом дамби Каховської ГЕС. Упевнені, що подальша творча співпраця між дослідниками різних наукових установ, навчальних закладів і громадських організацій буде сприяти продукуванню перспективних концептуальних підходів до розв'язання наукової проблеми повоєнного відновлення ґрунтів і меліоративних систем.

У перспективі першочергові зусилля науковців мають бути зосереджені на: науковому забезпеченні заходів і технологій прискореного відновлення деградованих ґрунтів; розробленні інноваційних технологій рекультивації пошкоджених воєнними діями земель; удосконаленні національної політики у сфері землекористування й охорони ґрунтів. Безумовно, серед першочергових заходів мають

бути розробки, спрямовані на підвищення водозабезпечення відновлених територій, зокрема розроблення техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) та проєкту відновлення Каховського водосховища і всіх зрошувальних систем, що залишилися без джерел води або були пошкоджені чи зруйновані воєнними діями. Звичайно ж, наведений перелік першочергових заходів не є вичерпним, він обов'язково буде доповнюватись новими складниками, які однозначно з'являться під час виконання досліджень, спрямованих на пошук найефективніших технологій відновлення та повернення у повноцінне використання пошкоджених ґрунтів.

Ця монографія, з огляду на глибинність і різнобічність проблеми оцінювання наслідків впливу збройної агресії та воєнних дій на земельні і ґрунтові ресурси України й обґрунтування шляхів їх подолання, не в змозі дати вичерпну відповідь на всі поставлені в ній питання, не кажучи вже про ті аспекти, які, з певних міркувань, не знайшли в цьому дослідженні відображення. Проте сподіваємося, що здійснені у монографії напрацювання теоретичного, методологічного й аналітичного характеру будуть корисними для науковців, викладачів, керівників і спеціалістів органів державного та регіонального управління і місцевого самоврядування, законотворців, фахівців аграрних формувань, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться питаннями мілітарної деградації ґрунтів та повоєнного відновлення ґрунтових ресурсів і меліоративних систем.

Висловлюємо щирі вдячність рецензентам монографії: докторові сільськогосподарських наук, професорові, академікові НААН, головному науковому співробітнику відділу ґрунтових ресурсів Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» Володимире ВЕЛИЧКУ; докторові економічних наук, професорові, академікові НААН, директорці Інституту агроєкології і природокористування НААН Оксані ДРЕБОТ; докторові технічних наук, професорові, заслуженому діячу науки і техніки України, завідувачеві кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету «Львівська політехніка» Мирославу МАЛЬОВАНОМУ за підтримку й доброзичливість, а також усім, хто сприяв оприлюдненню цієї роботи.

Ще раз хочемо подякувати всім авторам монографії за підготовлені та надані матеріали, які, на наше переконання, стануть надійним підґрунтям виконання подальшого величезного комплексу досліджень і розробок, реалізація яких допоможе повернути пошкоджені воєнними діями ґрунти у повноцінне сільськогосподарське використання!

Зичимо всім успіхів, результативної подальшої роботи та якнайшвидшої Перемоги над нашим заклятим ворогом!

Слава Україні!
Героям Слава!

З повагою, наукові редактори:

Святослав БАЛЮК,

д-р с.-г. наук, професор, академік НААН;

Анатолій КУЧЕР,

д-р екон. наук, ст. досл., чл.-кор. АЕНУ;

Михайло РОМАЩЕНКО,

д-р техн. наук, професор, академік НААН



Комплексне оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив (на прикладі Харківської області)

О. С. Бончковський^{1,2}, П. О. Остапенко^{1,2}, В. М. Швайко^{1,3}, А. С. Бончковський^{1,4}

¹ГО «Товариство дослідників України», м. Київ, Україна

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

³Інститут географії НАН України, м. Київ, Україна

⁴Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України, м. Київ, Україна

E-mail: info@tdukr.com

Анотація. У розділі представлено методику комплексного оцінювання пошкодження війною ґрунтів та результати її апробації на території Харківської області. Методика передбачає три етапи досліджень: геопросторовий, польовий і лабораторний із подальшим синтезом усіх матеріалів. Об'єктом вивчення визначено пошкоджені ґрунти орних земель Харківської області (крім зони у 40 км до державного кордону та лінії розмежування) з використанням геопросторового аналізу, ґрунтознавчих, екологічних, геохімічних та геоморфологічних методів. На основі дешифрування космічних знімків високої просторової роздільної здатності ідентифіковано 420615 кратерів діаметром 0,5–26,1 м, 4112 га бомбтурбованих та 3412 га потенційно ущільнених унаслідок руху військової техніки ґрунтів. Наведено результати моделювання потенціалу ґрунтів до утримання забруднювальних речовин та ерозійного ризику ґрунтів з метою прогнозу їх вертикальної і латеральної міграції. У польових умовах досліджено генетичний профіль бомбтурбованих ґрунтів, визначено головні морфологічні форми бомбтурбації, ідентифіковано морфологічні та морфометричні параметри кратерів як імпактних форм рельєфу, а також вивчено динаміку екзогенних геоморфологічних процесів у кратерах. Представлено результати аналізу вмісту важких металів у 143 пробах, які засвідчили нерівномірний характер забруднення у результаті детонації боєприпасів різного калібру в різних ландшафтних умовах. Наведено найвищі концентрації важких металів, виявлені на місцях горіння та вибуху військової техніки. Встановлено, що основними індикаторами бойових дій є такі важкі метали, як кадмій, мідь, цинк і свинець.

Ключові слова: бомбтурбація, кратер, орні землі, дистанційне зондування Землі, ґрунтовий покрив, російсько-українська війна, забруднення важкими металами.

1.1. Вступ

Через велику кількість вибухонебезпечних предметів (далі – ВВП), залишених унаслідок бойових дій через збройну агресію РФ проти України, в Україні всі території, які є чи були тимчасово окупованими, вважаються потенційно забрудненими ВВП (<https://suspilne.media/445278-u-dsns-rozpozvili-pro-obsagi-zabrudnenna-ukraini-vibuhonebezpecnimi-predmetami>). До цих територій також потрібно включати зону 20 км вздовж державного кордону з республікою Білорусь та російською федерацією у межах 40 км, на якій Сили Оборони України захищають державний кордон. Також до цих територій належать ті, які не були тимчасово окуповані військами РФ, проте на цих територіях здійснювалися заходи оборонного характеру. Ідентифікація саме таких територій потребує детальних досліджень, про які буде описано нижче.

Починаючи з 2014 р., в Україні опубліковано чимало праць, присвячених впливу бойових дій на стан навколишнього середовища Донбасу (Настасенко та ін., 2014; Кравченко та ін., 2015; Кравченко (ред.), 2015; Побережна і Станецький, 2017; Блага та ін., 2017; Старцев (ред.), 2017; Бондар та ін., 2018; Environment of Donbas..., 2021). Проте особливий інтерес до наслідків екоциду з боку Росії з'явився після початку повномасштабної війни у 2022 р., адже війна вже призвела до значних порушень ґрунтового покриву в Україні, небачених у Європі з часів Другої світової війни. Це зумовило публікацію кількох узагальнювальних статей про екологічні наслідки бойових дій на території України (Pereira et al., 2022; Rawtani et al., 2022).

З'явилася низка публікацій, присвячених використанню даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для ідентифікації зумовлених війною порушень сільськогосподарських угідь. Так, у працях Ma et al. (2022) та Deininger et al. (2023) на основі даних ДЗЗ проаналізовано стан полів у зонах ведення бойових дій. Kussul et al. (2023) та Shelestov et al. (2023) запропонували методики оцінювання ступеня пошкодження полів у зонах ведення бойових дій, тоді як Dupcan et al. (2023) розробили методи машинного навчання для ідентифікації порушених земель у зоні ведення бойових дій.

Ачасов та ін. (2023) представили результати дистанційного моніторингу наслідків бойових дій у Роганській територіальній громаді Харківської області.

Зайцев та ін. (2022) і Солоха та ін. (2022) опублікували перші результати досліджень про забруднення ґрунтів важкими металами внаслідок вибуху боєприпасів. Сплодитель та ін. (2023) презентували комплексне дослідження зумовлених війною пошкоджень ґрунтового покриву Вільхівської (Харківська область) та Сарганської (Донецька область) територіальних громад на основі даних ДЗЗ і частково польових досліджень. На основі результатів дослідження Сплодитель та ін. (2023) запропонували напрями землекористування пошкоджених земель і заходи з їх рекультивації. Пізніше Сплодитель (2023) опублікувала комплексне дослідження зумовлених війною порушень ґрунтового покриву Миколаївської області, в якому представила результати геохімічного аналізу забрудненості ґрунтів важкими металами.

Балюк та ін. (2022) презентували комплексну наукову доповідь, в якій розглянули теоретико-методологічну основу рекультивації пошкоджених ґрунтів та розрахунок шкоди, завданої ґрунтам. Згодом Соловей та ін. (2023) опублікували короткий огляд методики польових досліджень пошкоджених війною ґрунтів. У праці Solokha et al. (2023) представлено результати синтезу даних геохімічного аналізу та дистанційного зондування Землі задля оцінювання екологічних наслідків бойових дій.

Бончковський та ін. (2023a; 2023b), а також Остапенко та ін. (2022) презентували комплексне дослідження пошкоджених земель унаслідок бойових дій у Київській територіальній громаді Чернігівської області. Їхня методика передбачає кілька основних етапів дослідження, побудованих на основі ГІС-аналізу, польових та лабораторних робіт.

З'явився новий напрям вивчення пошкоджених війною ґрунтів – геофізичний, який ґрунтується на геомагнітних та петромагнітних обстеженнях. Такі дослідження в основному виконано для окремих, поки що експериментальних, ділянок Київської області (Bondar et al., 2023; Hlavatskyi et al., 2023; Poliachenko et al., 2023).

Подібні дослідження проводили й у інших регіонах світу, де відбуваються військові конфлікти. Проте їхній масштаб не відповідає такому, як в Україні. Зокрема, загальне оцінювання впливу війни на ґрунт представлено у працях Нупу (2006); Certini et al. (2013); Solomon et al. (2018); застосування інструментів ГІС для ідентифікації кратерів розкрито у працях Нупу and Koehler (2012); Matos-Machado et al. (2019); Aung (2021); Zhang et al. (2023); Lubin and Saleem (2019); Olsen et al. (2021); Camargo et al. (2020). Опубліковано низку праць, присвячених зумовленому війною забрудненню ґрунтів важкими металами (Sadiq et al., 1992; Vidosavljević et al., 2013; Tešan Tomić et al., 2018; Broomandi et al., 2020; Baraquoni et al., 2020; Bijelić et al., 2017), особливо на територіях, постраждалих під час Першої світової війни (Souvent and Pirc, 2001; Bausinger et al., 2007; Williams and Rintoul-Hynes, 2022; Meerschman et al., 2011) або в межах військових полігонів (Clausen et al., 2011; Lewis et al., 2010; Vasarevičius and Greičiūte, 2004). Дослідження, присвячені ущільненню ґрунтів внаслідок руху важкої військової техніки, в основному проведені на військових полігонах (Althoff and Thien, 2005; Althoff et al., 2010; Perkins et al., 2007).

У розділі поставлено за мету описати комплексне дослідження впливу воєнних дій, причинених збройною агресією російської федерації проти України, яка включає такі підходи до:

- визначення території дослідження: тематична класифікація земної поверхні, типізація територій за функціональним використанням, аналіз зон бойових дій;
- вибору методів аналізу території дослідження: методи дистанційного аналізу, методи польових досліджень;
- збору даних для комплексного аналізу території дослідження: карти ґрунтів, ерозійний потенціал, геоморфологічні ризики, ущільнення ґрунтового покриву;
- аналізу проб забруднених ґрунтів: порядок відбору, ідентифікація місць відбору, перелік хімічних елементів для проведення аналізу проб;
- визначення сценаріїв рекультивації порушених ґрунтів: методи та заходи рекультивації, терміни рекультивації;

- економічного оцінювання втрат сільського господарства через механічне порушення та хімічне забруднення ґрунтів;
- систематизації та візуалізації отриманих результатів дослідження: підготовка електронних карт, інтерпретація отриманих результатів дослідження;
- зміни та підготовки нової законодавчої й нормативної бази щодо оцінювання завданих збитків і механізмів їх відшкодування.

1.2. Об'єкти (матеріали) і методи досліджень

1.2.1. Територія дослідження

За офіційним повідомленням Уряду України, станом на кінець 2022 р. в Україні потенційно забрудненими вважаються 174 тис. км², що становить близько 29 % території України (<https://mspu.gov.ua/news/ukraina-naroshchuie-spromozhnosti-dlia-humanitarnoho-rozminuvannia-svoikh-terytorii>). Проте, на нашу думку, ця цифра сягає близько 200 тис. км², що становить майже третину території країни. Якщо розглядати цю територію за функціональним використанням, то, за нашими підрахунками, в середньому 60 % цієї території буде оброблятися, тобто використовуватися в сільському господарстві. Тут маються на увазі лише ті землі, які зазнають постійного механічного обробітку і їх можна поділити на три основні категорії: *поля, присадибні та дачні ділянки*. Інші землі, які можуть використовуватися в сільському господарстві, зокрема у садівництві або тваринництві (пасовища, луки) тут і далі в дослідженні до уваги не бралися. Також варто зазначити, що залежно від області та природної зони, відсоток земель, які обробляються в межах територій і які є потенційно забрудненими, може коливатися від 17 % у Житомирській області, до 86 % – у Херсонській.

Тут і далі головний акцент робиться на дослідженні культивованих орних земель, вирощування на яких сільськогосподарської продукції становить основу національної продовольчої безпеки, а також є значною складовою світової продовольчої безпеки.

Для апробації комплексної методики дослідження обрано Харківську область, близько 61 % території якої зазнала впливу бойо-

вих дій. У вересні-жовтні 2022 р. Силами Оборони України було проведено Харківську операцію, за результатами якої російські війська вдалося відкинути від міста Харкова до державного кордону України, від міст Ізюм, Балаклія, Чугуїв – до адміністративного кордону Харківської області із Луганською областю. Тимчасово окупованою залишилася лише невелика територія області (північно-східна частина) загальною площею близько 556,5 км² (1,7%). Проте частина території області і досі зазнає постійних обстрілів, адже, за міжнародними стандартами, зона у 40 км до лінії бойових дій є потенційно небезпечною і розцінюється як така, що зазнає руйнувань.

Отже, у межах Харківської області на кінець 2022 р. площа території, яка потребувала детального аналізу та була потенційно забруднена ВВП, становила близько 19,2 тис. км² (61%). Проте, оскільки територія Харківської області піддається постійним обстрілам як із території російської федерації, так і тимчасово окупованої території, аналіз прикордонних територій у межах 40-кілометрової зони доступності, а також території вздовж лінії розмежування у тих самих межах доцільно проводити після повного завершення бойових дій. Площа цих територій разом із тимчасово окупованою територією області на початок 2023 р. становила близько 7,9 тис. км².

Отже, із 19,2 тис. км², які є потенційно забрудненими в Харківській області, у 2023 р. аналізу підлягали близько 11,3 тис. км² (рис. 1.1).

Базовою одиницею території дослідження запропоновано визначати землі територіальної громади. Залежно від їх розташування у межах території аналізу, попередньо визначеною у межах області, до аналізу може бути включено як всю територію територіальної громади, так і її частину. У межах Харківської області було проаналізовано територію 31 територіальної громади у 5 районах, із них територію 23 територіальних громад – повністю (9 225 км²), територію 8 територіальних громад – частково (2052 км²) (*табл. 1.1*).

Розділ 1. Комплексне оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив
(на прикладі Харківської області)

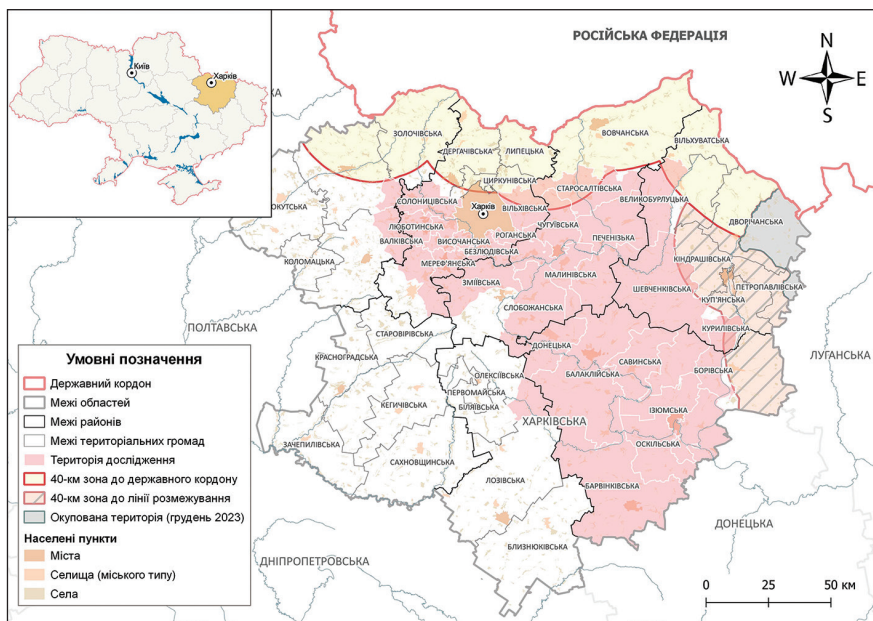


Рис. 1.1. Територія дослідження

Таблиця 1.1. Територія аналізу в територіальних громадах Харківської області

Район	Територіальна громада	Площа тергромади, км ²	Площі, що підлягають аналізу, %	Території, які знаходяться у межах 40 км буферної зони, %
1	2	3	4	5
Ізюмський	Ізюмська	414,68	100	–
	Куньєвська	333,39	100	–
	Савинська	423,33	100	–
	Борівська	158,08	18,0	82,0
	Оскільська	838,26	100	–
	Барвінківська	1362,43	100	–
	Балаклійська	1296,86	100	–
	Донецька	345,03	100	–

Закінчення табл. 1.1

1	2	3	4	5
Куп'янський	Шевченківська	977,22	100	–
	Курилівська	164,29	39,4	60,6
	Великобурлуцька	384,82	45,9	54,1
Чугуївський	Зміївська	403,20	50,9	49,1
	Новопокровська	159,20	100	–
	Чкаловська	390,23	100	–
	Малинівська	247,25	100	–
	Чугуївська	288,75	100	–
	Печенізька	426,53	100	–
	Старосалтівська	442,57	93,4	6,6
	Слобожанська	572,30	100	–
Харківський	Нововодолазька	265,87	45,8	54,2
	Люботинська	137,77	100	–
	Солоницівська	246,73	100	–
	Пісочинська	78,87	100	–
	Південноміська	55,63	100	–
	Височанська	63,60	100	–
	Безлюдівська	138,19	100	–
	Роганська	78,26	100	–
	Вільхівська	219,15	100	–
Мереф'янська	131,70	100	–	
Богодухівський	Богодухівська	76,52	6,6	93,4
	Валківська	156,87	15,4	84,6
Усього	31	11277,6	–	–

1.2.2. Методи дистанційного зондування Землі та геопросторового аналізу

1.2.2.1. Дані дистанційного зондування Землі

При відборі базового джерела даних дистанційного зондування Землі ключовими критеріями є його: просторова роздільна здатність, повнота покритву території дослідження та оперативне оновлення в часі.

Найбільш вдало відповідали поставленим критеріям знімки високої просторової роздільної здатності (менше 1 м/піксель) від

компанії Maxar Technologies. Проте їх основним недоліком є відсутність глобального просторового покриття через недостатню кількість супутників та відповідно низька оперативність оновлення покриття знімками в часі. Тому для територій з відсутністю покриття космічними знімками компанії Maxar Technologies використовували космічні знімки середньої просторової роздільної здатності (3 м/піксель) від компанії Planet Labs (рис. 2.2). Вони характеризуються втричі більшою роздільною здатністю порівняно з космічними знімками Sentinel-2 та у 10 разів більшою роздільною здатністю порівняно з космічними знімками Landsat-8. Основною їх перевагою є щоденне оновлення знімків усієї території Землі за винятком приполярних широт, що дає змогу проводити доволі якісний моніторинг, динаміку розвитку у часі різноманітних процесів та явищ.

На основі ліцензії NextView для використання супутникових знімків високої просторової роздільної здатності компанії Maxar

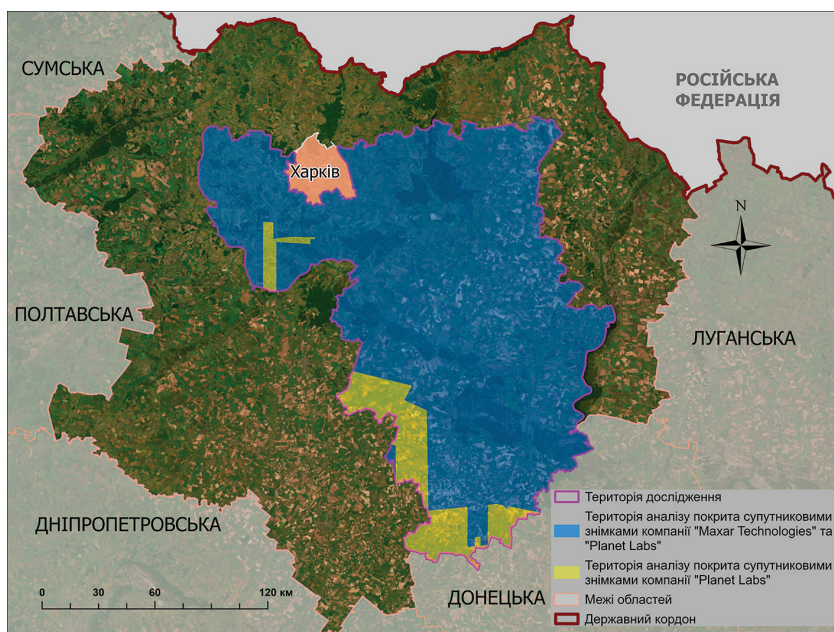


Рис. 1.2. Покриття території дослідження даними дистанційного зондування Землі

проаналізовано базу даних веб-каталогу G-EGD (Global enhanced...), а також на основі ліцензії Education and research standard для використання супутникових знімків середньої просторової роздільної здатності від компанії Planet Labs з каталогу Planet Explorer (Planet...) завантажено серію мозаїк супутникових знімків для досліджуваної території (табл. 2.2).

Таблиця 1.2. Використані набори супутникових знімків

Джерело даних	Доступ	Ліцензія	Назва супутникового знімка	Тип сенсору	Спектральна комбінація	Роздільна здатність (м/піксель)
Maxar Technologies	Закрите джерело даних	Nextview license	WorldView-1 (WV1)	Оптичний	Природні кольори	0,5
Maxar Technologies	Закрите джерело даних	Nextview license	WorldView-2 (WV2)	Оптичний	Природні кольори	0,4
Maxar Technologies	Закрите джерело даних	Nextview license	WorldView-3 (WV3)	Оптичний	Природні кольори	0,3
Maxar Technologies	Закрите джерело даних	Nextview license	GeoEye-1 (GE1)	Оптичний	Природні кольори	0,4
Planet Labs	Закрите джерело даних	Education and research standart	PlanetScope	Оптичний	Природні кольори	3,0

На наступному етапі проведено обробку завантажених мозаїк та сформовано робочі набори зображень космічних знімків, для яких виконано геометричну і спектральну корекцію. Згенеровані знімки території дослідження підбрано так, щоб вони охоплювали три періоди: перед повномасштабним вторгненням росії (жовтень–листопад 2021 р.), фазу активних бойових дій (липень–листопад 2022 р.) і період відновлення й інтенсифікації сільськогосподарських робіт після деокупації (травень–жовтень 2023 р.).

Загальна схема підготовки, обробки та отримання даних дистанційного зондування Землі в процесі дешифрування космічних

знімків щодо пошкоджень ґрунтового покриву включає шість основних стадій, наведених на рис. 1.3.

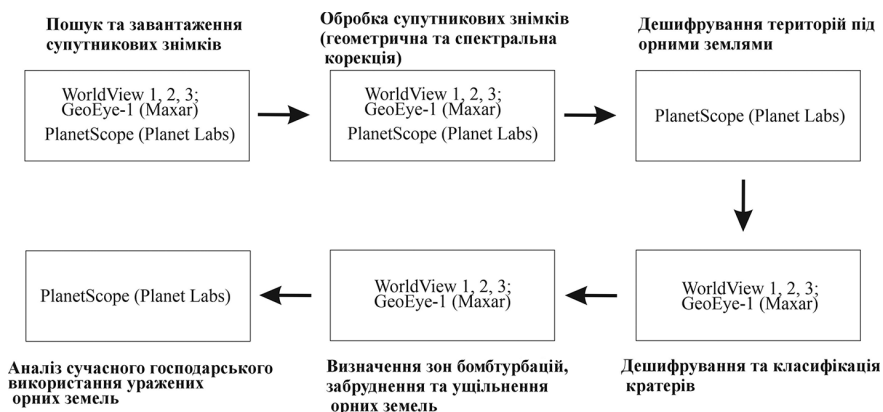


Рис. 1.3. Загальна схема підготовки та обробки даних дистанційного зондування Землі

1.2.2.2. Дешифрування кратерів і визначення їх параметрів

Утворення кратерів – найпоширеніший процес, пов’язаний з боєвими та іншими воєнними діями. Дешифровані кратери найчастіше мають округлу або овальну форму, що часто визначається кутом падіння боєприпасів або бомб.

Кратери з діаметром менше 0,5 м не визначали через просторову роздільну здатність знімків Maxar і менше ніж 3 м на знімках від Planet Labs. Як показали подальші польові дослідження з верифікації даних дешифрування, вирви, не визначені на космічних знімках через їх просторову роздільну здатність, майже непомітні або непомітні на полях.

У геоінформаційному середовищі кратери визначають як полігони округлої або овальної форми, які пізніше трансформувалися в точки (центроїди) для потреб візуалізації. Враховуючи те, що кут схилення від надиру відрізняється на різних космічних знімках, тому застосовували відповідну поправку для визначення точного місцезнаходження кожної вирви. Діаметр кратерів розраховували на основі площі полігонів.

Згідно з опублікованими даними між діаметром кратерів та типом (калібром) зброї для суглинкових ґрунтів існує пряма залежність (Побережна і Станецький, 2017; Прохоров-Лукін та ін., 2007). Як свідчать лабораторні експерименти, у пісках глибина кратерів дорівнює половині їх радіуса (Mazur et al., 2022), однак навіть ретельно виконані експерименти та оцінки можуть давати відхилення від норми до 10–30% (Ambrosini and Luccioni, 2005).

Об'єм переміщених ґрунтів (об'єм первинного кратера) розраховано відповідно до двох різних підходів, запропонованих у праці Strange and Rooke (1988). Саме тому об'єм переміщеного ґрунту представлено у вигляді діапазону значень. За першим підходом об'єм переміщеного ґрунту розраховано за формулою:

$$V_1 = 0,45(\pi r^2 h), \quad (1.1)$$

де V_1 – об'єм переміщеного ґрунту, м³; r – радіус кратера, м; h – глибина кратера, м.

Друга формула дає можливість розрахувати об'єм переміщеного ґрунту на основі відомої маси заряду боєприпасу:

$$V_2 = W^{0,87}, \quad (1.2)$$

де V_1 – об'єм переміщеного ґрунту, м³; W – маса заряду боєприпасу.

Розрахунки, виконані за двома підходами, відображають відхилення у 10–20%, а V_2 переважно нижчий від V_1 .

Ми пропонуємо визначати дві принципові зони навколо кратерів, які репрезентують різний вплив боєприпасів на ґрунтовий покрив: 1) зона бомбтурбації; 2) зона забруднення (Bonchkovskiy et al., 2023). Зона бомбтурбації – це ділянка навколо вирви, що безпосередньо постраждала від вибуху боєприпасу з ознаками переміщення, перевідкладення, ущільнення та механічної деформації ґрунтів. Зона бомбтурбації, у нашому розумінні, відповідає такій, як визначено у праці Нурі and Schaeztl (2006). Зона бомбтурбації відображена на космічних знімках як ділянка, у межах якої матеріал підповерхневих горизонтів ґрунтів або материнської породи розкиданий на земній поверхні. У випадку мілких кратерів і значної схожості викинутого матеріалу до первинного ґрунту, зони бомбтурбації не були ідентифіковані.

Детальні дослідження космічних знімків показали помірну кореляцію ($r=0,51$) між діаметром зони бомбтурбації та діаметром кратера (точніше калібром та типом боеприпасу) (Bonchkovskyi et al., 2023). Ця залежність є основою визначення зон бомбтурбації навколо кратерів, для яких вони не були ідентифіковані. Діаметр зон бомбтурбації навколо кратерів у суглинкових ґрунтах представлено у табл. 1.3.

Зона забруднення (засмічення) – це ділянка більшої площі навколо кратера, яка переважно не зазнала фізичних порушень, однак є вірогідно забрудненою вибуховими речовинами, уламками боеприпасів та бомб (Bonchkovskyi et al., 2023). Зону забруднення визначено на основі залежності між площею зони бомбтурбації і діаметром кратера, а також на основі дальності розльоту уламків зброї різного калібру (Сидоренко і Азаров, 2007) (табл. 1.4).

Таблиця 1.3. Середній діаметр зони бомбтурбації у суглинкових ґрунтах

Діаметр кратера, м	Вірогідний калібр зброї, мм	Середній діаметр зони бомбтурбації, м
Менше 1	82, 76, 85, 100	3
1–2	82, 76, 85, 100	6
2–3	82, 76, 85, 100, 120, 122	8
3–4	120, 122	9
4–5	152, 140, 160	12
5–6	152, 140, 160	15
6–7	203, 220, 240	18
7–10	203, 220, 240, 300, авіаційні бомби	25
Понад 10	Авіаційні бомби	30 і більше

Таблиця 1.4. Середній оціночний діаметр зони забруднення

№ з/п	Оціночний калібр зброї, мм	Середній діаметр зони забруднення, м
1	82, 76, 85, 100	20
2	120, 122	30
3	152, 140, 160	50
4	203, 220, 240	70
5	Авіаційні бомби	100

1.2.2.3. Дешифрування зон ущільнення

Маневри колісної та гусеничної військової техніки, яка часто важить десятки тонн, викликають помітне ущільнення ґрунтів. Це, своєю чергою, призводить до руйнування ґрунтових агрегатів, перерозподілу ґрунтового матеріалу, зниженню об'єму пор і як наслідок – до погіршення водно-фізичних параметрів ґрунтів.

Ділянки ущільнених у результаті маневрів військової техніки ґрунтів дешифровано на основі більш насиченого тону космічних зображень та лінійних патернів об'єктів. Лінійні або поворотні колії – це найбільш надійні дешифрувальні ознаки маневрів та руху військової техніки, які видимі на знімках різного часу. Проте сліди руху техніки, як правило, зникають з часом, тому невидимі на новіших знімках, крім новоутворених польових доріг. Для того, щоб дешифрувати всі ділянки ущільнених ґрунтів, опрацьовували знімки різних часових зрізів.

1.2.2.4. Картографування ґрунтового покриву

Ґрунтові карти досліджуваної території побудовані на основі карт ґрунтів Української РСР (1966–1970), зокрема листів №№ 60 (Гринь та ін., 1966а), 61 (Гринь та ін., 1966b), 62 (Гринь та ін., 1970а), 80 (Гринь та ін., 1966с), 81 (Гринь та ін., 1970b). Цитовані карти сформовано на основі комплексних результатів масштабних експедицій, організованих у 1957–1961 рр. Карти масштабу 1:200 000 включають такі параметри ґрунтів, як їх різновид, материнську породу, гранулометричний склад, засоленість, ознаки оглеєння, еродованість ґрунтового профілю тощо.

Скановані листи карт були прив'язані до системи координат та векторизовані, сформувавши відповідний тематичний шар. Варто зазначити, що на сканованих картах відсутні ґрунти у межах населених пунктів, лісів та водних об'єктів. Тому ґрунтовий покрив було інтерпольовано у межах населених пунктів на основі форми ґрунтових ареалів та цифрової моделі рельєфу DEM SRTM 30 m (NASA JPL, 2013). Ліси та водойми картографовано станом на 2023 р.

1.2.2.5. Картографування потенціалу ґрунтів до утримання забруднювальних речовин

Потенціал ґрунтів до утримання забруднювальних речовин (soil leaching potential) – це здатність ґрунтів утримувати чи переміщувати забруднювальні речовини, або виступати фізичним бар'єром на шляху їх переміщення (Lewis et al., 2000). Потенціал залежить передусім від фізичних властивостей ґрунту, визначаючи ризик забруднення підземних вод. Категорії потенціалу ґрунтів до утримання забруднювальних речовин визначено відповідно до праць (Palmer et al.

(1995); Lewis et al. (2000); Lilly and Baggaley (2014), в яких виділено три основні класи: високий (H), середній (I) і низький (L) (табл. 1.5). Кілька підкласів виділено у класах H та I.

Таблиця 1.5. Категорії ґрунтів за їх потенціалом до вилуговування забруднювальних речовин відповідно до Lilly and Baggaley (2014)

Потенціал вилуговування	Клас	Під-клас	Характеристика ґрунтів
Високий	H	H1	Ґрунти з низькою здатністю до утримання потенційних забруднювачів через те, що вони малопотужні, дають змогу мігрувати забруднювальним речовинам безпосередньо до гірських порід або сформовані за неглибокого залягання підземних вод
		H2	Глибокі, водопроникні ґрунти з легким гранулометричним складом та низькою здатністю утримувати потенційні забруднювачі
		H3	Легкі або малопотужні ґрунти з незначною здатністю утримувати потенційні забруднювачі через вищий вміст органічної речовини
Середній	I	I1	Глибокі, водопроникні, суглинкові ґрунти, що можуть пропускати широкий спектр забруднювальних речовин
		I2	Глибокі, водопроникні, суглинкові ґрунти з високим вмістом органічної речовини, що можуть пропускати не- або слабоадсорбовані забруднювачі та розчини
Низький	L	L	Глибокі ґрунти з низькою водопроникністю через важкий гранулометричний склад підґрунтя або потужний гумусовий горизонт, який може адсорбувати або перешкоджати інфільтрації забруднювальних речовин

Потенціал ґрунтів до вилуговування забруднювальних речовин визначено на основі параметрів ґрунтового профілю, гранулометричного складу, материнської породи, вмісту органічної речовини та водного режиму ґрунтів. Відповідну інформацію взято з детальних ґрунтових карт.

1.2.2.6. Картографування ерозійного ризику ґрунтів

Ризик ерозійних процесів визначено відповідно до даних про еродованість ґрунтового профілю, які містяться на детальних картах ґрунтів Харківської області (Гринь та ін., 1966; 1970). Виділено такі категорії ризику:

- дуже низький – відсутні видимі сліди ерозії;
- низький – слабозмиті ґрунти;
- помірний – середньозмиті ґрунти;
- високий – сильнозмиті ґрунти;
- акумуляція ґрунтових відкладів – ознаки накопичення ґрунтових відкладів (намиті ґрунти).

Визначення ризику ерозійних процесів необхідне з огляду на:

- 1) ризик міграції забруднювальних речовин з поверхневим стоком;
- 2) зниження родючості ґрунтів у результаті їх ерозії, тому розмінування таких ґрунтів не є пріоритетним;
- 3) з іншого боку, попередньо еродовані ґрунти надзвичайно вразливі до зумовлених війною фізичних пошкоджень.

1.2.2.7. Картографування полів та стан їх використання

Як було зазначено у вступній частині, перед тим, як визначити ділянки місцевості, які обробляються у межах території аналізу, виконують тематичну класифікацію земної поверхні. Причому, для тематичної класифікації слід використовувати матеріали (супутникові знімки, знімки БПЛА, інші матеріали), які фіксують використання території до повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України 24 лютого 2022 р. Найкраще для цього підходять космічні знімки, що відображають використання території у жовтні-листопаді 2021 р.

Орні землі визначають на основі прямих дешифрувальних ознак: прямокутної або близької до прямокутної форми (типова геометрична форма полів), світлішого або, навпаки, більш насиченого відтінку порівняно з іншими типами земних покривів, що пов'язано з їх більшою спектральною відбивною здатністю. Додатково враховують непрямі дешифрувальні ознаки, а саме – лінійну текстуру знімків, яка є ознакою технічного обробітку ґрунту.

Після класифікації земної поверхні та ідентифікації орних (культивованих) земель, далі всі їх класифікують на підкласи: поля, присадибні ділянки, дачні ділянки (рис. 1.4).

Класифікацію орних земель проводять за двома ознаками: місцем розташування відносно поселенських територій та за розміром території ділянки. Присадибні ділянки, як правило, розміщують у межах



Поля

Присадибні ділянки

Дачні ділянки

Рис. 1.4. Типи орних земель на території дослідження

території забудови населених пунктів біля індивідуальних житлових садиб чи кварталів багатоповерхової забудови, і зазвичай мають площу 0,4–0,5 га, проте є випадки, коли площа присадибної ділянки може становити близько 0,1 га, або до 1 га. Виокремлення дачних ділянок, де також вирощують сільськогосподарські культури, переважно овочівництво, також можна чітко визначити за характером розміщення дачних масивів (кооперативів), які зазвичай компактно сплановані поблизу поселенської території населених пунктів, ділянки у межах яких мають, як правило, площу 0,05–0,15 га. Решту орних (культивованих) ділянок можна класифікувати як поля з відповідним характером ведення сільського господарства. Така класифікація є доволі умовною, оскільки і в межах поля понад 1 га можна вирощувати городину чи займатися овочівництвом на постійній основі, так само у межах присадибних ділянок до 0,1 га можна вирощувати зернові чи інші сільськогосподарські культури, відмінні від овочівництва. Проте у масштабах аналізу територіальної громади, тим більше цілої області, такими винятками можна знехтувати.

У подальшому на основі аналізу супутникових знімків Planet Score компанії Planet Labs досліджують сучасний стан використання орних земель. У результаті орні землі, які обробляли до повномасштабного вторгнення, визначені станом на жовтень-листопад

2021 р., за ступенем стану їх поточного використання класифікують на: культивовані та некультивовані (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Дешифрування орних земель за станом їх використання (на прикладі Оскільської тергромади): *А* – некультивоване поле станом на 17 травня 2023 р.; *Б* – те саме культивоване поле станом на 1 жовтня 2023 р.

Культивовані орні землі визначають на основі світлішого або, навпаки, більш насиченого відтінку та одноріднішої текстури зображення порівняно з некультивованими орними землями, де масиви синантропної рослинності (бур'янів) створюють доволі строкату текстуру. Важливою рисою, яка дає можливість дешифрувати культивовані орні землі, є чіткий вегетаційний період розвитку їх сільськогосподарських культур, завершення якого визначається процесом збирання. На некультивованих землях такий період відсутній, натомість фіксуються нетривалі у часі різкі підйоми та падіння вегетації різноманітної синантропної рослинності.

1.2.3. Методи польових досліджень

1.2.3.1. Підготовка польових робіт

Досліджувана територія помітно замінована та містить чимало нерозірваних боєприпасів, тому під час польових робіт особливу увагу слід приділяти безпеці. У цьому випадку дані дистанційного зондування виявилися дуже корисними, особливо дешифровані кратери та стан землекористування сільськогосподарських угідь. Показник щільності кратерів дав змогу вибрати ділянки для потенційних польових досліджень та забезпечити їх репрезентативність. Попередньо обрані ділянки виявилися замінованими або не обстеженими

саперами, тому вони були небезпечними для польових робіт. Отже, мали місце додаткові зустрічі з місцевою владою (особливо із землепорядниками і старостами) та фермерами. Це дало змогу віднайти безпечні або відносно безпечні, з одного боку, та репрезентативні, з другого, місця для польових досліджень і відбору зразків на геохімічний аналіз.

Польові дослідження виконували з використанням застосунку QField, у середовище якого було імпортовано тематичні шари з кратерами та ґрунтовим покривом. Застосунок допоміг з навігацією та пошуком кратерів.

1.2.3.2. Відбір проб

Безпека експертів була головним пріоритетом під час відбору проб. Загалом у процесі відбору зразків брали участь два експерти, один з яких робив нотатки, а другий – відбирав проби в поліетиленові пакети. Кожен зразок важив 500 г і був продубльований, а також гомогенізований для уникнення помилок під час лабораторних вимірювань.

Кожен поліетиленовий пакетик підписували відповідно до протоколу зразків, який містив інформацію про координати, географічну локацію, глибину відбору, характеристики місця відбору, параметри кратерів, тип ґрунту, рослинність, землекористування, дату і відповідальну особу. Кожне місце відбору проб було прив'язане до системи координат за допомогою GPS і сфотографоване.

Залежно від особливостей досліджуваних ділянок використано кілька стратегій відбору зразків. Переважно проби відбирали з глибини 0–10 см. У випадку розорених земель, зразки відбирали з глибини 10–20 см. Найчастіше використовували таку стратегію відбору зразків: проби відбирали з днища кратера, вала, на відстані 5, 10 і 15 м від кратера. У кратерах від авіаційних бомб пробовідбирання також здійснювали на схилі кратера та на відстані 50 м від нього. Результати геохімічного аналізу підтвердили валідність такої методики, адже вміст забруднювальних речовин поступово знижувався від кратера до оточуючої території. Проте подекуди підвищений вміст деяких елементів фіксували на відстані 5 м від кратера, але не у вирві.

На околицях сіл Федорівка і Кам'янка (Ізюмська територіальна громада) для відбору зразків поля було розбито на систему квадратної сітки завширшки 15 і 50 м відповідно. Проби відбирали у кожному вузлі сітки. Стратегія сітки давала змогу простежити латеральну мінливість вмісту забруднювальних речовин.

Крім того, поблизу села Федорівка, на місці падіння військового гелікоптера (с. Мала Рогань) та на місці підриву танка (с. Рогань) проби відбирали на різних глибинах (30, 60 і 90 см). Для відбору зразків закладали ґрунтові розрізи або використовували ручний бур.

Для кожної ділянки також відбирали фонову пробу для подальшого розрахунку вмісту елементів у Кларках (коефіцієнт концентрації). Проби на геохімічний аналіз відібрано в локаціях різного типу, які представлено переважно кратерами та оточуючими ділянками навколо них. Крім того, проби також відібрано з місця падіння військового гелікоптера, підриву танка і «свіжого» прильоту ракети (Х-55). Усього виконано вимірювання 143 проб (рис. 1.6), серед яких у 143 пробах визначено вміст основних важких металів (Cd, Cu, Pb, Ni, Zn), у 60 – виміряно вміст інших важких металів та металоїдів (Cr, Sr, As, Hg, Se і V), у 34 пробах визначено інші ґрунтові параметри (обмінний та гідролітичний рН, вміст органічної речовини, вміст азоту амонійного і нітратного, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg, Na, S, суму поглинутих основ, електропровідність).

1.2.3.3. Польові геоморфологічні дослідження

Польові геоморфологічні дослідження включали морфологічні та морфометричні спостереження кратерів як імпактних форм рельєфу. До основних морфометричних параметрів вирв, що вимірювали, належать: діаметр у кількох напрямках, глибина, висота валу, ширина зони бомбтурбації. Як показали польові дослідження, глибина видимого кратера менша від первинної через активність вторинних геоморфологічних процесів, які ведуть до заповнення вирв. Тому екзогенним геоморфологічним процесам приділяли особливу увагу.

1.2.3.4. Польові ґрунтознавчі дослідження

Векторний шар ґрунтового покриву, імпортований у застосунок QField, дав змогу визначити тип ґрунту і загальні параметри ґрунтів

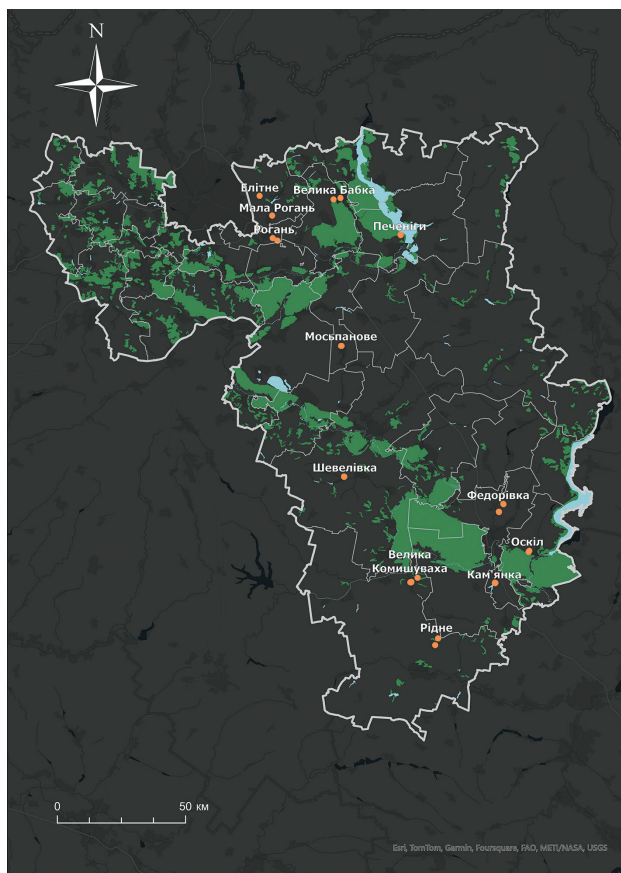


Рис. 1.6. Місця відбору проб

у місцях відбору проб. Однак на відносно безпечних ділянках, на яких ґрунтові міни малоймовірні, проводили додаткове вивчення ґрунтів у ґрунтових розрізах (Рогань, Мала Рогань), розчистках на схилах великих вирв (Оскіл, Шевелівка, Моспанове) або просто на схилах великих кратерів (Мала Комишуваха, Елітне, Велика Бабка). Це дало можливість уточнити тип ґрунту, визначити його головні параметри, материнську породу і стан ерозійних процесів. Крім того, це допомогло описати особливості бомбтурбованих ґрунтів.

Об'єктом польових ґрунтознавчих досліджень був ґрунтовий профіль. Ґрунти описано відповідно до Guidelines for Soil Description (2006). Колір ґрунтів виміряно за допомогою приладу CAPSURE відповідно до шкали кольорів Munsell. Польове рН виміряно за допомогою портативного рН-метра 7 VIO XS.

1.2.4. Лабораторні методи

Вимірювання вмісту важких металів та інших елементів виконано приватною лабораторією PrimeLabTech. Проби підготовлено відповідно до стандарту ISO 11464:2007. Вміст важких металів та металоїдів (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, Zn, V, As, Hg і Se) виміряно за допомогою методу спектрофотометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою (ICP-AES). Решту параметрів виміряно відповідно до таких стандартів:

- вміст органічної речовини – ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини;
- P_2O_5 і К – ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначення рухомих форм сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»;
- рН – ISO 10390:2022. Ґрунт, оброблені біовідходи та осад. Визначення рН;
- N (NH_4) і N (NO_3) – ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»;
- Mg і Са – ДСТУ 7861:2015. Якість ґрунту. Визначення обмінних кальцію, магнію, натрію і калію в ґрунті за Шолленбергом у модифікації ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»;
- гідролітична кислотність – ДСТУ 7537:2014. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності;
- електропровідність – ISO 11265:2001. Якість ґрунту. Визначення питомої електропровідності.

1.2.5. Загальна схема дослідження

Отже, запропонована авторами методика включає три етапи дослідження: геопросторовий аналіз; польові дослідження; лабораторні дослідження та синтез даних.

Етапи та конкретні завдання методики наведено на рис. 1.7.



Рис. 1.7. Схема дослідження пошкоджень ґрунтового покриття Харківської області, зумовленого воєнними діями

1.3. Результати досліджень

1.3.1. Бомбтурбація ґрунтів

На досліджуваній території дешифровано 420 615 кратерів, середня щільність яких на орних землях становить 66 вирв на 1 км². Найбільшу кількість кратерів виявлено в Оскільській (187 170), Барвінківській (60 370) та Балаклійській (52 312) територіальних громадах (рис. 1.8; *табл. 1.6*). Отже, найбільшу щільність кратерів зафіксовано у південній частині області, особливо вздовж раніше існуючої лінії розмежування. Діаметр виявлених вирв коливається у межах 0,5–26,1 м.

Таблиця 1.6. Кількість дешифрованих вирв у розрізі територіальних громад

Район	Територіальна громада	Кількість кратерів	Щільність кратерів на 1 км ²	Оціночний об'єм переміщеного ґрунту, м ³
Богодухівський	Богодухівська	8	0,2	114
Богодухівський	Валківська	5	0,0	4
Ізюмський	Балаклійська	52 312	64,7	138 703
Ізюмський	Барвінківська	60 370	63,8	363 641
Ізюмський	Борівська	5 822	68,0	4 040
Ізюмський	Донецька	2 616	15,6	27 323
Ізюмський	Ізюмська	30 614	166,1	109 342
Ізюмський	Куньєвська	5 637	25,2	12 835
Ізюмський	Оскільська	187 170	534,1	321 857
Ізюмський	Савинська	8 982	35,4	48 147
Куп'янський	Великобурлуцька	196	0,7	2 099
Куп'янський	Курилівська	2 764	30,6	1 535
Куп'янський	Шевченківська	4 511	6,5	9 711
Чугуївський	Зміївська	9	0,0	49
Чугуївський	Малинівська	7 887	62,0	37 702
Чугуївський	Новопокровська	760	9,8	481
Чугуївський	Печенізька	4 852	19,9	8 835
Чугуївський	Слобожанська	951	3,6	10 463
Чугуївський	Старосалтівська	2 911	12,0	8 141
Чугуївський	Чкаловська	30 465	99,6	125 079
Чугуївський	Чугуївська	2 221	20,1	4 605
Харківський	Безлюдівська	26	0,6	76
Харківський	Височанська	4	0,3	1
Харківський	Вільхівська	11 445	77,4	99 440
Харківський	Люботинська	97	2,0	254
Харківський	Мереф'янська	2	0,1	87
Харківський	Нововодолазька	5	0,0	32
Харківський	Південноміська	2	0,1	39
Харківський	Пісочинська	7	0,2	4
Харківський	Роганська	1 118	25,2	1 318
Харківський	Солоницівська	235	2,8	880
Усього		420 615	66,0	1 336 840

Розділ 1. Комплексне оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив
(на прикладі Харківської області)

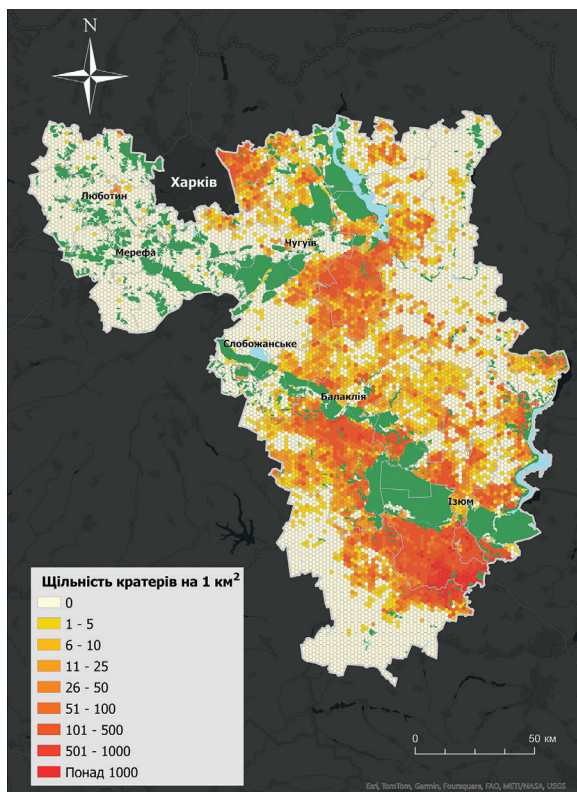


Рис. 1.8. Щільність кратерів на 1 км²

Оціночний об'єм переміщеного ґрунту в результаті вибуху боеприпасів у межах досліджуваної території становить 1 336 840,9 м³ (208,3 м³/км²) та 1 297 275,0 м³ (202,1 м³/км²) за глибиною кратерів та масою бойової частини боеприпасів відповідно.

Площа бомбтурбованих ґрунтів сягає 4 212,6 га (0,7% площі всіх орних земель), а площа потенційно забруднених ґрунтів оцінюється у 28 268,2 га (4,4% площі всіх орних земель) (рис. 1.9; табл. 1.7). Найбільш інтенсивна бомбтурбація ґрунтів має місце у територіальних громадах з найбільшою кількістю кратерів, а саме – Оскільська (4,7% площі орних земель), Ізюмська (3,3%) та Вільхівська (1,0%) територіальні громади.

Таблиця 1.7. Площа бомбтурбованих і потенційно забруднених (засмічених) ґрунтів

Район	Територіальна громада	Площа бомбтурбованих ґрунтів, га	Частка бомбтурбованих ґрунтів, %	Площа потенційно забруднених ґрунтів, га	Частка потенційно забруднених ґрунтів, %
Богодухівський	Богодухівська	0,1	0,0	1,6	0,03
Богодухівський	Валківська	0,02	0,0	0,3	0,0
Ізюмський	Балаклійська	381,3	0,5	3 496,9	4,33
Ізюмський	Барвінківська	646,9	0,7	4 327,8	4,5
Ізюмський	Борівська	28,1	0,3	257,5	3,0
Ізюмський	Донецька	40,3	0,2	430,1	2,6
Ізюмський	Ізюмська	611,2	3,3	2 071,8	11,2
Ізюмський	Куньєвська	36,9	0,2	318,7	1,4
Ізюмський	Оскільська	1 651,2	4,7	9 702,3	27,7
Ізюмський	Савинська	98,4	0,4	919,9	3,6
Куп'янський	Великобурлуцька	2,9	0,01	36,3	0,1
Куп'янський	Курилівська	13,5	0,1	125,2	1,4
Куп'янський	Шевченківська	34,9	0,1	326,5	0,5
Харківський	Безлюдівська	0,2	0,0	2,1	0,1
Харківський	Височанська	0,02	0,0	0,2	0,02
Харківський	Вільхівська	147,7	1,0	1 369,9	9,3
Харківський	Люботинська	0,7	0,01	8,6	0,2
Харківський	Мереф'янська	0,2	0,01	3,3	0,1
Харківський	Нововодолазька	0,1	0,0	0,5	0,0
Харківський	Південноміська	0,01	0,0	0,1	0,0
Харківський	Пісочинська	0,03	0,0	0,9	0,03
Харківський	Роганська	6,9	0,2	52,6	1,2
Харківський	Солоницівська	1,6	0,02	10,8	0,1
Чугуївський	Зміївська	0,1	0,0	0,7	0,0
Чугуївський	Малинівська	119,2	0,9	801,8	6,3
Чугуївський	Новопокровська	3,8	0,1	29,4	0,4
Чугуївський	Печенізька	39,7	0,2	376,2	1,5
Чугуївський	Слобожанська	16,3	0,1	161,7	0,6
Чугуївський	Старосалтівська	20,3	0,1	205,7	0,8
Чугуївський	Чкаловська	297,9	1,0	3 100,6	10,1
Чугуївський	Чугуївська	12,3	0,1	128,1	1,2
Усього		4 212,6	0,7	28 268,2	4,4

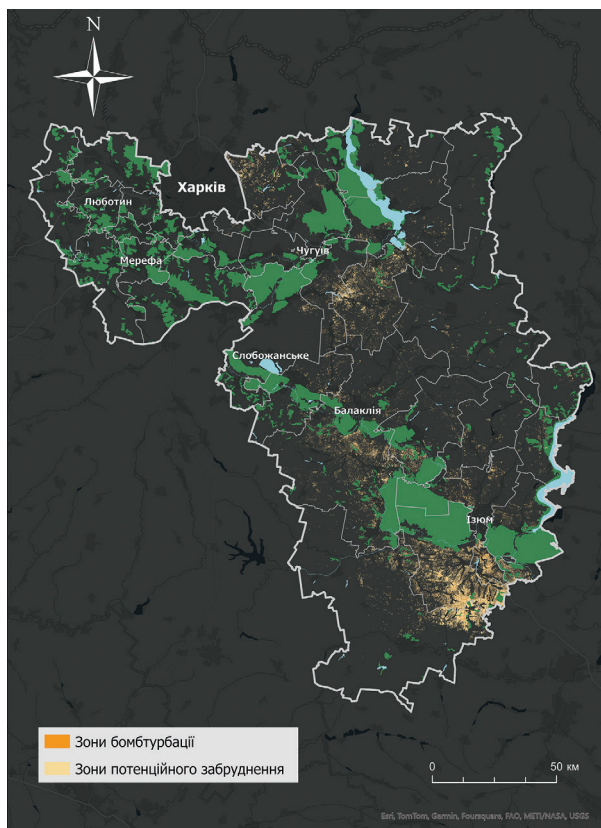


Рис. 1.9. Зони бомбтурбації і потенційного забруднення (засмічення) ґрунтів

1.3.2. Ущільнення ґрунтів

Місця руху і маневрів важкої військової техніки розглядають як зони потенційного ущільнення ґрунтів (Бальук та ін., 2022), тому їх було ідентифіковано на космічних знімках високої просторової роздільної здатності. Загальна площа зон потенційного ущільнення на досліджуваній території сягає 3 411,8 га (0,5 % орних земель), з них найбільше сконцентровано вздовж попередньої лінії розмежування, особливо у південній частині області (рис. 1.10). Розподіл площі

потенційно ущільнених ґрунтів у розрізі територіальних громад представлено у *табл. 1.8*.

Таблиця 1.8. Площа потенційно ущільнених ґрунтів унаслідок руху та маневрів військової техніки

Район	Територіальна громада	Площа ущільнених ґрунтів, га	Частка ущільнених ґрунтів від площі орних земель, %	Ґрунти, що зазнали найбільшого впливу
1	2	3	4	5
Богодухівський	Богодухівська	4,4	0,1	Чорноземи типові, чорноземи реградовані
Богодухівський	Валківська	26,5	0,2	Темно-сірі опідзолені, чорноземи типові
Ізюмський	Балаклійська	295,0	0,4	Чорноземи звичайні, чорноземи типові
Ізюмський	Барвінківська	246,3	0,3	Чорноземи звичайні, чорноземи опідзолені
Ізюмський	Борівська	50,7	0,6	Чорноземи звичайні, темно-сірі опідзолені
Ізюмський	Донецька	4,6	0,1	Чорноземи звичайні, темно-сірі опідзолені
Ізюмський	Ізюмська	644,2	3,5	Чорноземи звичайні, чорноземи опідзолені
Ізюмський	Куньєвська	96,4	0,4	Чорноземи звичайні, чорноземи опідзолені
Ізюмський	Оскільська	902,1	2,6	Чорноземи звичайні, чорноземи опідзолені
Ізюмський	Савинська	76,6	0,3	Чорноземи звичайні, чорноземні глинисто-піщані та супіщані
Куп'янський	Великобурлуцька	55,0	0,2	Чорноземи типові, чорноземи вилугувані
Куп'янський	Курилівська	29,3	0,3	Чорноземи реградовані, чорноземи опідзолені
Куп'янський	Шевченківська	253,3	0,4	Чорноземи типові, чорноземи реградовані

**Розділ 1. Комплексне оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив
(на прикладі Харківської області)**

Закінчення табл. 1.8

1	2	3	4	5
Харківський	Безлюдівська	16,2	0,4	Чорноземи типові, чорноземи типові солонцюваті
Харківський	Височанська	3,4	0,2	Темно-сірі опідзолені, лучні солонцюваті
Харківський	Вільхівська	125,3	0,8	Чорноземи реградовані, чорноземи типові
Харківський	Люботинська	34,7	0,7	Сірі опідзолені, темно-сірі опідзолені
Харківський	Мереф'янська	28,7	0,8	Темно-сірі опідзолені, чорноземи реградовані
Харківський	Нововодолазька	69,1	0,5	Чорноземи типові, чорноземи опідзолені
Харківський	Південноміська	8,2	0,6	Темно-сірі опідзолені, сірі опідзолені
Харківський	Пісочинська	1,4	0,0	Темно-сірі опідзолені
Харківський	Роганська	12,6	0,3	Чорноземи типові, чорноземи вилугувані
Харківський	Солоницівська	2,2	0,0	Сірі опідзолені, чорноземи опідзолені
Чугуївський	Зміївська	8,1	0,0	Чорноземи опідзолені, чорноземи реградовані
Чугуївський	Малинівська	14,3	0,1	Чорноземи типові, чорноземи звичайні
Чугуївський	Новопокровська	93,7	1,2	Чорноземи вилугувані, чорноземи опідзолені
Чугуївський	Печенізька	21,3	0,1	Чорноземи типові, чорноземи вилугувані
Чугуївський	Слобожанська	44,7	0,2	Чорноземи типові, чорноземи звичайні
Чугуївський	Старосалтівська	68,1	0,3	Чорноземи типові, чорноземи опідзолені
Чугуївський	Чкаловська	160,2	0,5	Чорноземи типові, солоді болотні
Чугуївський	Чугуївська	15,4	0,1	Чорноземи типові, чорноземи опідзолені
Усього		3 411,8	0,5	

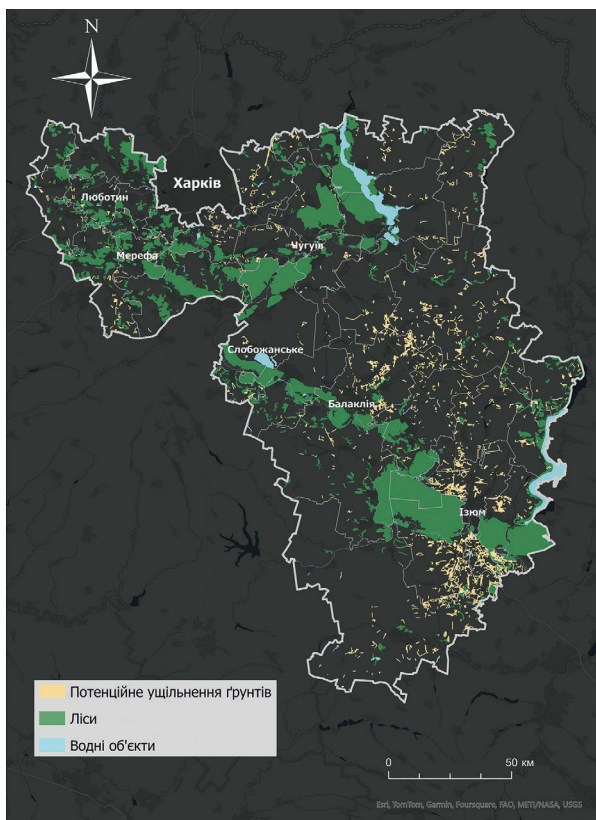


Рис. 1.10. Місця руху військової техніки як зони потенційного ущільнення ґрунтів

Серед ґрунтів найбільшого ущільнення вірогідно зазнають чорноземи звичайні (1994 га), чорноземи типові (696 га), чорноземи опідзолені (172 га), чорноземи реградовані (143 га) і темно-сірі опідзолені (106 га) ґрунти. Власне, високий вміст фізичної глини в цих ґрунтах може зумовлювати високий ризик поверхневого ущільнення ґрунтів (Ball, 1986). Більшість зон ущільнення ґрунтів збігається з територіями концентрацій слідів бомбтурбації, що відображає системне пошкодження одних і тих самих територій.

1.3.3. Особливості ґрунтового покриву

1.3.3.1. Ґрунтовий покрив

Ґрунтовий покрив досліджуваної території характеризується зональністю (рис. 1.11). У північно-західній частині ґрунтовий покрив найбільш мозаїчний: тут поширені сірі та темно-сірі опідзолені ґрунти, які чергуються з чорноземами опідзоленими і реградованими. На решті території, у межах лісостепової зони, поширені чорноземи типові з осередками чорноземів опідзолених, вилугуваних та реградованих. У степовій зоні домінують чорноземи звичайні.

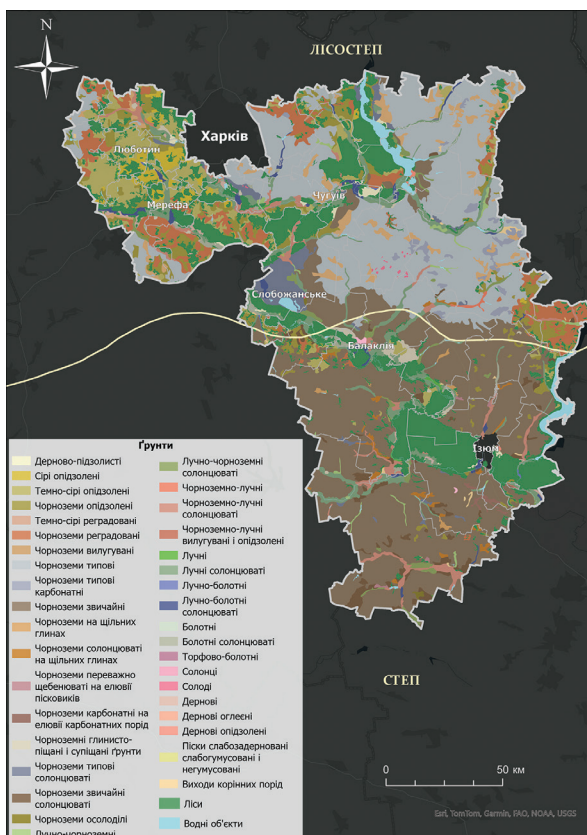


Рис. 1.11. Ґрунтовий покрив досліджуваної території

У річкових долинах поширені інтразональні різновиди ґрунтів (лучні, чорноземно-лучні та лучно-чорноземні ґрунти), які переважно мають ознаки засолення. На виходах карбонатних порід у південній частині досліджуваної території сформувалися чорноземи карбонатні, місцями щебенюваті.

На досліджуваній території ґрунти переважно важкосуглинкові або легкоглинисті. У долині Сіверського Дінця вони змінюються супіщаними і навіть піщаними ґрунтами, сформованими на пізньоплейстоценовому алювії надзаплавних терас. Загалом материнськими породами ґрунтів на досліджуваній території виступають леси та лесоподібні породи, сучасний або давній алювій, делювій, карбонатні породи (крейда, вапняки, мергель), пісковики, глини, дочетвертинні піски та ін. Внаслідок різноманіття материнської породи сформувалися нетипові для Степу та Лісостепу ґрунти, зокрема дерново-підзолисті ґрунти.

1.3.3.2. Потенціал ґрунтів до утримання забруднювальних речовин

Потенціал ґрунтів до вилуговування забруднювальних речовин оцінено переважно як середній (52 % площі території дослідження). Ґрунти із середнім потенціалом вилуговування формують пояс у середній частині досліджуваної території (на межі Степу та Лісостепу) (рис. 2.12; *табл. 1.9*). Вони також домінують у північно-західній частині території дослідження, де зростає частка текстурно-диференційованих ґрунтів. Ґрунти з низьким потенціалом до вилуговування забруднювальних речовин переважно поширені у південній та північно-східній частинах досліджуваної території. Ґрунти з високим потенціалом до вилуговування забруднювальних речовин займають найменші площі (4,3 %) та поширені переважно у річкових долинах (особливо у долині Сіверського Дінця) та в місцях відслонення материнських порід (особливо у південних районах).

1.3.3.3. Ерозійний ризик ґрунтів

Ґрунти досліджуваної території переважно (58,5 % площі) не несуть ознак еродованості, що підкреслює їх значення та визначає пріоритет їхнього розмінування (рис. 1.13; *табл. 1.10*). Однак 40,8 % досліджуваної території мають різний ступінь ерозійного ризику.

**Розділ 1. Комплексне оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив
(на прикладі Харківської області)**

Таблиця 1.9. Потенціал ґрунтів до утримання забруднювальних речовин

№	Потенціал вилугування	Клас вилугування	Площа, га	Частка досліджуваної території, %	Типи ґрунтів
1	2	3	4	5	6
1	Високий	H1	16789,1	1,8	Болотні, болотні солонцюваті, лучні та дернові шаруваті, лучно-болотні, лучно-болотні солонцюваті, піски слабозадерновані слабогумусовані і негумусовані, солоді болотні, торфово-болотні ґрунти
2		H2	4212,6	0,4	Дернові оглеєні, дернові опідзолені, дерново-підзолисті
3		H3	19950,2	2,1	Дернові опідзолені, дернові, лучні глибоко-слабосолонцюваті, лучні, солонці лучні, сірі опідзолені, темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені, чорноземи типові, чорноземи типові солонцюваті, чорноземи звичайні, чорноземи звичайні солонцюваті, чорноземи карбонатні на елювії карбонатних порід, чорноземи на елювії пісковиків, чорноземні супіщані, чорноземно-лучні вилугувані, чорноземно-лучні солонцюваті
4	Середній	I1	94582,6	10,0	Лучні, лучні солонцюваті, лучно-чорноземні, лучно-чорноземні солонцюваті, сірі опідзолені, темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені, чорноземи реградовані, чорноземи осолоділі, чорноземи типові, чорноземи типові солонцюваті, чорноземи звичайні, чорноземи звичайні солонцюваті, чорноземи на щільних глинах, чорноземи солонцюваті на щільних глинах, чорноземно-лучні солонцюваті, солоді лучні і дернові, солоді лучно-степові
5		I2	396210,8	42,0	Лучні, лучні солонцюваті, лучно-чорноземні, лучно-чорноземні солонцюваті, темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені, чорноземи реградовані, чорноземи вилугувані, чорноземи типові, чорноземи звичайні, чорноземи звичайні залишково-солонцюваті, чорноземи звичайні солонцюваті, чорноземи солонцюваті на щільних глинах, чорноземно-лучні, чорноземно-лучні солонцюваті

Закінчення табл. 1.9

1	2	3	4	5	6
6	Низький	L	410901,5	43,6	Темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені, чорноземи реградовані, чорноземи вилугувані, чорноземи типові, чорноземи типові солонцюваті, чорноземи типові залишково-солонцюваті, чорноземи звичайні, чорноземи звичайні солонцюваті, чорноземи звичайні залишково-солонцюваті, чорноземи на щільних глинах, чорноземи солонцюваті на щільних глинах

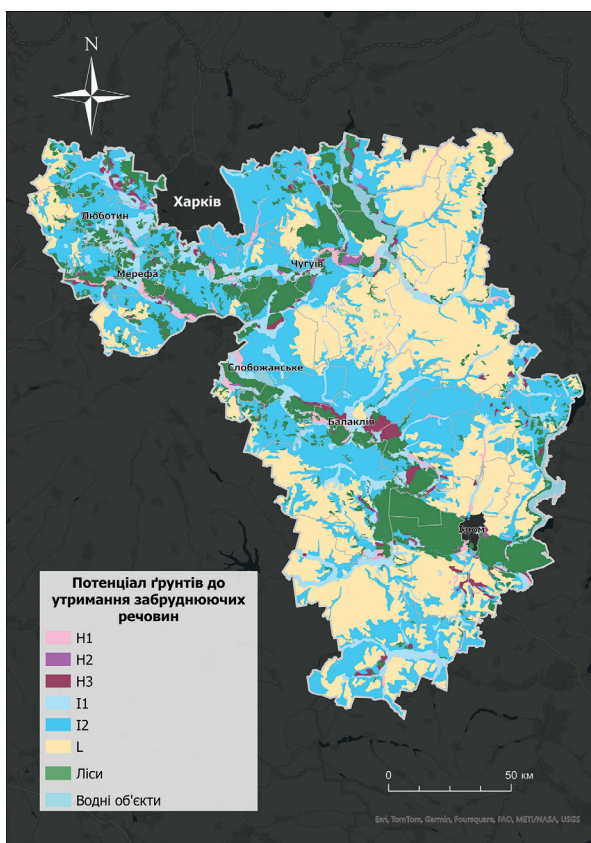


Рис. 1.12. Потенціал ґрунтів до утримання забруднювальних речовин

**Розділ 1. Комплексне оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив
(на прикладі Харківської області)**

Таблиця 1.10. Ерозійний ризик у розрізі територіальних громад

Район	Територіальна громада	Ерозійний ризик (частка ґрунтів тергромади, %)				
		дуже низький	низький	середній	високий	ризик акумуляції
Богодухівський	Богодухівська	56,6	37,1	6,4	—	—
Богодухівський	Валківська	45,4	39,0	14,6	1,1	—
Ізюмський	Балаклійська	61,0	22,1	11,8	4,5	0,6
Ізюмський	Барвінківська	56,5	27,1	12,9	1,7	1,8
Ізюмський	Борівська	39,0	49,7	7,0	4,3	—
Ізюмський	Донецька	64,8	22,1	11,4	1,7	—
Ізюмський	Ізюмська	46,8	39,9	8,9	3,6	0,8
Ізюмський	Куньєвська	54,2	40,7	3,2	1,9	—
Ізюмський	Оскільська	50,3	32,8	12,9	4,0	—
Ізюмський	Савинська	65,8	27,8	4,8	0,3	1,3
Куп'янський	Великобурлуцька	64,7	24,8	8,5	2,0	—
Куп'янський	Курилівська	36,9	38,8	15,2	6,5	2,6
Куп'янський	Шевченківська	58,6	32,9	6,7	0,4	1,3
Харківський	Безлюдівська	67,3	30,3	2,4	—	—
Харківський	Височанська	30,6	52,8	16,5	—	—
Харківський	Вільхівська	46,1	44,5	9,0	—	0,4
Харківський	Люботинська	40,3	56,9	2,8	—	—
Харківський	Мереф'янська	75,1	19,2	5,8	—	—
Харківський	Нововодолазька	57,1	37,5	4,1	1,3	—
Харківський	Південноміська	48,1	41,4	10,5	—	—
Харківський	Пісочинська	61,3	28,2	10,5	—	—
Харківський	Роганська	50,5	44,5	5,0	—	—
Харківський	Солоницівська	55,1	24,4	18,1	0,8	1,7
Чугуївський	Зміївська	46,9	39,3	13,9	—	—
Чугуївський	Малинівська	75,3	23,4	0,4	0,9	—
Чугуївський	Новопокровська	64,1	31,5	3,8	0,6	—
Чугуївський	Печенізька	57,7	37,7	3,3	0,3	0,9
Чугуївський	Слобожанська	86,8	8,8	3,8	0,6	—
Чугуївський	Старосалтівська	58,0	36,5	5,0	0,3	0,2
Чугуївський	Чкаловська	70,9	22,3	4,0	2,8	-
Чугуївський	Чугуївська	53,8	33,8	8,9	2,2	1,3

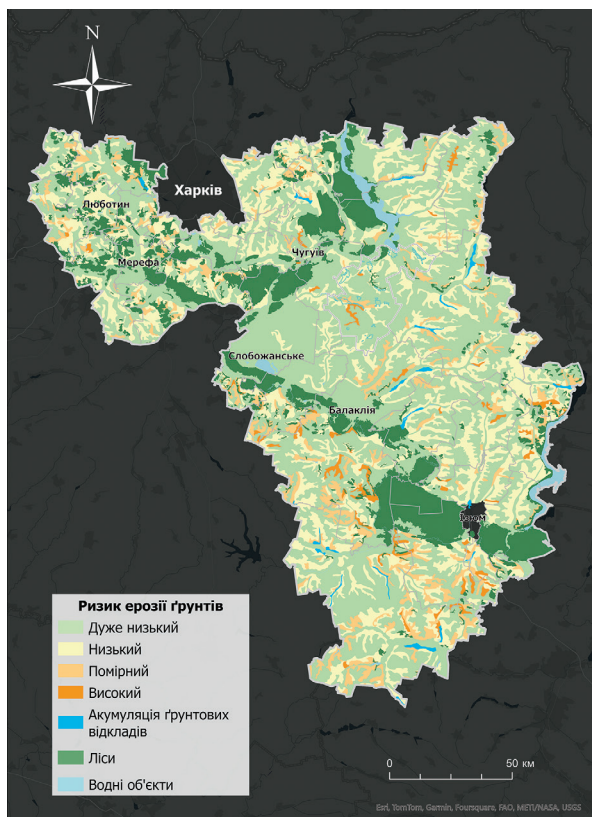


Рис. 1.13. Ерозійний ризик

Ці території мають потенціал міграції забруднювальних речовин разом із поверхневим стоком і тому потребують особливої уваги. Цікаво, що чорноземи, які належать до особливо цінних ґрунтів і є найродючішими, вирізняються найбільшим потенціалом ерозійного ризику.

1.3.4. Розрізи бомбтурбованих ґрунтів

Розріз бомбтурбованого чорнозему звичайного у с. Оскіл розглядаємо як опорний розріз бомбтурбованих ґрунтів у степовій зоні Харківської області. Розріз закладено на схилі кратера від авіабомби (діаметр 11,1 м, глибина 3,15 м), складеного середньосуглинковими

верхньоплейстоценовими лесами. Кратер суттєво зарослий синантропною рослинністю, яка проникає у вирву по язиках осувів, складених ґрунтовим матеріалом. Навколо вирви має місце добре виражений вал (заввишки 0,7 м) та зона бомбтурбації завширшки 30 м.

Будову розрізу бомбтурбованого чорнозему звичайного наведено нижче.

Насипний (викинутий) матеріал (0–0,70 м) – лесовий матеріал від палевого (10YR 7/2) до світло-бурого, сухий, із включеннями темного гумусованого матеріалу, пухкий, середньосуглинковий, з порохоподібною та німічною грудкуватою структурою. У горизонті багато успадкованих від лесового матеріалу карбонатів у вигляді вицвітів та борошнистих скупчень. Нижня межа хвиляста, перехід до низу різкий.

Бомбтурбований горизонт (0,70–0,78 м) – мозаїчно-забарвлений (переважно бурий з палевими плямами вторинного лесового матеріалу та темного ґрунтового матеріалу), середньосуглинковий, пухкий, із виразною зернистою структурою. Поодинокі трапляються вторинні вицвіти карбонатів. Нижня межа хвиляста, перехід різкий.

Чорнозем звичайний (Calcic Chernozem) (IUSS, 2022) – 0,78–1,9 м (розкрито).

Н (0,78–1,15 м) – темно-сірий до чорного (10YR 2/2), середньосуглинковий, слабоущільнений, із зернисто-грудкуватою структурою, вилугуваний. Перехід до низу поступовий, межа нечітка.

НР (1,15–1,35 м) – темно-сірий з буруватим відтінком (7.5YR 3/1), середньосуглинковий, слабоущільнений, із виразною середньогрудкуватою структурою, із поодинокими включеннями бомбтурбованого матеріалу. Нижня межа слабохвиляста, перехід ясний.

НРк (1,35–1,55 м) – сірувато-темно-бурий (10YR 7/2), середньосуглинковий, середньоущільнений, із призматично-середньогрудкуватою структурою. Вперше у ґрунтовому профілі з'являються карбонати у формі вицвітів, борошнистих карбонатних скупчень та поодинокі білозірки. Трапляються кротовини. Нижня межа слабохвиляста, перехід різкий.

Рк (1,55–1,90 м) (розкрито) – палевий зі світло-бурим відтінком (7.5YR 7/2), середньосуглинковий, лесовий, безструктурний, карбонатний (вицвіти, поодинокі білозірки). Багато біотурбацій у формі червоточин і кротовин.

Поблизу с. Рогань описано *чорнозем вилугуваний (Haplic Phaeozem)* на місці вибуху танка. Ґрунтовий розріз, закладений у лісосмузі, несе ознаки помітного забруднення генетичного профілю паливно-мастильними матеріалами, а також численними інтрузіями металевих фрагментів броні танка, які загалом не порушують залягання генетичних горизонтів. Подасмо стислий морфологічний опис ґрунту.

Н (0,0–0,5 м) – чорний (10YR 2/2), важкосуглинковий, середньо-ущільнений, із зернисто-грудкуватою структурою, плівками мастила по поверхні педів. У більш забрудненій частині простежується дезагрегація ґрунтового матеріалу внаслідок склеювання педів і надання ґрунту масної консистенції. Регулярно трапляються уламки боєприпасів та металевих фрагментів. Нижня межа слабохвиляста, перехід ясний.

Нр (0,5–0,8 м) – бурувато-сірий (5Y 2/5.2), важкосуглинковий, щільний, з грудкуватою структурою, плівками мастила по поверхні педів, які подекуди формують новоутворення подібні до кутан¹ гумусу. Рівень забруднення мастилом помітно нижчий, а до низу горизонту зникають уламки боєприпасів. Нижня межа слабохвиляста, перехід до низу ясний.

НР (0,8–0,9 м) – сірувато-бурий (2.5Y 3/3), важкосуглинковий, щільний, безструктурний.

Морфологічне відображення бомбтурбованих ґрунтів деяких локацій Харківської області представлено на рис. 1.14.

1.3.5. Неприятливі геоморфологічні процеси

1.3.5.1. Моделювання місць активізації несприятливих геоморфологічних процесів

Кратери – це імпактні форми рельєфу, утворені в результаті вибуху боєприпасів. Вирви формуються раптово і через це швидко стають місцем активізації екзогенних геоморфологічних процесів. Останні переважно представлені гравітаційними процесами. Потенціал геоморфологічних процесів здебільшого визначається морфометричними параметрами кратерів: глибиною, крутизною схилів, висотою

¹ У ґрунтознавчій літературі останнім часом використовують англомовний термін «кутана» як плівка тонкодисперсної речовини (глини, гумусу, карбонатів) по поверхні ґрунтових агрегатів чи пор, утворена в результаті ілювіальних процесів.

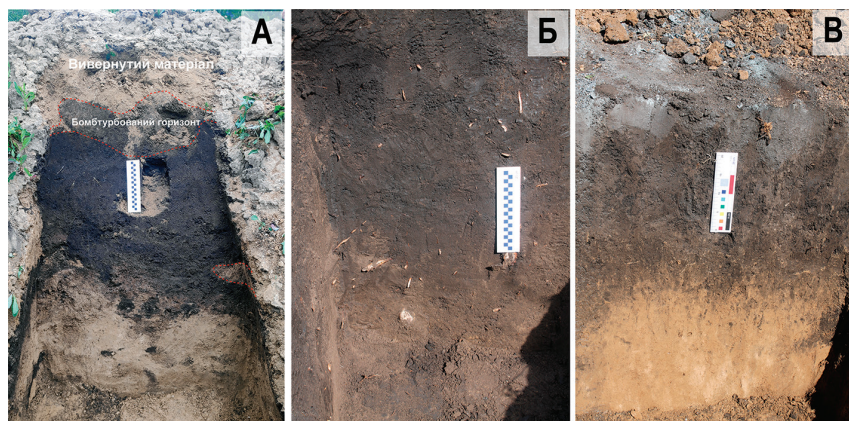


Рис. 1.14. Розрізи пошкоджених війною ґрунтів:

A – бомбтурбований чорнозем звичайний, похований під викинутим з кратера від авіабомби лесовим матеріалом (с. Оскіл); *Б* – забруднений паливно-мастильними матеріалами чорнозем вилугуваний з численними включеннями металевих фрагментів боєприпасів на місці підриву танка (с. Рогань); *В* – чорнозем типовий змитий з ознаками термічного впливу на місці падіння бойового гелікоптера (с. Мала Рогань), у верхній частині генетичного профілю помітні продукти горіння

вала, формою тощо. Проте параметри ґрунтів, материнських порід, оточуючого рельєфу, рослинності та особливості землекористування також впливають на динаміку геоморфологічних процесів, які можуть бути несприятливими та небезпечними. Несприятливі геоморфологічні процеси зумовлюють додаткове ускладнення інженерних умов території і як результат – визначають додаткові втрати ґрунтів та їх забруднення.

Геоморфологічні процеси передусім виникають на схилах та у днищах вирв. Схилкові процеси ведуть до згладження кратерів, тому вали можуть бути денудованими вже у перші роки існування вирви. Однак глибші кратери можуть формувати специфічний хвилястий рельєф, що існує десятки, а то й сотні років (Нурґа and Schaetzl, 2006).

Ми вважаємо, що кратери глибиною менше 1 м не є місцем активізації несприятливих геоморфологічних процесів, або ними можна знехтувати, адже: 1) ці кратери недостатньо глибокі для активізації гравітаційних процесів; 2) кратери можуть доволі швидко

заповнитися ґрунтовим матеріалом; 3) кратери не проникають у материнську породу; 4) кратери можуть бути згладжені або заповнені оранкою (Bonchkovskiy et al., 2023). Отже, чим більшим і глибшим є кратер, тим більший потенціал до розвитку несприятливих геоморфологічних процесів у ньому.

На основі морфометричних параметрів вирв, властивостей ґрунтів, материнських порід та навколишнього рельєфу, виділено 10 типів локалітетів з потенційними геоморфологічними процесами (табл. 1.11).

Таблиця 1.11. Типізація кратерів за набором несприятливих екзогенних геоморфологічних процесів

Тип	Геоморфологічні процеси	Локалізація
Тип 1	Осуви*, площинна ерозія	Переважаю мілкі кратери (1,0–2,0 м у глибину)
Тип 2	Осуви, площинна ерозія, суфозія	Переважаю мілкі кратери (1,5–2,5 м у глибину), особливо в еродованих ґрунтах, сформованих на лесах
Тип 3	Осуви, зсуви, площинна та лінійна ерозія, суфозія	Переважаю глибокі кратери (>2,0 м у глибину) в ґрунтах, сформованих на лесах
Тип 4	Осуви, площинна ерозія, карст	Переважаю мілкі кратери (1,0–2,0 м у глибину), які проникають у карбонатні породи (вапняки, крейда, мергелі)
Тип 5	Осуви, зсуви, площинна та лінійна ерозія, карст	Переважаю глибокі кратери (>2,0 м у глибину), які проникають у карбонатні породи (вапняки, крейда, мергелі)
Тип 6	Осуви, площинна ерозія, заболочення	Переважаю мілкі кратери (1,0–2,0 м у глибину) на заплавах або територіях з неглибоким заляганням підземних вод
Тип 7	Осуви, зсуви, площинна та лінійна ерозія, заболочення	Переважаю глибокі кратери (>2,0 м у глибину) на заплавах або територіях з неглибоким заляганням підземних вод
Тип 8	Осуви, площинна та лінійна ерозія, дефляція	Переважаю глибокі кратери (>2,0 м у глибину), які проникають у піски (еолові або алювіальні), особливо на поверхні надзаплавних терас
Тип 9	Осуви, зсуви, заболочення	Переважаю глибокі кратери (>2,0 м у глибину), які деформують болотні ґрунти або ґрунти, насичені водою
Тип 10	Осуви, зсуви, площинна та лінійна ерозія	Переважаю глибокі кратери (>2,0 м у глибину), які проникають у материнські породи, крім лесів та карбонатних порід

* Осуви – це дрібні зсуви пухких порід в’язко-пластичної консистенції.

Усього на досліджуваній території ідентифіковано 94 667 ймовірних локалітетів з несприятливими геоморфологічними процесами (рис. 1.15; табл. 1.12). Найпоширенішими геоморфологічними процесами у кратерах слід очікувати осуви, площинну та лінійну ерозію, зсуви і суфозію. Остання пов'язана тільки з ґрунтами, сформованими на лесах. Від вторинних площинної та лінійної ерозії найбільш постраждалими є чорноземи, тоді як найбільш постраждалими від заболочення і додаткового засолення є лучні, лучно-чорноземні та чорноземно-лучні ґрунти.

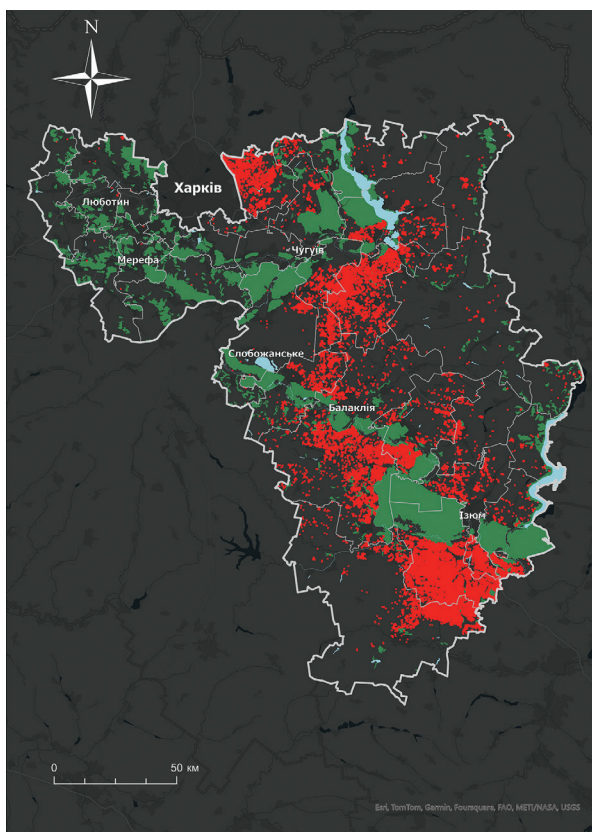


Рис. 1.15. Локалітети з несприятливими геоморфологічними процесами

Таблиця 1.12. Несприятливі геоморфологічні процеси

Тип	Кількість локалітетів	Несприятливі геоморфологічні процеси	Пошкоджені ґрунти
1	2	3	4
Тип 1	84 521	Осуви, площинна ерозія	Сірі опідзолені, темно-сірі опідзолені, дерново-підзолисті, дернові опідзолені, лучні солонцюваті, лучні та дернові шаруваті, лучно-болотні солонцюваті, лучно-чорноземні, лучно-чорноземні солонцюваті, чорноземно-лучні, чорноземно-лучні солонцюваті, солоді, солонці, чорноземи опідзолені, чорноземи реградовані, чорноземи вилугувані, чорноземи типові, чорноземи звичайні, чорноземи карбонатні на елювії карбонатних порід, чорноземи на елювії пісковиків, чорноземи на щільних глинах, чорноземи солонцюваті на щільних глинах, чорноземні глинисто-піщані та супіщані
Тип 2	2 182	Осуви, площинна ерозія, суфозія	Темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені, чорноземи типові, чорноземи звичайні
Тип 3	6 890	Осуви, зсуви, площинна та лінійна ерозія, суфозія	Темно-сірі опідзолені, лучно-чорноземні солонцюваті, чорноземи опідзолені, чорноземи реградовані, чорноземи вилугувані, чорноземи типові, чорноземи звичайні, чорноземи солонцюваті на щільних глинах
Тип 4	339	Осуви, площинна ерозія, карст	Чорноземи карбонатні на елювії карбонатних порід
Тип 5	27	Осуви, зсуви, площинна та лінійна ерозія, карст	Чорноземи карбонатні на елювії карбонатних порід
Тип 6	100	Осуви, площинна ерозія, заболочення	Болотні солонцюваті, лучно-болотні солонцюваті
Тип 7	333	Осуви, зсуви, площинна та лінійна ерозія, заболочення	Лучні солонцюваті, лучно-чорноземні солонцюваті, чорноземно-лучні вилугувані та опідзолені, чорноземно-лучні солонцюваті
Тип 8	19	Осуви, площинна та лінійна ерозія, дефляція	Дернові опідзолені, дернові розвинені піщані і глинисто-піщані, чорноземні глинисто-піщані і супіщані
Тип 9	10	Осуви, зсуви, заболочення	Болотні солонцюваті, лучно-болотні солонцюваті

**Розділ 1. Комплексне оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив
(на прикладі Харківської області)**

Закінчення табл. 1.12

1	2	3	4
Тип 10	246	Осуви, зсуви, площинна та лінійна ерозія	Темно-сірі опідзолені, лучні солонцюваті, лучно-чорноземні солонцюваті, чорноземи звичайні, чорноземи на щільних глинах, чорноземи солонцюваті на щільних глинах, чорноземи щебенюваті на елювії пісковиків, чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти

1.3.5.2. Результати польових досліджень екзогенних геоморфологічних процесів у кратерах

Польові дослідження кратерів підтвердили результати попереднього моделювання локалітетів з несприятливими геоморфологічними процесами. Практично у всіх кратерах глибиною понад 1 м зафіксовано активні екзогенні геоморфологічні процеси, серед яких найбільшою динамікою відзначаються процеси площинного змиву та осувів. Як показали дослідження кратерів, за рік після їх утворення відбулася стабілізація гравітаційних процесів практично в усіх кратерах, тоді як динаміка флювіальних процесів напряду залежить від інтенсивності заростання вирв синантропною рослинністю. Останнє визначається кількістю поживних речовин у субстраті на схилах кратерів.

Результати польової ідентифікації екзогенних геоморфологічних процесів представлено у *табл. 1.13* та на *рис. 1.16*.

Таблиця 1.13. Польова ідентифікація екзогенних геоморфологічних процесів у кратерах (станом на липень–вересень 2023 р.)

Локація	Тип кратера	Діаметр кратера, м	Глибина кратера, м*	Форма мезорельєфу	Геоморфологічні процеси	Інтенсивність геоморфологічних процесів**
1	2	3	4	5	6	7
Оскіл	Авіабомба	11,1	3,2	Плато	Осуви	+++
					Площинна ерозія	+++
					Лінійна ерозія	+
					Суфозія ?	+
	152 мм	4,2	1,1	Плато	Осуви	++
					Площинна ерозія	+++

Закінчення табл. 1.13

1	2	3	4	5	6	7
Мосьпанове	Авіабомба	11,1	2,6	Схил річкової долини	Осуви	++
					Площинна ерозія	+++
					Зсуви	+
Шевелівка	Авіабомба № 1	14,5	3,2	Схил річкової долини	Осуви	++
					Площинна ерозія	+
					Зсуви	+
	Авіабомба № 2	11,1	–	Висока заплава	Осуви	+
					Площинна ерозія	+
					Заболочення	+++
152/155 мм	5,5	1,3	Схил річкової долини	Площинна ерозія	+	
Велика Комишуваха	Авіабомба	15,8	3,8	Тиловий шов заплави	Осуви	+
					Заболочення	+++
	152/155 мм	6,0	>1,5	Низька заплава	Осуви	+
					Заболочення	+++
	122 мм	4,1	1,2	Низька заплава	Осуви	+
					Зсуви	+
	220 мм	8,0	3,0	Плато	Заболочення	+++
					Площинна ерозія	++
Лінійна ерозія					+	
Печеніги	152/155 мм	4,4	1,2	Плато	Суфозія ?	+
					Площинна ерозія	++
					Лінійна ерозія	+

*Подано глибину кратера станом на липень–вересень 2023 р.

**Інтенсивність екзогенних геоморфологічних процесів: + – ознаки геоморфологічних процесів проявляються слабо; ++ – ознаки геоморфологічних процесів помітно проявляються; +++ – виразні ознаки геоморфологічних процесів, вдається простежити їх динаміку.

Осуви найчастіше зафіксовано на схилах великих кратерів (особливо від авіабомб), які ще не встигли зарости рослинністю. Вони представлені язиками ґрунтового або лесового матеріалу (рис. 1.16, А), які, вірогідно, активні у зимовий період, коли мінеральна маса набуває в'язко-пластичної консистенції завдяки достатній

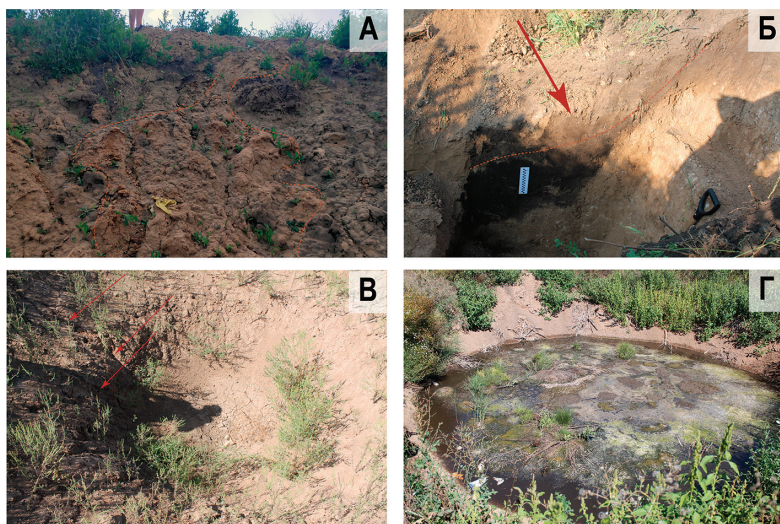


Рис. 1.16. Екзогенні геоморфологічні процеси у кратерах:

А – осуви на схилі кратера від авіабомби (с. Оскіл); *Б* – делювіальні відклади перекривають бомбтурбований ґрунт на схилі кратера від авіабомби (с. Мосьпанове); *В* – сліди лінійної ерозії на схилі кратера від боєприпасу 220 мм (с. Велика Комишуваха); *Г* – заболочення у кратері від авіабомби (с. Шевелівка)

кількості вологи. Проникнення ґрунтового матеріалу по язиках у кратери, які розкривають лесові породи, є одним із основних факторів активного заселення синантропною флорою вирв від авіабомб. У результаті заростання кратерів та зниження крутизни їх схилів інтенсивність осувів буде знижуватися.

Класичних зсувів у кратерах не виявлено, проте навколо кількох вирв від авіабомб спостерігалися стінки відриву, які відображають зародкові зсувні тіла блокового типу. Утворення зсувів у кратерах на території Харківської області лімітується недостатньою кількістю опадів, відсутністю умов для формування дзеркала ковзання та здебільшого недостатньою крутизною схилів. Цікаво, що невеликі зсувні тіла виявлено поблизу невеликого кратера від боєприпасу калібру 122 мм на заплаві у с. Велика Комишуваха. Це, вочевидь, зумовлено літологічною неоднорідністю цієї ділянки, що відображено у різкому

переході лучного глибоко-слабосолонцюватого ґрунту в оглесний заплавний суглинок, насичений водою. Вірогідно, покрівля заплавного суглинку і є дзеркалом ковзання дрібного зсуву блокового типу.

Площинна ерозія є найпоширенішим процесом у кратерах, інтенсивність якої прямопропорційна глибині кратера, що визначає кінетичну енергію водного потоку. Інтенсивність ерозійних процесів також безпосередньо залежить від швидкості заростання кратерів рослинністю, яка своєю кореневою системою закріплює схили. Площинна ерозія є основним процесом, який веде до заповнення кратера відкладами або ґрунтовим матеріалом. Так, дослідження поперечного профілю кратера від авіабомби у с. Мосьпанове показали, що за 14 міс. існування вирви в її днищі відклалося 35 см ґрунтових відкладів як результат площинного змиву (рис. 16, *Б*). Більше того, 45–50 см ґрунту відклалося у днищі кратера одразу після вибуху.

Як показали польові дослідження, процеси лінійної ерозії мають місце тільки у найбільших кратерах (глибиною понад 2 м), схили яких складені легко- та середньосуглинковими лесовими породами. До ознак лінійної ерозії слід віднести дрібні ерозійні борозни (рис. 16, *В*), еволюцію яких у розвинені форми борозн або промоїн не виявлено.

Безпосередні ознаки процесів суфозії у польових умовах не виявлено. Проте сліди сезонного стояння води у днищах кратерів від авіабомб, котрі розкривають лесові породи, вочевидь, призведуть до прояву суфозійних процесів.

Ознаки заболочення виявлено у всіх вивчених кратерах, які сформовані на заплаві. Розкриття вирвами водоносних горизонтів призводить до їх наповнення водою та формування дрібних замкнутих водойм. Неглибокі кратери характеризуються інтенсивними процесами заболочення, тоді як заболочення у глибоких кратерах буде відбуватися повільно. Проте інтенсивні процеси цвітіння води, а також розвиток підводної фітомаси, виявлені під час польових робіт, вказують на заболочення навіть у глибоких кратерах заплав (рис. 16, *Г*). Неглибокі кратери на заплавах, які не досягли дзеркала ґрунтових вод, характеризуються зволуженим днищем і заповнені водою сезонно, залежно від флуктуацій глибини залягання підземних вод. Однак тривалість стояння вологи у таких кратерах не є достатньою для протікання процесів заболочення.

1.3.6. Стан використання полів

Станом на жовтень 2023 р. в межах території дослідження 25,7% (162 177,0 га) орних земель та 8 949 земельних ділянок не оброблялися, зокрема 7 229 полів та 1 679 присадибних ділянок (табл. 1.14).

Таблиця 1.14. Частка необроблюваних земель у територіальних громадах

Район	Територіальна громада	Площа необроблюваних земель, га	Частка необроблюваних земель, %	Кількість необроблюваних полів	Очікувана кількість нерозірваних боєприпасів
1	2	3	4	5	6
Богодухівський	Богодухівська	45,5	0,9	9	–
Богодухівський	Валківська	170,7	1,6	3	–
Ізюмський	Балаклійська	29 483,1	36,5	1 197	5 230
Ізюмський	Барвінківська	26 324,1	27,8	2 152	6 030
Ізюмський	Борівська	1 054,1	12,3	91	580
Ізюмський	Донецька	4 238,5	25,2	126	260
Ізюмський	Ізюмська	9 020,0	48,9	291	300
Ізюмський	Куньєвська	1 755,1	7,8	41	560
Ізюмський	Оскільська	30 698,7	87,6	1 900	18 710
Ізюмський	Савинська	8 173,1	32,2	140	900
Куп'янський	Великобурлуцька	1 119,9	4,0	57	20
Куп'янський	Курилівська	1 267,5	14,0	105	270
Куп'янський	Шевченківська	6 497,2	9,4	169	450
Харківський	Безлюдівська	140,1	3,3	15	кілька
Харківський	Височанська	158,8	11,5	53	–
Харківський	Вільхівська	10 053,7	68,0	358	1 140
Харківський	Люботинська	75,4	1,6	1	10
Харківський	Мереф'янська	152,2	4,2	15	–
Харківський	Нововодолазька	527,3	3,5	290	–
Харківський	Південноміська	10,1	0,7	34	–
Харківський	Пісочинська	311,0	10,5	34	–
Харківський	Роганська	857,2	19,3	46	110
Харківський	Солоницівська	102,9	1,2	11	20
Чугуївський	Зміївська	512,4	2,7	316	–

Закінчення табл. 1.14

1	2	3	4	5	6
Чугуївський	Малинівська	3 505,9	27,5	151	790
Чугуївський	Новопокровська	616,7	7,9	66	70
Чугуївський	Печенізька	1 273,5	5,2	111	480
Чугуївський	Слобожанська	1 202,5	4,5	184	90
Чугуївський	Старосалтівська	8 921,8	36,6	446	290
Чугуївський	Чкаловська	13 211,4	43,2	486	3 040
Чугуївський	Чугуївська	696,1	6,3	51	220

Наявність некультивованих орних земель може бути пов'язана з високим рівнем потенційного забруднення території мінно-вибуховими об'єктами, нерозірваними боеприпасами і високим ризиком можливих обстрілів, підриву сільськогосподарської техніки та ін. (рис. 1.17).

Найвищий відсоток необроблюваних полів виявлено в Оскільській (87,6%), Вільхівській (68,0%), Ізюмській (48,9%), Чкаловській (43,2%), Старосалтівській (36,6%), Балаклійській (36,5%) та Савинській (32,2%) територіальних громадах. Така ситуація зумовлена розташуванням цих територіальних громад на лінії зіткнення та активного ведення бойових дій на території Харківської області у 2022 р.

1.3.7. Результати геохімічного аналізу та їх інтерпретація

Численні дослідження свідчать, що у результаті вибуху боеприпасів відбувається забруднення ґрунтів важкими металами (Sadiq et al., 1992; Souvent and Pirc, 2001; Bausinger et al., 2007; Meerschman et al., 2011; Certini et al., 2013; Vidosavljević et al., 2013; Tešan Tomić et al., 2018; Solokha et al., 2023; Солоха та ін., 2022; Зайцев та ін., 2022; Williams and Rintoul-Hynes, 2022). Навіть кулі від стрілецької зброї можуть викликати забруднення ґрунтів свинцем (Lewis et al., 2010). Внаслідок вибуху в ґрунт потрапляють різні метали, такі як Cr, Cd, Cu, Hg, Ni, Co, Zn, Sb, As та ін. (Certini et al., 2013), однак тільки деякі з них (Cd, Pb, Ni, Cu і Zn) найчастіше формують високі концентрації (Tešan Tomić et al., 2018; Солоха та ін., 2022; Сплодитель та ін., 2023). Як показали Meerschman et al. (2011), навіть десятки років після бойових дій ґрунти залишаються забрудненими важкими металами в

Розділ 1. Комплексне оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив
(на прикладі Харківської області)

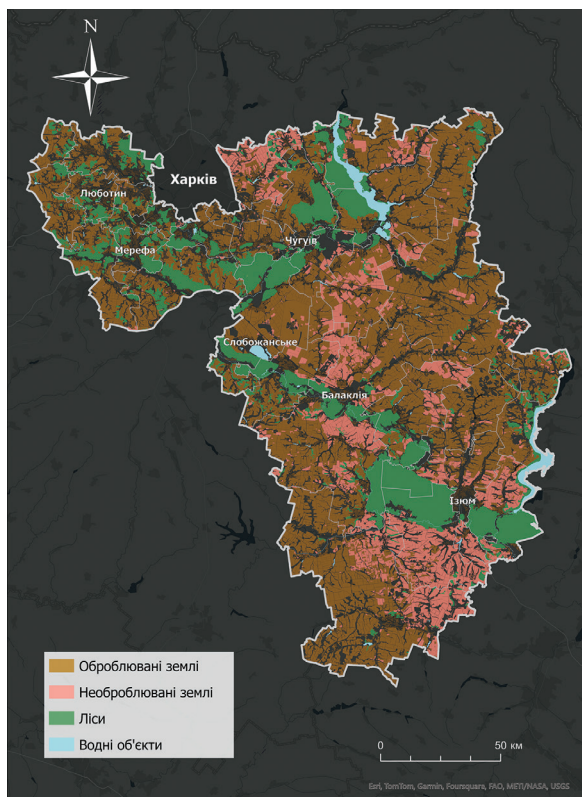


Рис. 1.17. Оброблювані та необроблювані землі станом на жовтень 2023 р.

окремих осередках, але не суцільно. Це важливий факт, який дає змогу ідентифікувати забруднені території та їх локалізувати.

Узагальнені результати виконаних вимірювань важких металів представлено у *табл. 1.15*.

1.3.7.1. Кадмію

Валовий вміст кадмію у більшості зразків коливається у межах 0,4–0,8 мг/кг і переважно не перевищує ГДК. Вміст кадмію у більшості кратерів є близьким до його фонового значення. Крім того, у більшості випадків від центру кратерів до їх периферії вміст кадмію

Таблиця 1.15. Сумарна статистика вмісту основних важких металів

Показник	Основні важкі метали				
	Cd	Cu	Pb	Ni	Zn
Мінімум	0,10	3,87	3,12	8,45	19,23
Медіана	0,59	11,48	10,99	23,89	50,69
Максимум	57,84	71,45	23,63	46,00	114,23
Середнє	3,68	15,10	10,78	23,31	53,29
Варіація	217,24	15,63	71,49	404,89	0,06
Коефіцієнт варіації	0,98	0,37	0,36	0,38	0,24
Асиметрія	2,82	0,85	0,12	0,82	1,37
ГДК	1,5	–	32,0	–	–

не змінюється, крім кратерів від авіабомб (с. Шевелівка і с. Мосьпанове), де вміст кадмію у кратері в 1,2–1,4 раза більший, ніж за 5–10 м від кратерів. Підвищений вміст кадмію (1,4 Кларки) також був зафіксований у вирві від снаряду 152 мм (с. Рідне).

Критичні концентрації кадмію зафіксовано у двох місцях: на місці падіння бойового гелікоптера (с. Мала Рогань) і на місці «свіжого» прильоту ракети (с. Рогань). Зразки, відібрані на наступний день після прильоту ракети X-55 поблизу с. Рогань, показали концентрацію кадмію у кратері 3,1–4,1 мг/кг та його поступове зниження у напрямку від вирви. Отже, вміст кадмію тут у 2,7 раза перевищує ГДК і становить 3,5–4,7 Кларки. Однак, ґрунти в епіцентрі падіння бойового гелікоптера є набагато більше забрудненими, адже тут концентрація кадмію сягає 41,2–57,8 мг/кг, що перевищує ГДК у 27,2–38,6 раза.

Отже, найвиразніше забруднення ґрунтів кадмієм спостерігається у місці «свіжого» прильоту і в місці вибуху військової техніки, залишаючись незначним у кратерах від авіабомб і снарядів калібру 152 мм. В інших місцях відбору проб забруднення кадмієм не виявлено. Наприклад, Солоха та ін. (2022) відзначили підвищені концентрації кадмію у кратерах від авіабомб і снарядів калібру 152–155 мм, тоді як Зайцев та ін. (2022) зафіксували підвищені значення кадмію у місцях горіння військової техніки. Отже, ці дослідження загалом узгоджуються з нашими результатами, проте доцільно зазначити, що у праці Солохи та ін. (2022) представлено вміст важких металів у

рухомій формі. Сплодитель та ін. (2023) визначили критичний вміст кадмію (до 8,5 мг/кг) у кратерах від зброї калібру 122 і 152 мм у Вільхівській територіальній громаді.

1.3.7.2. Мідь

Вміст міді у досліджуваних пробах коливається у межах 6–18 мг/кг. На відміну від кадмію, у кратерах спостерігається вищий вміст міді, ніж на оточуючій території, часто дорівнюючи 1,2–1,5 Кларкам. Крім того, вміст міді поступово знижується від кратера. Наприклад, концентрація міді у кратерах калібру від 122 мм в 1,1–1,2 раза більше, ніж на відстані 5–10 м від вирви, у кратерах калібру від 152 мм – в 1,1–1,3 раза більше, у кратерах від авіабомб – в 1,2–1,8 раза більше. Подібну закономірність зниження вмісту міді зафіксовано на місці «свіжого» прильоту ракети Х-55. Крім того, вміст міді знижується вниз за ґрунтовим профілем (села Федорівка, Рогань і Мала Рогань) на відміну від спостережень Tešan Tomić et al. (2018) і Amaral Sobrinho et al. (2008). Така різниця, вірогідно, зумовлена відсутністю яскравої диференціації генетичних профілів чорноземів, які досліджувалися нами.

Безсумнівне забруднення міддю зафіксовано у кратерах калібру від 152 мм (до 1,5–1,6 Кларки) і на полі, забрудненому різними типами зброї у с. Кам'янка (до 3,7 Кларки). Однак найвищу концентрацію міді виявлено в епіцентрі падіння бойового гелікоптера. Тут вміст міді досягав 65,0–71,5 мг/кг, що становить 8,0–8,8 Кларки.

Отже, забруднення міддю краще виражене на ділянках «свіжого» прильоту і в місцях вибуху військової техніки. Помірне забруднення міддю також викликано детонацією снарядів калібру 152 мм. Однак Солоха та ін. (2022) також відзначали підвищені концентрації міді у кратерах від зброї калібру 82 мм, тоді як Зайцев та ін. (2022) зафіксували найвищі концентрації міді у місцях горіння військової техніки. Більше того, Зайцев та ін. (2022) виявили найнижчі концентрації міді у кратерах від авіабомб на противагу нашим даним і висновкам Балюка та ін. (2022). Сплодитель та ін. (2023) виявили критичні значення міді (до 168 мг/кг) у кратерах від зброї калібру 122 мм і 152 мм у межах Вільхівської територіальної громади.

1.3.7.3. Свинець

Вміст свинцю у більшості проб коливається у межах 8–15 мг/кг і не перевищує в жодному зі зразків ГДК. Крім того, концентрації свинцю у більшості кратерів не сильно відрізняються від фонових, хоча й спостерігається незначне зниження його вмісту від центру кратера до оточуючої території. Найкраще виражене зниження концентрації свинцю від кратера простежується на місці «свіжого» прильоту ракети X-55 – вміст свинцю у кратері в 1,3 раза більший, ніж на відстані 50 м. Вміст свинцю також поступово знижується вниз за ґрунтовим профілем (села Федорівка, Рогань і Мала Рогань).

Очевидне забруднення свинцем зафіксовано у кратерах від зброї калібру 122 мм (23,4–23,6 мг/кг, або 1,9 Кларки) поблизу с. Федорівка, звідки відбувався запуск снарядів «Град». Однак, у кратерах від зброї калібру 122 мм на інших ділянках не спостерігається настільки підвищених значень свинцю. Загалом підвищені концентрації свинцю фіксуються на місці «свіжого» прильоту ракети X-55 поблизу с. Рогань (до 1,7 Кларки) і на місці падіння бойового гелікоптера у с. Мала Рогань (до 1,6 Кларки).

Отже, наші результати не виявили критичного вмісту свинцю на жодній з досліджуваних ділянок, що узгоджується з даними Солоха та ін. (2022). З іншого боку, Солоха та ін. зафіксували незначне забруднення свинцем у кратерах різного калібру (82, 120, 152–155 мм, авіабомби). Зайцев та ін. (2022), навпаки, виявили значне забруднення свинцем у всіх зразках, відібраних у Сумській області. При цьому, концентрації свинцю переважно перевищували ГДК. Сплодитель та ін. (2023) також виявили критичні значення вмісту свинцю у ґрунтах Вільхівської тергромади.

1.3.7.4. Цинк

Вміст цинку у більшості проб коливається у межах 40–60 мг/кг. Крім того, вміст цинку в більшості кратерів майже відповідає такому у фонових пробах. Забруднення цинком переважно фіксується у кратерах від авіабомб (до 1,7–1,9 Кларки). Крім того, ознаки забруднення цинком виявлено на місці «свіжого» прильоту ракети X-55 у с. Рогань (1,2 Кларки). Проте найвищі концентрації цинку виявлено

на місці падіння військового гелікоптера поблизу с. Мала Рогань, де вони досягають 107,4–114,2 мг/кг, або 1,8–1,9 Кларки.

Цікаво, що вміст цинку більш поступово знижується вниз за профілем, ніж концентрації інших елементів, тоді як на місці підриву танка максимальні концентрації цинку фіксуються на глибині 10–30 см від денної поверхні.

Отже, забруднення ґрунтів цинком найвиразніше у кратерах від авіабомб, а також у місцях вибуху військової техніки. На інших ділянках забруднення цинком не виявлено або є дуже низьким. Солоха та ін. (2022) також не виявили забруднення ґрунтів цинком, порушених бойовими діями, проте описали підвищені його концентрації у ґрунтах, забруднених дизельним паливом. На противагу цьому, Зайцев та ін. (2022) встановили критичний вміст цинку у майже всіх зразках, відібраних у Сумській області, з найвищими концентраціями у місцях горіння військової техніки. Сплодитель та ін. (2023) зафіксували високий вміст цинку (до 143 мг/кг) у кратерах від зброї калібру 122 і 152 мм у Вільхівській територіальній громаді.

1.3.7.5. Нікель

Вміст нікелю у більшості проб коливається у межах 20–30 мг/кг та у більшості кратерів практично відповідає такій у фонових пробах. Підвищений вміст нікелю зафіксовано у кратері від авіабомби поблизу с. Оскіл (до 1,6 Кларки), однак такого не спостерігається в інших кратерах від авіабомб. Дещо підвищені концентрації нікелю також виявлено на місці «свіжого» прильоту ракети X-55 – 1,4 Кларки, а також на полі поблизу с. Кам'янка, порушеному різними типами зброї – 1,7–1,9 Кларки (33,4–37,4 мг/кг).

Отже, значного забруднення нікелем не виявлено на жодному з місць відбору проб, що відповідає результатам інших вчених (Солоха та ін., 2022 і Зайцев та ін., 2022). Проте Солоха та ін. (2022) зробили висновок про незначне забруднення нікелем у кратерах від авіабомб.

1.3.7.6. Хром

Вміст хрому в проаналізованих пробах коливається у межах 16,6–46,2 мг/кг, при цьому не змінюючись від кратерів до фону. Дещо

підвищені концентрації хрому виявлено на дні кратера від авіабомби поблизу с. Оскіл (1,3 Кларки), у місці прильоту ракети С-300 у с. Велика Бабка (1,2 Кларки) і на місці «свіжого» прильоту ракети Х-55 – 1,2 Кларки.

Солоха та ін. (2022) виявили незначне зростання концентрації хрому в кратерах від авіабомб.

1.3.7.7. Стронцій

Вміст стронцію у проаналізованих зразках коливається у широких межах: 27,4–148,6 мг/кг. Концентрація стронцію у більшості кратерів близька до такої у фонових пробах, однак місцями кратери є помітно забрудненими. Зокрема, найбільші концентрації стронцію зафіксовано у кратерах від авіабомб поблизу с. Оскіл (до 146,5 мг/кг, або до 4,4 Кларка) і поблизу с. Шевелівка (до 81,3 мг/кг, або 4,4 Кларки). Відмінною рисою цих кратерів є різке зниження вмісту стронцію на їх брівці. Високі значення стронцію також виявлено у кратерах від зброї калібру 122 мм поблизу с. Федорівка (до 148,6 мг/кг, або до 2,6 Кларки) та на місці підриву танку поблизу с. Рогань (до 93,5 мг/кг, або до 1,8 Кларки).

1.4. Обговорення результатів

1.4.1. Механічні пошкодження ґрунтового покриву

1.4.1.1. Бомбтурбація ґрунтового покриву

Утворення кратерів – найпоширеніший процес, пов'язаний з бойовими та іншими воєнними діями. Нурі і Schaetzl (2006) запропонували термін «бомбтурбація» для визначення процесу утворення кратерів та пов'язаного з ним перемішування ґрунту внаслідок вибуху боєприпасів. До останніх у найбільш узагальненій класифікації належать авіаційні бомби, артилерійські боєприпаси та міни (Нурі and Koehler, 2012). У російсько-українській війні саме артилерійські боєприпаси найчастіше зумовлюють бомбтурбацію.

Бомбтурбацію розглядають як один із видів педотурбації. З генетичної точки зору бомбтурбацію слід розглядати з позицій імпактотурбації (Нурі and Schaetzl, 2006), адже кратери від небесних тіл та боєприпасів за механізмом утворення подібні. Проте останні є

цілеспрямованими, визначеними антропогенним фактором на відміну від кратерів, утворених небесними тілами, які розглядають як стохастичні, неконтрольовані. З іншого боку, антропогенно зумовлені кратери вирізняються значно меншими розмірами, високою частотністю формування та локальністю утворення. Усе це підкреслює доцільність виокремлення бомбтурбації в окрему категорію педотурбації.

Супутніми процесами бомбтурбації слід розглядати термічний вплив та ущільнення ґрунтів. Проте на відміну від бомбтурбації ознаки термічного впливу та ущільнення від вибуху стосуються винятково стінок кратерів. У результаті детонації боеприпасу виникають вторинні процеси займання рослинного покриву, які можуть охопити значно більші площі та визначаються метеорологічними або ландшафтними чинниками. Проте супутні процеси недоцільно вкладати у поняття «бомбтурбації».

На нашу думку, слід розрізняти декілька морфологічних форм бомбтурбації (рис. 1.18):

- суцільне перемішування ґрунту з відповідним руйнуванням генетичного профілю ґрунту, порушенням послідовності залягання генетичних горизонтів;
- вертикальні та бічні (з боку кратера) деформації ґрунтового профілю;
- інтрузії чужорідного мінерального або ґрунтового матеріалу без порушення залягання генетичних горизонтів;
- перекриття ґрунтового профілю відкладами, викинутими з кратера;
- проникнення у ґрунт чужорідних тіл (уламків боеприпасів, бомб, зруйнованої техніки та ін.), що супроводжується порушенням нормального залягання або послідовності генетичних горизонтів.

Чим більшим є кратер, тим більшою є ймовірність поєднання всіх морфологічних форм бомбтурбації. Зокрема, навколо кратерів, які проникають у материнську породу (найчастіше лесові породи), фіксується поховання ґрунту під неґрунтовими відкладами, які формують вал як елемент морфоскульптури кратерів. У такому випадку ґрунт доцільно визначати як похований або тимчасово похований.

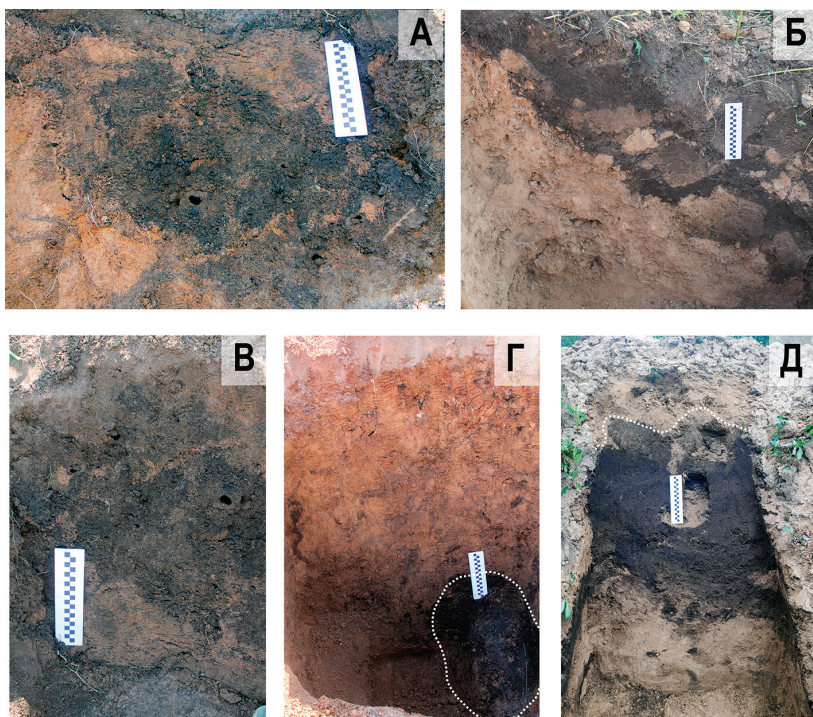


Рис. 1.18. Морфологічні форми бомбтурбації:

А – суцільне руйнування генетичного профілю лучного поверхнево-слабосолонцюватого ґрунту кратером від авіабомби (с. Шевелівка); *Б* – суцільна бомбтурбація чорнозему звичайного у кратері від авіабомби (с. Мосьпанове); *В* – деформації генетичного профілю лучного поверхнево-слабосолонцюватого ґрунту поблизу кратера від авіабомби (с. Шевелівка); *Г* – інтрузія ґрунтового матеріалу в материнську породу (лес) з боку кратера від боєприпасу калібру 152 мм (с. Шевелівка); *Д* – чорнозем звичайний перекритий викинутим з кратера від авіабомби лесовим матеріалом (с. Оскіл)

Термін «похований ґрунт» часто асоціюють з терміном «викопний ґрунт» або «палеоґрунт», що не є коректним. Терміном «похований ґрунт» (buried soil) визначають ґрунт, який перекритий відкладами потужністю понад 50 см, або понад 30–50 см, якщо потужність покривних відкладів є більшою від половини глибини ґрунтового профілю (NRCS, 2013). В інших джерелах згадуються значно менші

потужності покривних відкладів, але вони мають алохтонний характер (Ruellan, 1971). Саме тому термін «похований ґрунт» почав використовуватися й до ґрунтів, перекритих антропогенними відкладами (Chaopricha and Marin-Spiotta, 2014).

За нашими оцінками, у межах досліджуваної території близько 400 га ґрунтів можуть бути похованими в результаті утворення кратерів, особливо від авіабомб, крупнокаліберної артилерії (203 мм), мінометів (240 мм) та РСЗВ (220, 300 мм). Еволюція похованих та ініціальних ґрунтів у місцях формування валів навколо кратерів повинна стати окремих дослідженням бомбтурбованих ґрунтів.

Більшість кратерів не проникають у материнську породу, або проникають неглибоко. У такому випадку гумусовий горизонт ґрунту може бути перекритий викинутим матеріалом з підповерхневих або перехідних горизонтів. З іншого боку, на стику кратера та ґрунту відбуваються бомбтурбації різного масштабу: від суцільного переміщення ґрунтового матеріалу, до локальних деформацій або інтрузій алохтонного матеріалу.

Кратери розглядають як специфічні системи ґрунтоутворення, в яких за доволі короткий період часу (десятки років) формуються нові ґрунти (Thestorf and Makki, 2022; Hury and Schaetzl, 2006). На нашу думку, кратери та оточуючі їх зони бомбтурбації є місцем поєднання різних моделей ґрунтоутворення, представлених у праці Alexandrovskiy (2007), що визначатиме швидкість вторинних процесів педогенезу (рис. 1.19). Проте таку схему доцільно адаптувати тільки для найбільших кратерів – діаметром понад 5–6 м, та глибиною понад 1 м (усього на досліджуваній території таких 17 776). Зважаючи на площу цих кратерів, на їх дні сформується щонайменше 55,2 га нових синседиментних ґрунтів.

У днищах кратерів відбувається активна седиментація ґрунтових та неґрунтових відкладів, що підтверджується польовими дослідженнями. На сьогодні такі відклади доцільно визначати як делювіальні, або педоседименти. Проте дослідження кратерів Першої світової війни показали, що в них зрештою формуються повноцінні ґрунти з аномально потужним гумусовим горизонтом та потовщеним шаром лісової підстилки (Hury and Schaetzl, 2006). На схилах великих кратерів, вочевидь, матиме місце ерозійна модель ґрунтоутворення,

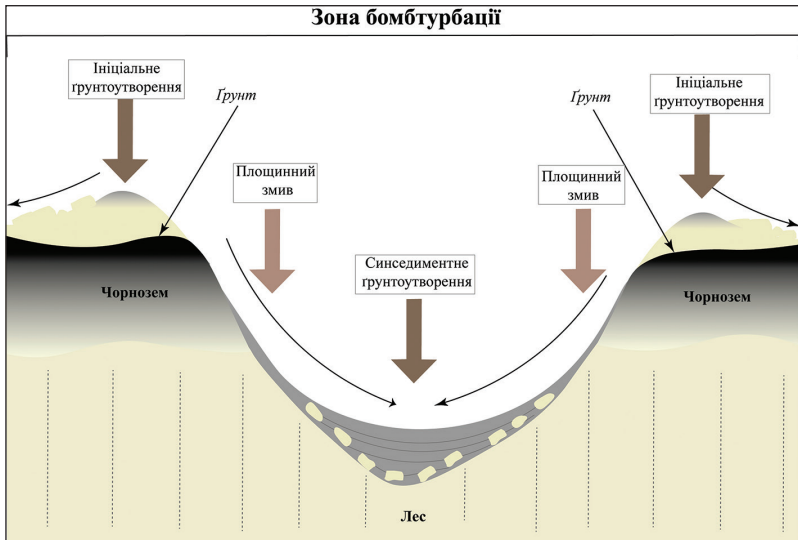


Рис. 1.19. Спрощена модель процесів ґрунтоутворення у кратері від авіабомби (на основі попередніх польових досліджень кратера у с. Шевелівка)

тоді як у зоні бомбтурбації відбуватиметься відновлення будови генетичного профілю ґрунту.

Соловей та ін. (2023) запропонували індексувати горизонти з порушеннями військового характеру за допомогою латинської літери «W». Однак автори не вказують чи слід індексувати всі горизонти, які містять такого типу порушення. Вірогідно, доцільно виокремлювати горизонти суцільного і часткового порушення, використовуючи велику та малу латинські літери «W» відповідно. Не вирішеним залишається питання класифікаційної інтерпретації порушених ґрунтів. Так, для порушених ґрунтів Другої світової війни Берліну Thestorf і Makki (2022) запропонували використовувати міжнародну класифікацію WRB та класифікаційну схему ґрунтів Німеччини. Вони віднесли вивчені ґрунти до техноземів (Technosols), а ґрунти у кратерах – до ґрунтів типу Colluvisols. Класифікаційна інтерпретація бомбтурбованих ґрунтів в Україні потребує обговорення серед вчених-ґрунтознавців, зокрема питання можливої параметризації ознак бомбтурбації.

Окремим питанням є вивчення порушень ґрунтового покриву у фортифікаціях (траншеях, окопах, капонірах, протитанкових ровях та ін.), які за масштабами можуть бути не меншими, ніж порушення від бомбтурбацій (Certini et al., 2013).

1.4.1.2. Ущільнення ґрунтів

Ущільнені ґрунти стимулюють поверхневий стік і як наслідок – схильні до ерозії (Reyes et al., 2005). Більше того, ущільнення ґрунту зумовлює суттєве зниження врожайності – до 50% і навіть більше (Shaheb et al., 2021). За даними Prose (1985), навіть одиничний проїзд танка призводить до ущільнення верхніх 20–25 см ґрунтового профілю. Борозни, утворені важкою військовою технікою, характеризуються найбільшим ущільненням ґрунтів (Halvorson et al., 2001) і можуть концентрувати поверхневий стік, стимулюючи ерозійні процеси (Prose, 1985). Крім того, найвиразніше ущільнення ґрунтів також має місце за умови багаторазового проїзду важкої техніки, на хвилястих місцевостях і за умови зволоження ґрунту (Althoff et al., 2010). У сухих ґрунтах, навпаки, ознаки ущільнення можуть бути непомітними (Halvorson et al., 2001).

Ущільнення ґрунтів у результаті руху і маневрів важкої військової техніки доведено дослідженнями, проведеними на багатьох військових полігонах (Prose, 1985; Althoff et al., 2005; 2010). На ущільнення ґрунтів у результаті руху і маневрів військової техніки на території Харківської області вказували Балюк та ін. (2022), проте результати польових експериментів зміни щільності ґрунту в зонах ведення бойових дій на сьогодні відсутні. Це пов'язано передусім з обмеженнями, які виникають у результаті мінування та наявності нерозірваних боєприпасів на територіях ведення бойових дій. У таких умовах використання спеціальних приладів потребує особливої техніки безпеки, а польові дослідження повинні проводитися за умови супроводу операторів з розмінування.

Окремою проблемою таких досліджень є відокремлення довірених та воєнних ознак ущільнення ґрунтів. Як відомо, систематичне використання важкої сільськогосподарської техніки також призводить до помітного ущільнення ґрунтів у підорному шарі і як наслідок – активізації ерозійних процесів (Batey, 2009). За даними

Балуок та ін. (2012), ще до повномасштабного вторгнення в Україні 22 млн га ріллі характеризувалися переушільненими ґрунтами в підорному шарі. Додатковий рух і маневри військової техніки, вочевидь, зумовили подальше ушільнення ґрунту.

Дані ДЗЗ – цінне джерело інформації, яке дає можливість фіксувати місця руху і маневрів військової техніки, особливо ті, де ризик ушільнення ґрунту є найбільшим. Усього у Харківській області виділяємо такі основні просторові патерни ушільнення ґрунту в результаті руху і маневрів військової техніки: 1) одиничний проїзд; 2) багатократний проїзд; 3) новоутворена польова дорога; 4) вогневі позиції; 5) комбінація різних патернів; 6) суцільне ушільнення ґрунту. Одиничні проїзди важкої військової техніки хоч і спричиняють ушільнення ґрунту (Prose, 1985), однак, на наш погляд, не є пріоритетними для ідентифікації. Зонами найбільшого ушільнення є новоутворені польові дороги, які можуть перетинати поля, розташовуватися паралельно до лісосмуг або паралельно до раніше існуючих польових доріг. Суцільне або переважаюче ушільнення ґрунту відбувається на місцях активного ведення бойових дій, тому крім ушільнення ґрунту ці території характеризуються інтенсивною бомбтурбацією, а також забрудненням ґрунтів. Зони суцільного або переважаючого ушільнення ґрунту розташовані поблизу перехрестя доріг, стику лісосмуг або розташовані неподалік лісосмуг, в яких найчастіше розміщувалися бойові позиції. На особливу увагу заслуговують вогневі позиції, у межах яких поширені дуго-, кільце- та петлеподібні маневри військової техніки, що надійно фіксуються на космічних знімках високої просторової роздільної здатності. Як відомо, у розворотних коліях від руху техніки ефект ушільнення чи не найбільший (Halvorson et al., 2001), що визначає їх чітку ідентифікацію на космічних знімках. З іншого боку, вогневі позиції артилерії є місцем значного забруднення ґрунту продуктами вибуху та гільзами. Вогневі позиції у відповідь зазнають обстрілів, що веде до додаткового забруднення ґрунтів. Ураження техніки, що часто має місце на вогневих позиціях, зумовлює ще й забруднення ґрунтів продуктами горіння і паливно-мастильними матеріалами. Відокремлений аналіз різних просторових патернів ушільнення ґрунтів дасть можливість вивчати не лише фізичний, а й хімічний вплив на ґрунтовий покрив.

За даними Балюка та ін. (2012) ґрунтовий покрив території дослідження характеризується надто високим або високим ризиком ущільнення ґрунтів. Це зумовлено важким гранулометричним складом ґрунтів, які визначають як такі, що мають високий потенціал до ущільнення (Ball, 1986). Lilly and Baggaley (2014) для визначення потенціалу ґрунтів до ущільнення пропонують також враховувати дренаж ґрунтів, адже вважається, що вологі ґрунти більше схильні до ущільнення (Althoff et al., 2010), а перезволожені ґрунти можуть набувати текучої консистенції (Broomandi et al., 2020), формуючи пластичні деформації подібні до інволюцій. Враховуючи кліматичні умови території дослідження, маневри військової техніки, які відбувалися на початку повномасштабного вторгнення (березень–квітень 2022 р.), вочевидь призвели і до найбільшого ущільнення ґрунтів.

Ефект ущільнення ґрунтів від руху військової техніки розглядають як відносно довготривалий (Certini et al., 2013). Дослідження колій від одиничного проїзду танків M1A1 Abrams показали, що природна щільність ґрунту починає відновлюватися вже на третій рік після механічного впливу (Althoff et al., 2010). Однак, результати деяких авторів свідчать про можливий ефект ущільнення впродовж десятків років (Ivetson et al., 1981).

1.4.2. Хімічне забруднення ґрунтів

1.4.2.1. Обговорення результатів геохімічного аналізу

Рівень зумовленого війною хімічного забруднення ґрунтів території дослідження нерівномірний через різну інтенсивність та тривалість бойових дій, використання різного типу зброї і, як наслідок – різного ступеня бомбтурбації. Навіть швидкий погляд на мапу бомбтурбацій показує, що найсильніше хімічне забруднення, вірогідно, матиме місце у південно-східній частині регіону, на південь від м. Ізюм. Однак ці території сильно заміновані, тому недоступні для відбору проб, створюючи певну «білу пляму» в геохімічних дослідженнях. Як наслідок, – найбільш забруднені землі поки що недоступні для лабораторних досліджень, а рівень забруднення може бути недооцінений.

З іншого боку, наші дані з інших районів, включаючи ті, що зазнали значних бомбтурбацій, у більшості випадків не забруднені критично, щонайменше важкими металами. Однак таке забруднення безумовно має місце, що підтверджується зниженням вмісту важких металів від центру кратера до оточуючих територій. Більше того, концентрації важких металів часто становлять 1,1–1,5 Кларка. На пошкоджених бойовими діями територіях спостерігається забруднення кадмієм, міддю та цинком, тоді як забруднення свинцем незначне, а нікелем та хромом – непомітне (рис. 1.20). Тому припускаємо, що до індикаторів бойових дій слід відносити лише кадмій, мідь, цинк і свинець, що узгоджується з даними інших дослідників, таких як Bausinger et al. (2007), Meerschman et al. (2011), Солоха та ін. (2022), Балюк та ін. (2022), Williams and Rintoul-Hynes (2022).

Сумарний показник забруднення (Z_c) (в цьому випадку забруднення важкими металами) розраховано для кожної проби. Цей індекс розраховують за такою формулою:

$$Z_c = \sum_1^n K_c - (n-1), \quad (1.3)$$

де $K_c = C_i : C_\phi$ (C_i – фактичний вміст i -го елемента; C_ϕ – фоновий вміст i -го елемента).

Сумарний показник забруднення виявився дуже небезпечним для людського здоров'я ($Z_c = 55,0$ – $75,9$) тільки на місці падіння військового гелікоптера поблизу с. Мала Рогань (Вільхівська тергромада). Помірне забруднення також зафіксовано на місці «свіжого» прильоту ракети Х-55 поблизу с. Рогань ($Z_c = 5,2$ – $7,3$). Незначне забруднення виявлено у багатьох кратерах. Варто зазначити, що рівень забруднення у кратерах поблизу м. Харкова повинен сприйматися критично, адже ці території можуть бути забрудненими промисловими підприємствами до війни. Тому забруднення різними елементами кратера у с. Елітне (Вільхівська тергромада) – це вірогідний результат довготривалого промислового забруднення.

Небезпечною властивістю важких металів є те, що вони не піддаються біологічному розкладанню (Tešan Tomić et al., 2018), тому критичні рівні металів можуть залишатися у ґрунтах роками. Різні автори (Bausinger et al., 2007; Meerschman et al., 2011; Williams and

Розділ 1. Комплексне оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив (на прикладі Харківської області)

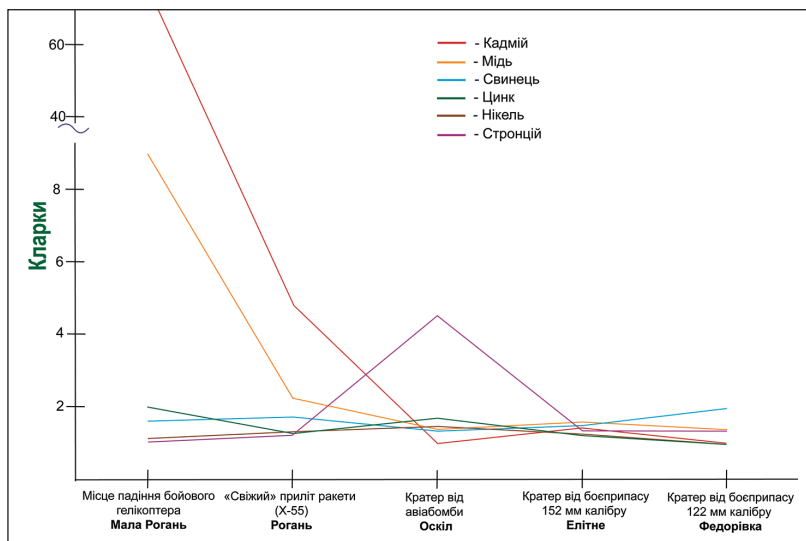


Рис. 1.20. Вміст важких металів (у Кларках) на ділянках різного типу

Rintoul-Hynes, 2022) зазначають про підвищену концентрацію міді, свинцю та цинку у Франції та Бельгії навіть через 90 років після Першої світової війни, що підкреслює низьку рухливість важких металів у ґрунті. На рухливість важких металів в основному впливають характеристики ґрунту: рН, окисно-відновні умови, вміст фізичної глини, органічної речовини та півтораоксидів (McBride et al., 1997). Рухомі фракції важких металів визначають біодоступність, токсичність та ризик забруднення підземних вод важкими металами (Han et al., 2003). Як показали Vasarevičius і Greičiūtė (2004), важкі метали схильні з часом мігрувати вниз за ґрунтовим профілем. Однак наші результати відображають повільну низхідну міграцію важких металів. Оцінювання потенціалу вилуговування ґрунту може надати загальну оцінку поведінки забруднювачів у ґрунтах. Встановлено, що потенційно найбільш забруднені ґрунти мають ознаки низького потенціалу ґрунтів до вилуговування забруднювальних речовин, тому забруднювачі можуть утримуватися в ґрунті, особливо у поверхневому або підповерхневому горизонтах. Але це не означає, що вони є біодоступними.

Фрагменти бомб і снарядів у ґрунті, як правило, піддаються корозії, що призводить до збагачення ґрунтових розчинів катіонами металів, зокрема Pb^{2+} і Cu^{2+} (Souvent and Pirc, 2001). Корозія передусім зумовлюється аерацією та вологістю ґрунту, мікроструктурою сплавів (Souvent and Pirc, 2001). Очікується, що цей процес набуде значного поширення у ґрунтах Харківської області.

Ще однією прогалиною в геохімічних спостереженнях є відсутність вимірювань вибухових речовин, пропелентів та органічних забруднювачів. Зокрема, найпоширенішими вибуховими речовинами є поліциклічні нітроароматичні вуглеводні, які на сьогодні практично не вимірювалися. Однак саме вибухові речовини розглядаються як основні забруднювачі (Certini et al., 2013; Broomandi et al., 2020), тоді як важкі метали – це похідні забруднювачі.

Отже, наявні проблеми з геохімією пошкоджених бойовими діями ґрунтів потребують додаткових досліджень.

1.4.2.2. Оцінювання потенційного забруднення ґрунтового покриву

Точне оцінювання забрудненості постраждалих від війни ґрунтів потребує великої кількості проаналізованих проб на ділянках різного типу пошкоджень, з різними типами ґрунтів та формами рельєфу. На сьогодні через щільне мінування деяких територій та нерозірвані боєприпаси доступ до найбільш забруднених ділянок відсутній. Крім того, в Україні немає достатньої лабораторної бази та кількості персоналу для оперативного і детального вивчення усіх пошкоджених сільськогосподарських ділянок. У результаті цього виникає потреба у моделюванні потенційного забруднення ґрунтів, точність якого буде зростати залежно від кількості проаналізованих ґрунтових проб.

Для моделювання забруднення Сплодитель та ін. (2023) запропонували визначати забруднені зони навколо кратерів як такі, що мають діаметр 120 м. Проте такий підхід не розглядає різноманіття типів зброї. Для потреб моделювання нами запропоновано виділяти зону забруднення (засмічення) як ділянку навколо кратера, яка, вірогідно, є забрудненою вибуховими речовинами з одного боку, та уламками боєприпасів і бомб, з другого (Bonchkovskiy et al., 2023). Зону забруднення (засмічення) слід визначати на основі дальності розльоту уламків зброї різного калібру.

Виконаний геохімічний аналіз загалом підтвердив попередні результати моделювання, а також показав, що реальний діаметр зони забруднення залежить від низки факторів, пов'язаних з умовами вибуху, особливостями ґрунту та рельєфу. Проте загальна похибка є допустимою для цілей картографічного моделювання та не перевищує здебільшого 10–20 % випадків. Уточнення зон забруднення (невраховуючи засмічення уламками зброї) навколо зброї різного калібру можливе у разі впровадження єдиної системи відбору зразків на різній відстані від кратерів різного типу, враховуючи особливості едафотопу. На сьогодні різні групи дослідників використовують власні підходи до відбору проб, що може визначати й відмінність результатів геохімічного аналізу.

Такий підхід до моделювання не доцільно визначати як надзвичайно точний чи такий, що може замінити результати геохімічних досліджень. Він радше покликаний оперативно оцінити та виявити потенційно забруднені землі та ранжувати сільськогосподарські угіддя за ступенем потенційного забруднення. За ступенем вірогідного забруднення виділено п'ять типів орних земель (рис. 1.21): 1) повністю забруднені; 2) понад 50 % площі забруднені; 3) 10–50 % площі забруднені; 4) 1–10 % площі забруднені; 5) менше 1 % площі забруднені (Bonchkovskiy et al., 2023). Подібну класифікацію незалежно запропоновано Сплодитель та ін. (2023) для пошкоджених сільськогосподарських земель Харківської і Донецької областей.

Результати моделювання дають змогу припустити, що на досліджуваній території 28 268 га (4,4 % площі всіх орних земель) можуть бути забрудненими в результаті детонації боєприпасів та бомб. Ця площа не враховує вогневі позиції артилерії, місця підбитої або знищеної техніки, фортифікаційні споруди та облаштовані позиції військових, які також, вірогідно, забруднені широким спектром забруднювальних речовин. У зонах активного ведення бойових дій (особливо на південь від м. Ізюм) частка потенційно забруднених земель значно вища. Так, наприклад, за нашими оцінками, 28 % орних земель Оскільської територіальної громади є потенційно забрудненими. Унаслідок латеральної міграції забруднювачів ця площа може суттєво збільшитися.

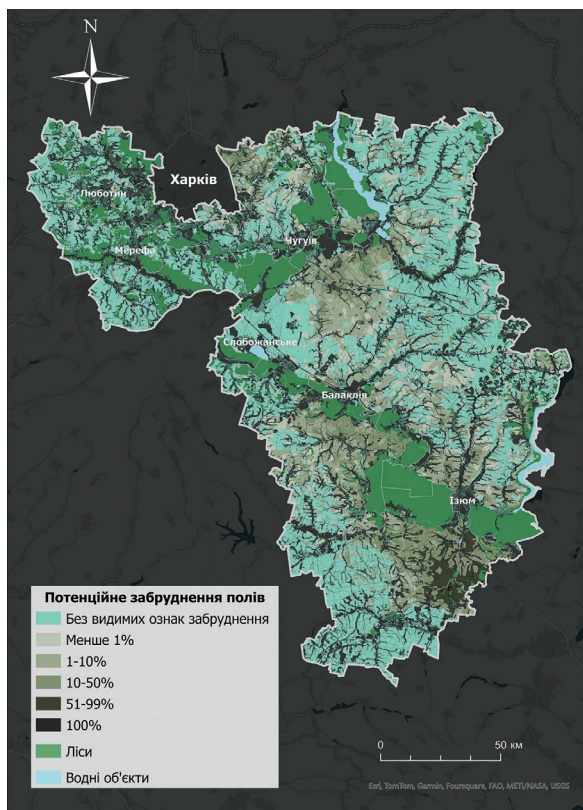


Рис. 1.21. Ранжування орних земель за ступенем (площею) потенційного забруднення ґрунтів

1.4.3. Стан використання полів

Припинення ведення сільського господарства та аграрного виробництва на полях, присадибних і дачних ділянках може бути пов'язане з низкою факторів, а саме:

- у межах ділянок сільськогосподарських угідь проходить лінія фронту, поля стають основними аренами бойових дій із постійними обстрілами, підризом військової техніки, місцями падіння військової авіації;

- у межах ділянок сільськогосподарських угідь споруджуються військові інженерні об'єкти;
- у межах ділянок сільськогосподарських угідь відбувається мінування територій, зокрема дистанційним способом;
- у межах ділянок сільськогосподарських угідь відбувається рух військової техніки, ведуться артилерійські обстріли, ведеться робота реактивних систем залпового вогню;
- обробіток сільськогосподарських угідь неможливий через високий ризик потенційного забруднення мінно-вибуховими приладами;
- обробіток сільськогосподарських угідь неможливий через високий ризик обстрілів, підриву сільськогосподарської техніки, існує постійний ризик життю та здоров'ю працівників сільськогосподарства, які працюють у полі, а також мирного населення, яке вручну обробляє присадибні та дачні ділянки.

Усі описані фактори на певний час зупиняють використання сільськогосподарських угідь. Тому однією з важливих характеристик аналізу сільськогосподарських угідь (орних земель) за допомогою супутникових знімків, знімків із БПЛА, або за результатом безпосередніх польових спостережень є їх класифікація за ознакою культивованості на культивовані та некультивовані із фіксацією періоду, під час якого та чи інша сільськогосподарська ділянка не використовувалася (не оброблялася) і фіксацією орієнтовного періоду часу, коли обробіток відновлено.

Отже, на час аналізу території важливою є додаткова типізація орних земель, яка має два основні типи:

- культивовані землі – орні ділянки, на яких розпочато обробіток після завершення активних бойових дій;
- некультивовані землі – орні ділянки, які після завершення активних бойових дій залишаються необробленими.

1.5. Висновок

Апробація комплексної методики оцінювання зумовлених війною порушень ґрунтового покриву Харківської області дає можливість зробити такі висновки:

- оцінювання пошкоджених війною ґрунтів повинно бути комплексним і включати аналіз щонайменше фізичного, хімічного та фізико-хімічного впливу бойових дій на ґрунтовий покрив. Тому методика комплексного оцінювання ґрунтового покриву включає три основні етапи дослідження: геопросторовий аналіз, польовий та лабораторний етапи.

Геопросторовий аналіз передбачає ідентифікацію: 1) механічних пошкоджень ґрунтового покриву, зокрема дешифрування кратерів, визначення їх параметрів, ідентифікацію зон бомбтурбації та потенційного забруднення (засмічення), дешифрування місць руху військової техніки як зон потенційного ущільнення ґрунтів; 2) картографування ґрунтів, зокрема векторизацію листів ґрунтової карти, картографування особливо цінних ґрунтів, моделювання потенціалу ґрунтів до утримання забруднювальних речовин, моделювання ерозійного ризику ґрунтів; 3) ідентифікація локалітетів з несприятливими геоморфологічними процесами; 4) картографування орних земель, зокрема ріллі станом на осінь 2021 р. та моніторинг їх використання станом на 2023 р.

На території дослідження дешифровано 420 615 кратерів діаметром 0,5–26,1 м. Оціночний об'єм переміщеного ґрунту в результаті вибуху боєприпасів становить 1 336 839,9 і 1 297 275,0 м³ за глибиною кратерів та масою бойової частини боєприпасів відповідно. Площа бомбтурбованих ґрунтів сягає 4112 га, а площа зон потенційно ущільнених ґрунтів внаслідок руху військової техніки – 3412 га.

Польовий етап досліджень передбачає вивчення ґрунтів (зокрема бомбтурбованих), польові інструментальні виміри деяких параметрів ґрунтів (рН, щільність, колір), відбір проб на геохімічний аналіз, геоморфологічні дослідження (морфологічні, морфометричні, вивчення геоморфологічних процесів).

У розрізах зон бомбтурбації простежуються значні деформації ґрунтового профілю, до основних морфологічних форм яких належать: 1) суцільне перемішування ґрунту з відповідним руйнуванням послідовності залягання генетичних горизонтів; 2) вертикальні та бічні (з боку кратера) деформації ґрунтового профілю; 3) інтрузії чужорідного мінерального або ґрунтового матеріалу без порушення залягання генетичних горизонтів; 4) поховання ґрунтового профілю під відкладами, викинутими з кратера; 5) проникнення у ґрунт

чужорідних тіл, що супроводжується порушенням нормального залягання або послідовності залягання генетичних горизонтів.

Кількість модельованих локалітетів з несприятливими геоморфологічними процесами на досліджуваній території становить 94 667. Найпоширенішими геоморфологічними процесами, що виникають у кратерах, є осуви та площинна ерозія, можливо у подальшому й суфозія. У кратерах на заплавах має місце заболочення, а в найбільших кратерах, які розкривають леси, – лінійна ерозія. Масштабність поширення кратерів як форм рельєфу та зон активізації геоморфологічних процесів вказує на доцільність виділення окремого виду бelligеративної морфоскульптури – імпактної.

Лабораторні дослідження свідчать, що у результаті детонації боеприпасів ґрунти забруднюються важкими металами. Рівень зумовленого бойовими діями хімічного забруднення ґрунтів досліджуваної території нерівномірний через різну інтенсивність та тривалість бойових дій, використання різного типу зброї тощо. Найвищі значення забруднення фіксуються на місці вибуху і горіння військової техніки та у місці «свіжого» прильоту ракети X-55, у межах яких концентрації кадмію перевищують ГДК від 2 до 38 разів, а вміст міді досягає 8–9 Кларків. У кратерах від авіабомб фіксується підвищений вміст стронцію, міді, цинку, нікелю та хрому, у кратерах від боеприпасів 152 мм – міді, у кратерах боеприпасів від 122 мм – свинцю. Тому, надійними індикаторами бойових дій слід вважати кадмій, мідь, цинк і свинець.

Проведене дослідження, попри свою комплексність, потребує залучення додаткових методів вивчення пошкоджених ґрунтів, зокрема геофізичних (петромагнітних та геомагнітних), геохімічних (ідентифікація вмісту органічних забруднювачів), польове вимірювання щільності ґрунту, вивчення біологічного впливу на ґрунтовий покрив, застосування систем LIDAR для локальної ідентифікації бelligеративного рельєфу тощо. Кооперація науковців з різних галузей та наукових шкіл дасть змогу розробити систему ефективних заходів з рекультивативної пошкоджених земель.

Подяка. Дослідження виконано громадською організацією «Товариство дослідників України» в рамках проєкту ФАО та WFP «Картування постраждалих від конфлікту ґрунтів Харківської області».

Список використаних джерел

1. *Ізвозіčkova A.* У ДСНС розповіли про обсяги забруднення України вибухонебезпечними предметами. *Суспільні новини*. 2023.
URL: <https://suspilne.media/445278-u-dsns-rozpovili-pro-obsagi-zabrudnenna-ukraini-vibuhonebezpecnimi-predmetami>
2. *Настасенко О. Г., Бондар О. І., Машиков О. А.* Системний підхід щодо ліквідації загроз екологічної катастрофи у зоні антитерористичної операції. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2014. № 6. С. 5–20.
3. *Кравченко О., Василюк О., Войцїховська А., Норенко К.* Дослідження впливу військових дій на довкілля на сході України. *Схід*. 2015. № 2. С. 118–123.
4. *Мелень-Забрамна О. та ін.* Воєнні дії на сході України – цивілізаційні виклики людству; за ред. О. Кравченко. Львів: МБО «Екологія–Право–Людина», 2015. 132 с.
5. *Побережна Л. Я., Станецький А. І.* Оцінка потенційних екологічних ризиків внаслідок проведення антитерористичної операції. *Техногенна екологічна безпека*. 2017. Вип. 2. С. 45–52.
6. *Блага А. Б. та ін.* На межі виживання: знищення довкілля під час збройного конфлікту на сході України; за ред. А. П. Бущенко. Українська Гельсінська спілка з прав людини. Київ: КИТ, 2017. 88 с.
7. *Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України; за ред. О. Старцева.* Київ: ВАІТЕ, 2017. 88 с.
8. *Бондар О. І., Улицький О. А., Єрмаков В. М.* Звіт про результати екологічної ситуації на території Донецької та Луганської області. Київ: Видавничий дім «Планета», 2018. 70 с.
9. *NGO Truth Hounds.* Donbas Environment: Invisible Front. Environmental Consequences of the War in the East of Ukraine in the Context of International Humanitarian Law and in the Practical Dimension. Kyiv: Truth Hounds, 2021.
URL: <https://truth-hounds.org/en/donbas-environment-invisible-front>
10. *Pereira P., Bašić F., Bogunovic I., Barcelo D.* Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Science of The Total Environment*. 2022. V. 837. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865>
11. *Rawtani D., Gupta G., Khatri N. et al.* Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of The Total Environment*. 2022. V. 850.
12. *Ma Y., Lyu D., Sun K. et al.* Spatiotemporal Analysis and War Impact Assessment of Agricultural Land in Ukraine Using RS and GIS Technology. *Land*. 2022. V. 11. No. 10. <https://doi.org/10.3390/land11101810>

13. *Deininger K., Ali D. A., Kussul N. et al.* Quantifying war-induced crop losses in Ukraine in near real time to strengthen local and global food security. *Food Policy*. 2023. V. 115. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2023.102418>
14. *Kussul N., Drozd S., Yailytova H. et al.* Assessing damage to agricultural fields from military actions in Ukraine: An integrated approach using statistical indicators and machine learning. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2023. V. 125. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103562>
15. *Shelestov A., Drozd S., Mikava P.* War Damage Detection Based on Satellite Data. *Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT*. 2023. V. 11. No. 1. P. 97–103. <https://doi.org/10.25673/101924>
16. *Duncan E. C., Skakun S., Kariryaa A., Prishchepov A. V.* Detection and mapping of artillery craters with very high spatial resolution satellite imagery and deep learning. *Science of Remote Sensing*. 2023. V. 7. <https://doi.org/10.1016/j.srs.2023.100092>
17. *Ачасов А. Б., Селіверстов О. І., Дядін Д. В., Седов А. О.* Дистанційний моніторинг наслідків бойових дій на території Харківської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія Екологія*. 2023. № 28. С. 71–82.
18. *Зайцев Ю. О., Гриценко О. М., Романова С. А., Зайцева І. О.* Вплив бойових дій на вміст валових форм металів у ґрунтах Сумського та Охтирського районів Сумської області. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 3. С. 136–149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266419>
19. *Солоха М. О., Смірнова К. В., Винокурова Н. В., Семенцова К. О.* Варіабельність геохімічного та гранулометричного складу ґрунтів. Лісостепу України під впливом бойових дій. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 109–116.
20. *Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л.* Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Київ: Громадська організація «Центр екологічних ініціатив “Екодія”», 2023. 32 с.
21. *Сплодитель А.* Вплив бойових дій на ґрунтовий покрив Миколаївської області. *Поствоєнний розвиток природно-заповідного фонду Миколаївщини*. Миколаїв; Київ; Чернівці: Друк Арт, 2023. С. 7–31.
22. *Балюк С. А., Кучер А. В., Солоха М. О. та ін.* Вплив збройної агресії та воєнних дій на сучасний стан ґрунтового покриву, оцінка шкоди та збитків, заходи з відновлення: наук. доп. Харків: ФОП Бровін О. В., 2022. 102 с. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15740.41608>

23. Соловей В. Б., Залавський Ю. В., Лебедь В. В. Методичні основи застосування смарт-комунікацій та ГІС-технологій при польових дослідженнях ґрунтового покриву для об'єктивізації даних. *Перспективи розвитку геоінформаційних технологій в умовах змін клімату*: зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. Одеса: Олді+, 2023. С. 169–175.
24. Solokha M., Pereira P., Symochko L. et al. Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidence from the field on soil properties and remote sensing. *Science of The Total Environment*. 2023. V. 902. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122>
25. Bonchkovskiy O. S., Ostapenko P. O., Shvaiko V. M., Bonchkovskiy A. S. Remote sensing as a key tool for assessing war-induced damage to soil cover in Ukraine (the case study of Kyivska territorial hromada). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2023a. V. 32. No. 3. P. 474–487. <https://doi.org/10.15421/112342>
26. Bonchkovskiy O., Ostapenko P., Shvaiko V., Bonchkovskiy A. A comprehensive methodological approach to assessing war-induced soil disturbances in the Kharkiv region, Ukraine. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment: materials of the XVII International Scientific Conference (7–10 November 2023)*. Kyiv, 2023b. URL: <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-068.pdf>
27. Остапенко П., Бончковський О., Швайко В., Бончковський А. Війна та український чорнозем: як визначити збитки від забруднення ґрунтів? Київ: Товариство дослідників України. 2022. URL: <https://land.loss.tduk.com>
28. Bondar K., Bakhmutov V., Menshov O. et al. Detecting war-related pollution of soils using magnetic and geochemical methods. First results from recaptured outskirts of Kyiv. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment: materials of the XVII International Scientific Conference (7–10 November 2023)*. Kyiv, 2023. URL: <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-209.pdf>
29. Hlavatskyi D., Menshov O., Bakhmutov V. et al. Magnetic properties of soils from the areas of former military operations in Ukraine. First results. Materials of the AGU Fall Meeting 2023 (11–15 December 2023). San Francisco, 2023. URL: <https://agu.confex.com/agu/fm23/meetingapp.cgi/Paper/1262726>
30. Poliachenko I., Kozak V., Bakhmutov V. et al. Preliminary results of UAV magnetic surveys for unexploded ordnance detection in Ukraine: effectiveness and challenges. *Geophysical Journal*. 2023. V. 45. No. 5. P. 126–140. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i5.289117>

31. Hupy J. P., Schaetzl R. J. Introducing «bombturbation», a singular type of soil disturbance and mixing. *Soil Science*. 2006. V. 171. No. 11. P. 823–836. <https://doi.org/10.1097/01.ss.0000228053.08087.19>
32. Certini G., Scalenghe R., Woods W. I. The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews*. 2013. V. 127. P. 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.009>
33. Solomon N., Birhane E., Gordon C. et al. Environmental impacts and causes of conflict in the Horn of Africa: A review. *Earth-Science Reviews*. 2018. V. 177. P. 284–290. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.11.016>
34. Hupy J. P., Koehler T. Modern warfare as a significant form of zoogeomorphic disturbance upon the landscape. *Geomorphology*. 2012. V. 157–158. P. 169–182. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.05.024>
35. de Matos-Machado R., Toumazet J.-P., Bergès J.-C. et al. War landform mapping and classification on the Verdun battlefield (France) using airborne LiDAR and multivariate analysis. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2019. V. 44. No. 7. P. 1430–1448. <https://doi.org/10.1002/esp.4586>
36. Aung T. S. Satellite analysis of the environmental impacts of armed-conflict in Rakhine, Myanmar. *Science of The Total Environment*. 2021. V. 781. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146758>
37. Zhang Z., Ding J., Zhao W. et al. The impact of the armed conflict in Afghanistan on vegetation dynamics. *Science of The Total Environment*. 2023. V. 856. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159138>
38. Lubin A., Saleem A. Remote sensing-based mapping of the destruction to Aleppo during the Syrian Civil War between 2011 and 2017. *Applied Geography*. 2019. V. 108. P. 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.05.004>
39. Olsen V. M., Fensholt R., Olofsson P. et al. The impact of conflict-driven cropland abandonment on food insecurity in South Sudan revealed using satellite remote sensing. *Nature Food*. 2021. V. 2. P. 990–996. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00417-3>
40. Camargo G., Sampayo A. M., Galindo A. P. et al. Exploring the dynamics of migration, armed conflict, urbanization, and anthropogenic change in Colombia. *PLOS ONE*. 2020. V. 15. No. 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242266>
41. Sadiq M., AlThagafi K. M., Mian A. A. Preliminary evaluation of metal contamination of soils from the Gulf War activities. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 1992. V. 49. No. 5. P. 633–639. <https://doi.org/10.1007/BF00200774>

42. Vidosavljević D., Puntarić D., Gvozdić V. et al. Soil contamination as a possible long-term consequence of war in Croatia. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2013. V. 63. No. 4. P. 322–329. <https://doi.org/10.1080/09064710.2013.777093>
43. Tešan Tomić N., Smiljanić S., Jović M. et al. Examining the Effects of the Destroying Ammunition, Mines, and Explosive Devices on the Presence of Heavy Metals in Soil of Open Detonation Pit: Part 1 – Pseudo-total Concentration. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2018. V. 229. No. 301. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3957-0>
44. Broomandi P., Guney M., Kim J. R., Karaca F. Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. *Sustainability*. 2020. V. 12. No. 21. <https://doi.org/10.3390/su12219002>
45. Baraquoni N. A., Qouta S. R., Vänskä M. et al. It Takes Time to Unravel the Ecology of War in Gaza, Palestine: Long-Term Changes in Maternal, Newborn and Toddlers' Heavy Metal Loads, and Infant and Toddler Developmental Milestones in the Aftermath of the 2014 Military Attacks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. V. 17. No. 18. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186698>
46. Bijelić L., Puntarić D., Gvozdić V. et al. Presence of war related elements in dandelion (*Taraxacum officinale*) as a possible consequence of military activities in east Croatia. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2017. V. 68. No. 3. P. 264–272. <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1394485>
47. Souvent P., Pirc S. Pollution caused by metallic fragments introduced into soils because of World War I activities. *Environmental Geology*. 2001. V. 40. No. 3. P. 317–323. <https://doi.org/10.1007/s002540000156>
48. Bausinger T., Bonnaire E., Preuss, J. Exposure assessment of a burning ground for chemical ammunition on the Great War battlefields of Verdun. *The Science of the Total Environment*. 2007. V. 382. No. 2–3. P. 259–271. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.029>
49. Williams O. H., Rintoul-Hynes N. L. J. Legacy of war: Pedogenesis divergence and heavy metal contamination on the WWI front line a century after battle. *European Journal of Soil Science*. 2022. V. 73. No. 4. <https://doi.org/10.1111/ejss.13297>
50. Meerschman E., Cockx L., Islam M. M. et al. Geostatistical assessment of the impact of World War I on the spatial occurrence of soil heavy metals. *Ambio*. 2011. V. 40. No. 4. P. 417–424. <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0104-6>

51. Clausen J. L., Scott C., Osgerby I. Fate of Nitroglycerin and Dinitrotoluene in Soil at Small Arms Training Ranges. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*. 2011. V. 20. No. 6. P. 649–671. <https://doi.org/10.1080/15320383.2011.594108>
52. Lewis J., Sjöström J., Skyllberg U., Hägglund L. Distribution, chemical speciation, and mobility of lead and antimony originating from small arms ammunition in a coarse-grained unsaturated surface sand. *Journal of Environmental Quality*. 2010. V. 39. No. 3. P. 863–870. <https://doi.org/10.2134/jeq2009.0211>
53. Vasarevičius S., Greičiūte K. Investigation of soil pollution with heavy metals in Lithuanian military grounds. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 2004. V. 12. No. 4. P. 132–137. <https://doi.org/10.3846/16486897.2004.9636834>
54. Althoff P., Thien S. Impact of M1A1 main battle tank disturbance on soil quality, invertebrates, and vegetation characteristics. *Journal of Terramechanics*. 2005. V. 42. P. 159–176. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2004.10.014>
55. Althoff P. S., Thien S. J., Todd T. C. Primary and Residual Effects of Abrams Tank Traffic on Prairie Soil Properties. *Soil Science Society of America Journal*. 2010. V. 74. No. 6. P. 2151–2161. <https://doi.org/10.2136/sssaj2009.0091>
56. Perkins D. B., Haws N. W., Jawitz J. W. et al. Soil hydraulic properties as ecological indicators in forested watersheds impacted by mechanized military training. *Ecological Indicators*. 2007. V. 7. No. 3. P. 589–597. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.07.003>
57. Україна нарощує спроможності для гуманітарного розмінування своїх територій. Міністерство з питань стратегічних галузей промисловості України. 2023. URL: <https://mspu.gov.ua/news/ukraina-naroshchuie-spromozhnosti-dlia-humanitarnoho-rozminuvannia-svoikh-terytorii>
58. Global Enhanced GEOINT Delivery. Maxar Technologies. URL: <https://www.maxar.com/maxar-intelligence/products/global-enhanced-GEOINT-delivery>
59. Planet Explorer. Planet Labs PBC. URL: <https://www.planet.com>
60. Прохоров-Лукін Г. В. та ін. Методика комплексного дослідження вибухових пристроїв, вибухових речовин і слідів вибуху. Київ, 2007. 218 с.
61. Mazur R., Beczek M., Janiszewski J. et al. Experimental investigations of crater formation as a result of high-velocity impacts on sand bed. *PLoS ONE*. 2022. V. 17. No. 3. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265546>

62. *Ambrosini R. D., Luccioni B. M.* Craters Produced by Explosions on the Soil Surface. *Journal of Applied Mechanics*. 2005. V. 73. No. 6. P. 890–900. <https://doi.org/10.1115/1.2173283>
63. *Strange J. N., Rooke A. D.* Battlefield dust from exploding munitions: contribution by cratering from artillery and mortar projectiles. Technical report EL-88-16. 1988.
64. *Сидоренко В. Л., Азаров С. І.* Методика розрахунку небезпечних відстаней при осколковій дії вибуху. *Система озброєння і військова техніка*. 2007. Вип. 4. С. 30–32.
65. *Гринь Г. С., Кисіль Н. Я., Макаренко О. М. та ін.* Карта ґрунтів УРСР. Лист № 60, масштаб: 1:200 000. *Карта ґрунтів Української РСР*; за ред. М. К. Крупського. Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства ім. О. Н. Соколовського, Республіканський проектний інститут по землевпорядкуванню «УКРЗЕМПРОЕКТ», 1966а.
66. *Гринь Г. С., Гржимало О. Ф., Кисіль Н. Я., Донченко М. Т.* Карта ґрунтів УРСР. Лист № 61, масштаб: 1:200 000. *Карта ґрунтів Української РСР*; за ред. М. К. Крупського. Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства ім. О. Н. Соколовського, Республіканський проектний інститут по землевпорядкуванню «УКРЗЕМПРОЕКТ», 1966б.
67. *Гринь Г. С., Яровенко А. Ф., Гржимало О. Ф. та ін.* Карта ґрунтів УРСР. Лист № 62, масштаб: 1:200 000. *Карта ґрунтів Української РСР*; за ред. М. К. Крупського. Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства ім. О. Н. Соколовського, Республіканський проектний інститут по землевпорядкуванню «УКРЗЕМПРОЕКТ», 1970а.
68. *Гринь Г. С., Яровенко А. Ф., Кисіль Н. Я. та ін.* Карта ґрунтів УРСР. Лист № 80, масштаб: 1:200 000. *Карта ґрунтів Української РСР*; за ред. М. К. Крупського. Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства ім. О. Н. Соколовського, Республіканський проектний інститут по землевпорядкуванню «УКРЗЕМПРОЕКТ», 1966 с.
69. *Гринь Г. С., Кисіль Н. Я., Яровенко А. Ф. та ін.* Карта ґрунтів УРСР. Лист № 81, масштаб: 1:200 000. *Карта ґрунтів Української РСР*; за ред. М. К. Крупського. Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства ім. О. Н. Соколовського, Республіканський проектний інститут по землевпорядкуванню «УКРЗЕМПРОЕКТ», 1970б.
70. *NASA JPL.* NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second number [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. 2013. <https://doi.org/10.5067/MEaSURES/SRTM/SRTMGL1N.003>

71. Lewis M. A., Lilly A., Bell J. S. Groundwater vulnerability mapping in Scotland: Modifications to classification used in England and Wales. *Geological Society, London, Special Publications*. 2000. V. 182. P. 71–79. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.182.01.07>
72. Palmer P. C., Holman I. P., Robins N. S., Lewis M. A. Guide to groundwater vulnerability mapping in England and Wales. Bristol: National Rivers Authority, 1995. 47 p.
73. Lilly A., Baggaley N. J. Developing simple indicators to assess the role of soils in determining risks to water quality. CREW project number CD2012_42. 2014.
74. Jahn R. *et al.* Guidelines for soil description, 4th edition. Rome: FAO, 2006. 97 p.
75. Ball B. C. Provisional land grouping for selection of cultivation requirement for winter barley in Scotland. *Soil and Tillage Research*. 1986. V. 7. No. 1. P. 7–18. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(86\)90003-6](https://doi.org/10.1016/0167-1987(86)90003-6)
76. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, 4th edition. Vienna: International Union of Soil Sciences (IUNN), 2022. 236 p.
77. Amaral Sobrinho N. M. B. Avaliação da Contaminação por Metais Pesados de Área de Destruição de Munição e do seu Entorno. Relatório Final. Seropédica, RJ: FAPUR-UFRRJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, 2008.
78. Thestorff K., Makki M. Soils and landforms of war–Pedological investigations 75 years after World War II. *Geomorphology*. 2022. V. 407. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108189>
79. Buried Soils and Their Effect on Taxonomic Classification. NRCS, 2013.
80. Ruellan A. The history of soils: some problems of definition and interpretation. *Paleopedology – Origin, Nature and Dating of Paleosols*. 1971. P. 3–13.
81. Chaopricha N. T., Marin-Spiotta E. Soil burial contributes to deep soil carbon storage. *Soil Biology & Biochemistry*. 2014. V. 69. P. 251–264.
82. Alexandrovskiy A. L. Rates of soil-forming processes in three main models of pedogenesis. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 2007. V. 24. No. 2. P. 283–292.
83. Reyes M. R., Raczkowski C. W., Reddy G. B., Gayle G. A. Effect of wheel traffic compaction on runoff and soil erosion in no-till. *Applied Engineering in Agriculture*. 2005. V. 21. No. 3. P. 427–433.

84. *Shaheb M. R., Venkatesh R., Shearer S. A.* A Review on the Effect of Soil Compaction and its Management for Sustainable Crop Production. *Journal of Biosystems Engineering*. 2021. V. 46. No. 4. P. 417–439. <https://doi.org/10.1007/s42853-021-00117-7>
85. *Prose D. V.* Persisting effects of armored military maneuvers on some soils of the Mojave Desert. *Environmental Geology and Water Sciences*. 1985. V. 7. No. 3. P. 163–170. <https://doi.org/10.1007/BF02528800>
86. *Halvorson J. J., McCool D. K., King L. G., Gatto L. W.* Soil compaction and over-winter changes to tracked-vehicle ruts, Yakima Training Center, Washington. *Journal of Terramechanics*. 2001. V. 38. No. 3. P. 133–151. [https://doi.org/10.1016/S0022-4898\(00\)00017-3](https://doi.org/10.1016/S0022-4898(00)00017-3)
87. *Batey T.* Soil compaction and soil management – a review. *Soil Use and Management*. 2009. V. 25. No. 4. P. 335–345. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2009.00236.x>
88. *Балюк С. А., Медведєв В. В., Мірошніченко М. М. та ін.* Екологічний стан ґрунтів України. *Український географічний журнал*. 2012. № 2. С. 38–42.
89. *Iverson R. M., Hinckley B. S., Webb R. H., Hallet B.* Physical effects of vehicular disturbances on arid landscapes. *Science*. 1981. V. 212. P. 915–917.
90. *McBride M., Sauve S., Hendershot W.* Solubility control of Cu, Zn, Cd and Pb in contaminated soils. *European Journal of Soil Science*. 1997. V. 48. No. 2. P. 337–346. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1997.tb00554.x>
91. *Han F. X., Banin A., Kingery W. L. et al.* New approach to studies of heavy metal redistribution in soil. *Advances in Environmental Research*. 2003. V. 8. No. 1. P. 113–120. [https://doi.org/10.1016/S1093-0191\(02\)00142-9](https://doi.org/10.1016/S1093-0191(02)00142-9)

Дистанційний моніторинг наслідків бойових дій на території Харківської області

А. Б. Ачасов, О. М. Немошкалов, О. Ю. Селіверстов

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна

E-mail: achasov@karazin.ua

Анотація. Через повномасштабну російську збройну агресію надзвичайної актуальності набули питання оцінювання ступеня «втрат» ґрунтів України внаслідок бойових дій. Передусім йдеться про ґрунти, що зазнали фізичного порушення та хімічного забруднення в результаті бойових дій. У сучасних умовах складно, а в деяких регіонах зовсім не можна провести інвентаризацію та налаштувати систему моніторингу зазначених порушень традиційними польовими методами. Водночас значну частку подібної роботи можна провести на основі використання вільних космічних знімків та геоінформаційних технологій у камеральних умовах. За інформаційну основу взято космічні знімки апарата Planet Score. Перегляд, завантаження та аналіз знімків відбувався у вільній геоінформаційній системі (ГІС) QGIS 3.12. За цими знімками було проведено обстеження стану земельних угідь Харківського району Харківської області за термін лютий–листопад 2022 р. Під час досліджень опрацьовано методіку дистанційного моніторингу пошкодження земель унаслідок бойових дій. Установлені основні дешифрувальні ознаки вирв, що утворились у результаті обстрілів. Створена база геоданих пошкоджених земель, яка містить 15588 просторово зафіксованих місць влучань боєприпасів. Ця база може бути рекомендована як цифрова картографічна основа для кількісного просторового оцінювання боєприпасів, що не вибухнули, та прогнозування шляхів міграції хімічних забруднювальних речовин у ландшафті. За отриманими результатами створено набір карт щодо фіксації виявів бомбтурбації, щільності вирв, гідрологічного аналізу та потенційного забруднення території. Зазначені карти можуть бути використані для планування подальших досліджень стану довкілля та раціоналізації господарської діяльності в Харківському районі.

Ключові слова: ґрунт, наслідки бойових дій, дистанційне зондування, ГІС, бомбтурбація.

2.1. Вступ

Україна має потужний аграрний потенціал, основою якого є ґрунтовий покрив, що складається переважно з чорноземних ґрунтів. Через повномасштабну російську військову агресію надзвичайної актуальності набули питання оцінювання ступеня «втрат» ґрунтів країни внаслідок бойових дій.

Під «втратами» у цьому разі ми розуміємо: 1) заміновані території; 2) ґрунти, що зазнали фізичного порушення в результаті різноманітних вибухів; 3) ґрунти, що зазнали фізичного порушення в результаті різноманітних фортифікаційних робіт; 4) ґрунти, що зазнали хімічного забруднення в результаті бойових дій; 5) території, які засмічені залишками військової техніки тощо.

Кожний з цих пунктів характеризує повну або часткову неможливість виконання ґрунтами своїх господарських або екосистемних функцій на певний час. Розглянемо докладніше кожний пункт.

Точні дані щодо площ замінованих територій через зрозумілі причини отримати зараз не можна. Зауважимо лише, що процес розмінування є дуже складним, дорогим і тривалим. Наприклад, у 2002 р. Міністерство оборони В'єтнаму оцінило площу території, що уражена вибуховими боеприпасами та мінами, приблизно у 7–8 % території країни [1]. Незважаючи на масштабні операції з розмінування в 1990-х роках, вважається, що на землі В'єтнаму залишилося близько трьох мільйонів протипіхотних мін. Щодо України, виконавчий директор Асоціації саперів України Тимур Пістрюга вважає, що після закінчення війни основну частину територій можна буде очистити за кілька років, але повне розмінування триватиме десятиліття. На сьогодні науковці не мають можливості ані проаналізувати масштаби явища, ані розробити плани подальшого відновлення та використання цих конкретних територій.

Території, що постраждали внаслідок потраплянь снарядів, мін та ракет, а також воєнної фортифікаційної діяльності, характеризуються частковим або повним порушенням ґрунтового профілю, значною зміною рельєфу, знищенням рослинного та тваринного світу. Сільськогосподарські поля, що зазнали інтенсивних обстрілів, часто стають непридатними для сільськогосподарського використання, що

зумовлює необхідність їхньої рекультивації або ж трансформації в інші види угідь. Останнє, своєю чергою, тягне значні правові, економічні та соціальні проблеми.

Хімічне забруднення ґрунтів відбувається внаслідок вибухів, різних пожеж, втрат палива тощо. Нині найвпливовішим фактором є вибухи снарядів та ракет. У результаті до ґрунту потрапляє значна кількість забруднювальних речовин, які умовно можна поділити на дві групи: 1) важкі метали, 2) компоненти вибухових речовин [2]. Ці хімічні речовини можуть забруднювати ґрунт і поверхневі та підґрунтові води й становити значну небезпеку для здоров'я людини та навколишнього середовища [3].

Звісно, повне і точне оцінювання всіх видів втрат можна буде отримати лише після завершення бойових дій, але працювати у цьому напрямі треба вже зараз. Зокрема, Харківська область, значна частина якої тривалий час була окупована, нині повністю звільнена. Відповідно для відновлення нормального функціонування економіки області та створення нормальних умов для життя її жителів вже зараз бажано мати просторові статистичні дані щодо втрат земельних та ґрунтових ресурсів.

У сучасних умовах складно, а в деяких регіонах зовсім не можна, провести інвентаризацію та налаштувати систему моніторингу зазначених порушень традиційними польовими методами. Водночас значну частку такої роботи можна провести зараз на основі використання вільних космічних знімків та геоінформаційних технологій у камеральних умовах [4, 5]. Звісно, мова йде лише про первинний блок робіт – фіксацію та класифікацію наслідків бойових дій, надалі будуть необхідні традиційні польові та лабораторні дослідження. Але моделювання просторової ситуації пошкодження земельних угідь Харківської області у вигляді відповідної бази геоданих і набору цифрових карт дасть змогу вирішити низку термінових питань, пов'язаних як з прямою небезпекою життя мешканців постраждалих районів, так і з віддаленими екологічними впливами на їхній стан здоров'я.

На нашу думку, нині найбільш важливо визначити кількість фізично порушених та хімічно забруднених ґрунтів. Фіксація та розмінування замінованих територій також є дуже важливим завданням,

але по-перше, цим питанням опікуються відповідні силові структури та, по-друге, як вже зазначалося, процес розмінування триватиме довгі роки, що унеможливило швидке введення «до роботи» цих земель. Засмічені залишками військової техніки території не становлять значних площ і досить ефективно очищуються вже зараз.

Натомість фізично порушені та хімічно забруднені території становлять левову частку усіх пошкоджених земель і вже зараз використовуються аграріями у виробництві часто без дотримання звичайної техніки безпеки. Адже, за даними німецьких фахівців з розмінування боєприпасів, частка снарядів, що не вибухнули з технічних причин, становить 10–20 % загальної кількості, а для касетних боєприпасів цифри ще вищі – 30–50 % [6]. Все це перетворює обстріляні поля на побічно заміновані.

Відповідно створення карт, на яких будуть зафіксовані вирви, що утворились внаслідок обстрілів території, дасть можливість знизити ризик для мешканців цієї території. Огляд літератури підтверджує наші первинні висновки про те, що така фіксація можлива навіть за космічними знімками з роздільною здатністю 10 м, які зараз є у відкритому доступі [7, 8]. Отже, поєднання можливостей дистанційного зондування та геоінформаційних технологій дасть змогу класифікувати постраждалі території за ступенем ймовірнісної вибухової небезпеки [9].

Хімічне забруднення напряму пов'язано з бомбтурбацією [7] – фізичними порушеннями ґрунтового покриву. Логічно припустити, що найбільший рівень забруднення матимуть зони найбільш активних бойових дій. Нині є лише уривчаста інформація про стан хімічного забруднення ґрунтів постраждалих територій. Для проведення відповідного моніторингу великих територій треба мати базову інформацію – картографічні матеріали, які фіксують інтенсивність влучань боєприпасів. Індикатором такої інтенсивності може слугувати чисельність вирв на певній території за весь період бойових дій.

Наступним кроком оцінювання ступеня хімічного забруднення території буде прогноз міграції забруднювальних речовин у ландшафт на основі геоінформаційного аналізу території. Зокрема, проведення гідрологічного аналізу території на основі цифрових моделей

рельєфу дасть можливість визначити основні напрями поверхневих та підповерхневих водних потоків і визначити межі територій, які потенційно можуть бути хімічно забруднені.

Отже, проведення повноцінного оперативного моніторингу постраждалих територій на основі аналізу космічних знімків дасть змогу створити базу геоданих, яка міститиме інформацію про точне географічне розташування вирви, тип боєприпасу та його калібр (за можливості) і дату влучання. На основі аналізу цих даних створюватимуться цифрові карти, що характеризуватимуть щільність бомбтурбації, ймовірність потрапляння на території боєприпасів, що не вибухнули, ступінь ймовірного хімічного забруднення ґрунтів.

Методи дистанційного зондування дають навіть зараз усі можливості для картографування постраждалих територій, що, своєю чергою, є підставою для розробки стратегії і тактики їхнього відновлення та використання.

2.2. Об'єкти і методи дослідження

2.2.1. Територія і матеріали дослідження

Дослідження проводились на території Харківської області, яка зазнала активних бойових дій за термін лютий–листопад 2022 р. У цій роботі наведено результати дистанційного моніторингу ґрунтів на території Харківського району Харківської області (рис.2.1). Червоними точками на знімку позначені місця активний бойових дій станом на квітень 2022 р.

За інформаційну основу взято космічні знімки апарата Planet Scope та Sentinel-2.

Проект Planet [10] являє собою сузір'я малих супутників, кожний з яких важить 4,7 кг та має розміри 10×10×30 см. На сьогодні на орбіті налічується вже понад 200 таких апаратів. Камери супутників мають просторову роздільну здатність 3–4 м у чотирьох спектральних каналах (RGB+Nir) [11]. Частота зйомки певної території поверхні Землі становить один раз на добу.

Супутники Sentinel-2A і Sentinel-2 працюють у рамках проекту Європейського космічного агентства Copernicus [12]. У рамках проекту передбачено 5 місій. Місія Sentinel-2 включає в себе угруповання



Рис. 2.1. Космічне зображення (сервіс Bing) території Харківського району

двох супутників, що оснащені оптико-електронною апаратурою і перебувають на полярній сонячно-синхронній орбіті. Місія спрямована на моніторинг мінливості умов земної поверхні, має широку смугу огляду – 290 км, і добру частоту знімання – 5 днів із двома супутниками в безхмарних умовах. Камери супутників працюють у 13 діапазонах електромагнітного спектра, при цьому знімання у видимому діапазоні характеризується досить високою просторовою роздільною здатністю – 10 м [13].

Важливою характеристикою обох інформаційних джерел є можливість вільного (безкоштовного) використання космічних зображень.

Для контролю за результатами дешифрування використовувались космічні знімки високої роздільної здатності з сервісу Bing-Maps [14].

Перегляд, завантаження та аналіз усіх космічних знімків відбувався у вільній геоінформаційній системі (ГІС) QGIS 3.12 із використанням додатка QGIS Plugin 2.0.

Основні методичні аспекти підготовчої роботи зі знімками Planet полягали у такому:

- у головному вікні QGIS обиралась територія досліджень;
- у додатку QGIS Plugin 2.0 вказувався часовий інтервал спостережень (24.02.2022 – 20.10.2022);
- встановлювалась фільтрація знімків за рівнем хмарності – не більше 5%;
- після цього відібрані знімки передивлялись у головному вікні QGIS.

Враховуючи обмеження в часі, було вирішено застосувати методику візуального дешифрування в поєднанні з побудовою псевдокольорових індексних зображень.

Суть візуального дешифрування полягає в ідентифікації на аерокосмічних зображеннях об'єктів реального світу за їх характерними особливостями без використання жодного спеціального обладнання або програмного забезпечення. Оскільки це питання є важливим, його буде докладно висвітлено в наступному розділі.

2.2.2. Загальні основи дешифрування космічних знімків

Дешифрування, або інтерпретація космічних знімків – це процес дослідження фотографічних зображень з метою ідентифікації природних та антропогенних об'єктів або явищ. Усі об'єкти можна визначити за тим, як вони відбивають або випромінюють випромінювання. Це випромінювання вимірюється і реєструється датчиком, і врешті відображається у вигляді продукту зображення, такого як аеро- або супутниковий знімок.

Традиційно дешифрування розділяють на візуальне та чисельне [15]. У першому варіанті використовуються геометричні, оптичні і структурні характеристики об'єктів (прямі дешифрувальні ознаки), а також різноманітні взаємозв'язки та взаємозалежності між ними (непрямі дешифрувальні ознаки).

Чисельне дешифрування ґрунтується на використанні комп'ютерних алгоритмів, що дають змогу ідентифікувати об'єкти та кількісно оцінити їхні характеристики. При цьому основна робота проводиться на рівні окремих пікселів, відбувається процес категоризації та маркування груп пікселів на основі певних правил.

Існують два основні підходи до класифікації: контрольований і неконтрольований. У контрольованій класифікації використовуються навчальні зразки з відомою ідентичністю для розподілу всього зображення на різні класи земного покриву. Навпаки, у неконтрольованій класифікації зображення класифікують без використання навчальних зразків. У цьому випадку алгоритм ідентифікує та групує пікселі зі схожими спектральними властивостями в кластери, але їхнє зарахування до певного класу природних об'єктів виконується людиною. Існують також інші методи класифікації зображень, такі як об'єктний аналіз зображень, використання машинного навчання та штучного інтелекту.

Безумовно, за автоматизованими комп'ютерними алгоритмами розпізнавання об'єктів майбутнє, але вони затратні та потребують значної кількості часу на підготовчому етапі.

Оскільки нашим завданням було якомога швидше отримання інформації про бомбтурбацію на землях Харківської області, прийнято рішення на першому етапі використовувати метод візуального дешифрування космічних знімків. Зупинимось на ньому докладніше.

Візуальне дешифрування є найстарішим видом дешифрування, яке виникло одночасно з першими спробами людини піднятися у повітря. Його суть полягає в ідентифікації на аерокосмічних зображеннях об'єктів реального світу за їхніми характерними особливостями без використання жодного спеціального обладнання або програмного забезпечення [15].

Під час візуального дешифрування використовуються геометричні, оптичні і структурні характеристики об'єктів (прямі дешифрувальні ознаки), а також різноманітні взаємозв'язки та взаємозалежності між ними (непрямі дешифрувальні ознаки).

«Впізнання» об'єктів відбувається в результаті складного логіко-інтуїтивного процесу, на який здатен лише людський мозок. Деякі об'єкти ідентифікуються одразу, інтуїтивно, без роздумів, наприклад: прямокутники великого розміру різного забарвлення – сільськогосподарські поля, темно-зелені вузькі смуги, що відокремлюють їх – лісосмуги (рис. 2.2). Деякі потребують логічного аналізу – так, кола на полях (рис.2. 3) вказують на наявність циркулярної системи зрошення та ін.

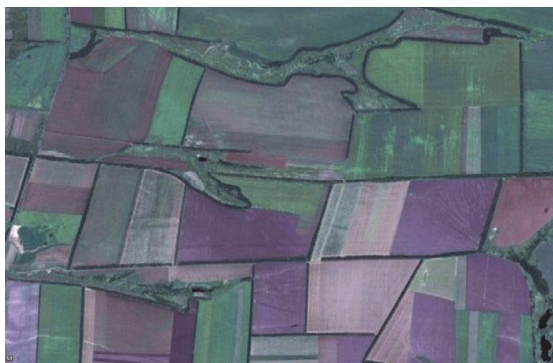


Рис. 2.2. Знімок у видимому діапазоні



Рис. 2.3. Зображення полів із циркулярною системою зрошення на космічному знімку

Саме складність формалізації цього процесу зумовила той факт, що, незважаючи на всі сучасні прилади та розвинуте програмне забезпечення, візуальне дешифрування залишається дуже дієвим засобом аналізу ДДЗ.

До прямих дешифрувальних ознак належать:

1. Форма об'єкта це одна з основних прямих дешифрувальних ознак, за якою відбувається його ідентифікація. Під час візуального дешифрування передусім виділяють саме форму об'єктів. Правильні геометричні та лінійні форми зазвичай мають об'єкти антропогенного походження або природні об'єкти, що зазнали впливу людини. Характерними прикладами є будинки, поля, дороги та ін. Натомість

природні об'єкти зазвичай мають неправильні форми, вони позбавлені гострих кутів і прямих ліній. Наприклад, річки характеризуються лінійними, плавними формами, за виключенням випадків, коли їхні русла були штучно спрямлені.

2. Розмір об'єкта на знімку дає можливість за довжиною і шириною виділити об'єкт із низки однорідних та зіставити з розміром інших об'єктів. Інформація про розмір об'єкта доповнює аналіз його форми. Так, на знімку міста прямокутні об'єкти, які істотно різняться за розміром, можуть бути логічно класифіковані так: об'єкти невеликого розміру – житлові будинки, об'єкти великого розміру – складські приміщення або заводські корпуси.

3. Фототон зображення – це ступінь затемнення зображення об'єкта на негативі, позитиві або цифровому знімку. Ця ознака використовується під час аналізу напівтонових зображень (у сірих тонах) і є функцією зональної яскравості об'єктів. Фототон (яскравість) є дуже важливою, але наймінливішою прямою дешифрувальною ознакою. Залежить вона не тільки від властивостей самого об'єкта, а й від освітленості предмета, пори року й умов фотографічної обробки. Зображення одного об'єкта може мати різний тон залежно від зазначених вище факторів. Наприклад, дороги на літніх знімках будуть здаватись світлими стрічками, а на зимових – темними.

4. Колір об'єктів використовується для характеристики кольорових знімків. Зображення об'єктів у природних або штучних кольорах дає ширші можливості для дешифрування, ніж чорно-біле зображення. Під час використання спеціальних комп'ютерних програм колір і тон об'єктів отримують кількісне оцінювання, яке надалі слугує основою класифікації і розпізнавання об'єктів.

5. Структура зображення формується залежно від особливостей взаємного розташування об'єктів, характеру і величини інтервалів між ними, а також їхніх геометричних та оптичних властивостей. Структура є складною дешифрувальною ознакою, крім власних специфічних характеристик, вона враховує кілька інших ознак: форму, розмір, тон і колір. Так, плодові дерева в садах висаджуються на рівних відстанях одне від одного, завдяки чому сади мають на знімку геометрично правильну структуру. Останню можна описати як рівномірне розподілені однакові за розміром кола, які мають

неоднорідне темно-зелене забарвлення. Схоже зображення утворюють і системи радіального зрошення на полях, але на відміну від дерев кола, що утворюються в результаті зрошення, матимуть значно менший розмір та іншу текстуру (варіабельність забарвлення).

6. Текстура зображення – це характер розподілу тону або кольору за формою об'єкта, що зумовлений взаємним закономірним розташуванням елементів, які складають об'єкт. Текстуру можна назвати мініструктурою – якщо структуру знімка складають особливості розміщення об'єктів, то неоднорідність яскравості в межах цих об'єктів формує текстуру.

7. Рисунок зображення – стійке сполучення різних структур, характерне для певних територій. Якщо для текстури ми застосовували характеристику «мініструктура», то рисунок зображення можна охарактеризувати як «макроструктура». Рисунок інтегрує природні та антропогенні особливості території, які зумовлені взаємодією всіх елементів ландшафту. Наприклад, для Лісостепу України характерна ситуація, коли лісові масиви приурочені до річок. На дрібномасштабних знімках чітко простежується такий дендровидний рисунок гідромережі. Рисунок зображення слабко залежить від умов освітлення, сезону та технічних параметрів зйомки, через що вважається надійною дешифрувальною ознакою.

8. Тіні об'єктів, що зафіксовані на аерокосмознімках, надають інформацію про форму та розміри об'єктів. Зазвичай дані дистанційного зондування збираються ближче до сонячного полудня, щоб уникнути розширених тіней на зображенні. Це пояснюється тим, що тіні можуть закривати об'єкти, що потрапили до зони їхньої дії, і ускладнювати їх інтерпретацію. Водночас тінь, відкинута об'єктом, виступає як ключ для ідентифікації об'єкта, оскільки довжина тіні буде використана для оцінювання висоти об'єкта, що є важливим для розпізнавання об'єкта. Візьмемо, наприклад, будь-який монумент. Дивлячись на нього зверху, може бути важко розрізнити форму пам'ятника, але з відкиданням тіні цей процес стає набагато легшим.

Як правило, використання цієї ознаки доцільно під час аналізу знімків з високою роздільною здатністю. На менш детальних знімках тіні відображаються слабо, чітко видно тільки тіні від хмарин і надвисоких об'єктів.

9. Контрастом за яскравістю є різниця в яскравостях елементів ландшафту, що межують. Коли яскравість одного з об'єктів дуже мала порівняно з яскравістю іншого, говорять про випадок абсолютного контрасту. Прикладом може бути чорна автомобільна дорога на фоні снігу, який щойно випав.

Багато об'єктів місцевості безпосередньо не відображаються на знімках, або різні об'єкти можуть мати однакові прямі ознаки дешифрування, і тому не можуть бути дешифровані безпосередньо. У таких випадках використовуються непрямі ознаки дешифрування. Непрямі ознаки ґрунтуються на закономірних взаємозв'язках між об'єктами місцевості, що виявляються в приуроченості одних об'єктів до інших, а також у зміні властивостей одних об'єктів в результаті впливу на них інших.

Наприклад, хвойні ліси часто є індикатором піщаних ґрунтів, які, своєю чергою, в умовах Лісостепу і Степу України приурочені до борових терас річок. Спостерігаючи на зимовому знімку вузькі витягнуті хвойні лісові масиви, можна впевнено прогнозувати, що вони розташовані на лівих берегах річок із бідними боровими ґрунтами.

Однією з найбільш активно використовуваних непрямих ознак є асоціація. Асоціація є дуже цікавою, але й дуже неявною дешифрувальною ознакою, яка ґрунтується на встановленні логічної залежності між взаємним розташуванням вже визначених об'єктів та об'єктів, які зазвичай розташовуються поруч. Наприклад, шкільні будинки в селітебних районах міста легко ідентифікуються за наявністю стадіонів та спортивних майданчиків.

Досвідчений інтерпретатор зображень використовує багато з цих елементів інтуїтивно. Однак новачкові для отримання позитивного результату доцільно оцінювати невідомий об'єкт усіма дешифрувальними ознаками.

2.3. Результати досліджень та їхнє обговорення

2.3.1. Аналіз космічних зображень супутників Sentinel-2 і Planet

На першому кроці досліджень проводився попередній аналіз наявних космічних зображень на обрану територію за допомогою сервісу Sentinel-2 Hub Playground [16]. Сервіс дає змогу передивлятись

знімки, що є у базі даних проєкту Copernicus та навіть проводити попередній аналіз способом створення різноманітних індексних зображень (рис. 2.4).

Завданнями цього етапу досліджень були: 1) рекогносцирувальний огляд постраждалих територій за вільними космічними знімками; 2) встановлення принципової можливості фіксації виявів бомбтурбаці за вільними космічними знімками Sentinel-2; 3) встановлення доцільності використання синтезованих та індексних зображень для виявлення пошкоджень ґрунтового покриву.

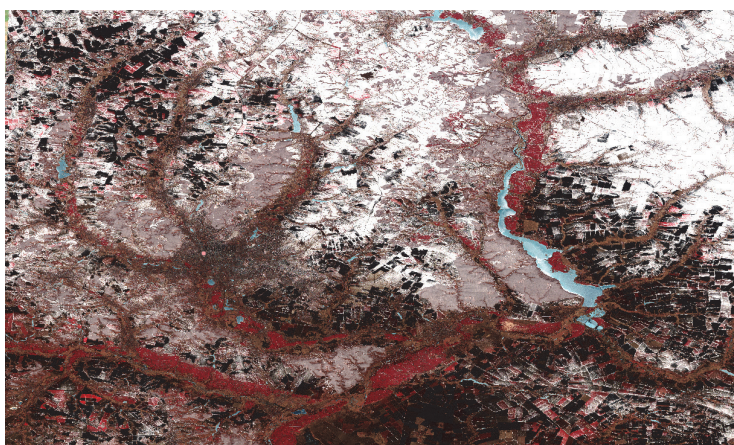
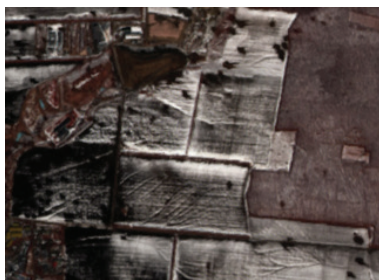


Рис. 2.4. Космічний псевдокольоровий знімок, сформований з використанням каналів 8, 4 і 3

За результатами аналізу було встановлено, що вільні космічні знімки принципово придатні для фіксації виявів бомбтурбаці ґрунту. Але ця придатність залежить від пори року, погодних умов, стану агроландшафтів, а також типу та калібру боєприпасу.

На рис. 2.5 видно, що добре помітні на контрастному сніговому фоні вирви від снарядів малого калібру зникають з часом. Через 20 діб на знімках Sentinel-2 їх вже не помітно. Залишаються лише окремі вирви, які ймовірно є наслідком влучань боєприпасів великого калібру.

Також було встановлено, що для обстеження великих територій по набору знімків, що репрезентують вісім місяців, треба обирати



Знімок 22.03.2022



Знімок 11.04.2022

Рис. 2.5. Динаміка виявів бойових дій на композитних знімках, що отримані з 8, 4 і 3 каналів супутника Sentinel-2

лише зображення з мінімальною хмарністю – від 0 до 5 %. Така методична особливість умови найкраще забезпечує оперативність і продуктивність роботи у команді дешифраторів. Безумовно, в окремих ситуаціях, коли наявна точна інформація про фактичні бойові дії на певній місцевості, але на потрібні дати немає безхмарних знімків, доцільно пробувати опрацьовувати й більш «зашумлені» хмарами зображення.

Апробація використання індексних зображень не показало їх принципово помітної переваги при дешифруванні порівняно зі звичайним композитом у видимому діапазоні. Зокрема, були опробовані композити з 8, 4 і 3 каналів та вегетаційний індекс, що розрахувався з 8 та 4 каналів. Також було встановлено, що вирішення інших супутніх завдань, наприклад, площ пошкоджених озимих культур, зручніше проводити саме за згаданими вище індексними зображеннями.

Подальший аналіз проводився у геоінформаційній системі QGIS за знімками з датами 24.02–01.11.2022 р. Робота зі знімками проводилась за допомогою сервісу Plugin V2.0, який дає можливість користувачам виконувати пошук, попередній перегляд і завантаження знімків і базових карт безпосередньо в QGIS Desktop.

Оскільки попередній аналіз знімків Sentinel-2 показав, що їх просторова роздільна здатність не зовсім відповідає поставленим завданням, було вирішено звернутись до компанії Planet Labs PBC з проханням використовувати у дослідженнях їхні знімки. Позитивна

відповідь була отримана. Надалі вважаємо, що всі знімки Planet у цьому розділі мають таке маркування: Image © 2023 Planet Labs PBC (Education and Research Program).

Для зручності виконання роботи вся територія була розділена на чотирикутники, що відповідали номенклатурі топографічних карт масштабу 1:10000 (рис. 2.6).

Дешифрування виконувалось послідовно по чотирикутниках (на рис. 2.6 – бузковий колір). Після повного обстеження трапеції ставилась мітка (на рис. 2.6 – червона цифра 1), що давало можливість запобігати плутанині у роботі та не перевіряти одну й ту ж саму територію двічі.

Дешифрування знімків супутників Planet проводилось поетапно за часовим принципом. Розглядались послідовно всі знімки, починаючи з 24.02.2022 р. з кроком в 1 тиждень. Якщо на знімку були помітні об'єкти, подібні до наслідків бомбтурбації, то ретельно досліджувались усі знімки, близькі за часом. Ця схема була нечіткою через відсутність безхмарних знімків на певні періоди. Зокрема, погодні умови вересня практично унеможливили проведення дистанційного аналізу території більшої частини Харківської області через брак достатньої кількості валідних зображень.

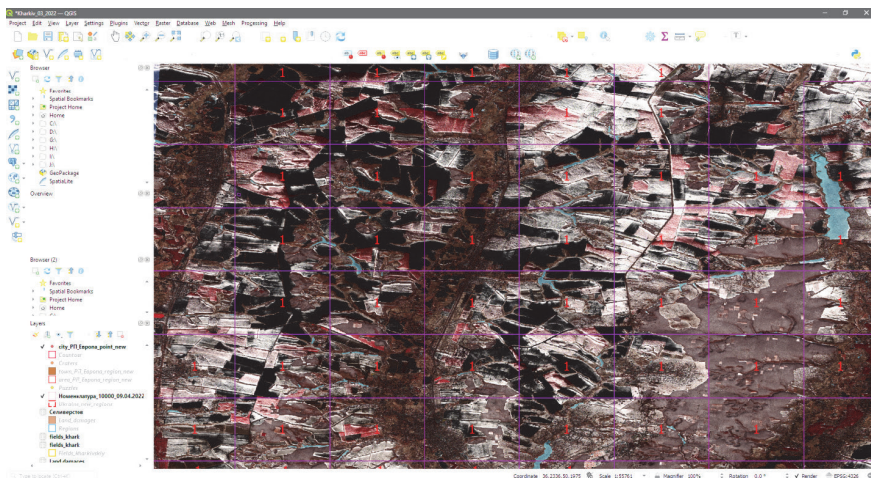


Рис. 2.6. Номенклатура топографічних карт масштабу 1:10000

Основними дешифрувальними ознаками вирв від потрапляння ракет і снарядів було визнано:

- 1) колоподібну форму;
- 2) відносно невеликий розмір. При цьому розміри варіюються залежно від типу та калібру боєприпасу;
- 3) кольоровий контраст між вирвою та проективним покриттям, на якому вона сформувалась;
- 4) структуру розташування об'єктів. Як правило, вирви мають груповий характер розташування.

На рис 2.7 чітко простежуються наслідки бомбтурбації. Цьому дуже сприяє наявність суцільного снігового покриву на території дослідження. Аналіз більш пізніх за датами знімків показав, що поступове сходження снігу призводить до погіршення якості процесу дешифрування (рис. 2.8).

Згідно з «Екологічним паспортом Харківської області» у її ґрунтовому покриві переважають чорноземи типові (39,44 %), звичайні глибокі (34,56 %), звичайні (11,68 %), опідзолені (3,37 %), сірі лісові (1,44 %). Решта площ (3,15 %) представлені лучно-чорноземними та іншими ґрунтами [17].

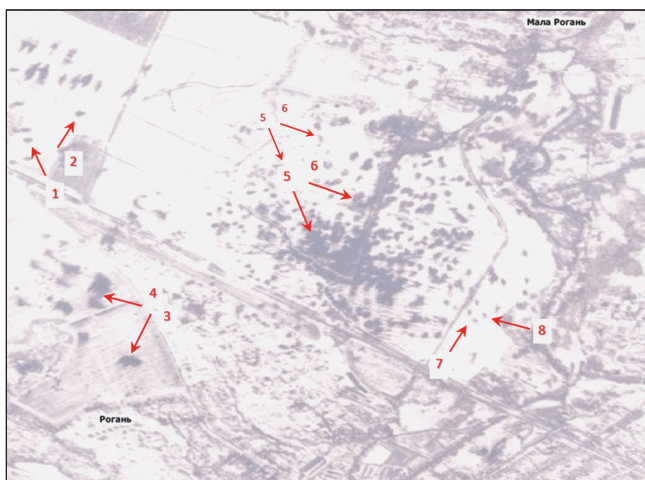


Рис. 2.7. Прояви дешифрувальних ознак вирв.
Знімок Planet від 15.03.2022

Як бачимо лівова частка цих ґрунтів належить до акумулятивного типу ґрунтоутворення та мають темно-сірий природний колір, а весняна підвищена вологість ґрунту робить його ще темнішим і унеможливорює фіксацію вирв. Так, вирви 3 і 4, які чітко видно на рис. 2.7, вже не помітні на рис. 2.8.

Проводити детальний аналіз знімків, не маючи додаткових польових даних, складно, тому зазначимо основні загальні аспекти. Як бачимо, мітки 1 і 2 характеризують поодинокі вирви й відрізняються від міток 7 і 8 розміром. Найімовірніше це вияв дії різного типу або калібру боєприпасів, але є ймовірність впливу фактора часу. Альbedo вирви значно нижче, ніж сніг, тому з часом вона починає більше нагріватись від сонячних променів і «підтаювати», утворюючи ефект розширення.

Мітки 3 і 4 мають значно більший розмір і менш колоподібну форму. Припускаємо, що це зумовлено об'єднанням в єдину чорну ділянку кількох близько розташованих вирв під впливом зазначеного раніше «ефекту розширення».

Подібну ситуацію характеризують і мітки 5 та 6. Вказані мітки позначають ділянки з вкрай високою частотою потрапляння боєприпасів.



Рис. 2.8. Вияви дешифрувальних ознак вирв.
Знімок Planet від 21.03.2022

Сюди ж ймовірно додається й ефект танення снігу під впливом важкої бойової техніки, яка могла бути тут розташована. Адже ці ділянки розташовані біля дороги й на знімку можна побачити наслідки руху механізованої техніки на прилеглих до дороги полях.

Аналогічно виділяються вирви й на весняних та літніх знімках (рис. 2.9). Враховуються колір, форма та розмір об'єкта, структура розташування об'єктів – зазвичай вирви від обстрілів утворюють закономірні «хмарні» або лінійні структури (рис. 2.10).

Зазначимо, що зображення вирв на знімках може відрізнитись відповідно до типу зброї, що була застосована. Наприклад, на рис. 2.10 показані наслідки обстрілів, ймовірно, якимись великокаліберними



a



б

Рис. 2.9. Приклади візуального дешифрування пошкоджених ґрунтів:
a – знімок Planet від 06.06.2022 р.; *б* – знімок Planet від 05.07.2022 р.



a



б

Рис. 2.10. Приклади візуального дешифрування пошкоджених ґрунтів:
a – знімок Planet від 02.09.2022 р.; *б* – знімок Planet від 17.09.2022 р.

снарядами або ракетами. Як бачимо, ці об'єкти мають значно більший розмір порівняно з тими, що представлені на рис. 2.9. Також вони відрізняються за кольором, всередині бачимо темно-сіру крапку, яка облямована світлим ореолом. Таке забарвлення свідчить про глибину вирви – темний колір у центрі це тінь, а світле облямування – схили вирви, що утворені підґрунтовими породами зі світлим кольором.

Ще один важливий критерій за дешифрування: аналіз повторюваності об'єкта/явища у часі. Для цього завантажуються та порівнюються знімки на одну й ту саму територію, але за різні дати знімання. Це додатковий критерій достовірності отриманих результатів. Якщо об'єкт схожий за усіма ознаками на вирву, але проявляється на довоєнних знімках, треба шукати інше пояснення щодо його природи.

На рис. 2.10 наведені два знімки за вересень 2022 р., які чітко свідчать про те, що досліджувані об'єкти утворились саме в цей проміжок часу. Тобто вони є вирвами, що утворились внаслідок обстрілів.

Оскільки головною метою роботи було оцінювання пошкоджень сільськогосподарських угідь, передусім досліджувались такі види земель: рілля, пасовища, сіножаті. Дешифрування виявів бомбтурбації у лісових угіддях та міській забудові також проводились. Але тут виникали певні об'єктивні обставини, заважали аналізу.

Було встановлено що, у лісі вирви помітні лише у зимовий і ранньесеняний періоди за умов відсутності листя, або ж у результаті надінтенсивних бойових дій. На рис. 2.11, *а* наведено зображення пошкодженого лісового масиву під м. Ізюм. Червоні стрілочки

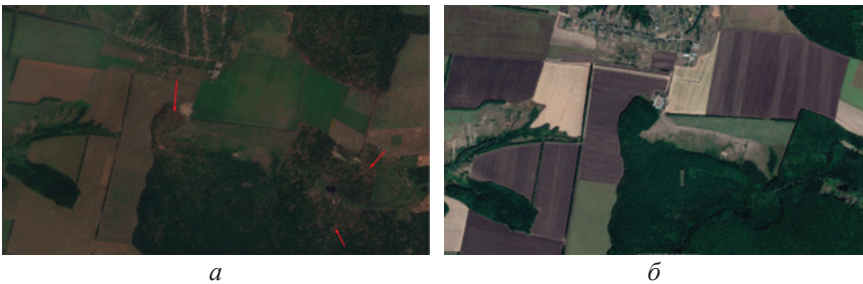


Рис. 2.11. **Вияв наслідків бойових дій у лісі:** *а* – знімок Planet від 29.06.2022 р.; *б* – знімок сервісу Google Earth від серпня 2020 р.

показують зони, де лісові насадження практично повністю знищені. Для перевірки на рис. 2.11, *б* наведено архівний знімок сервісу Google Earth.

Фіксація наслідків обстрілів у селітебній зоні була ускладнена характерною дрібно мозаїчною структурою такої території (рис. 2.12). Порівняння рис. 2.12, *а* і 2.12, *б* показує, що низка невеликих колоподібних об'єктів, дуже схожих на вирви (позначені червоними крапками), після перевірки як такі були не підтверджені.



Рис. 2.12. Вияв наслідків бойових дій у селітебній території.
Знімок Planet від 11.06.2022: *а* – знімок до дешифрування;
б – знімок після дешифрування

Постійно виконувалась перевірка результатів дешифрування способом порівняння з високоточними архівними знімками сервісу Bing. Це дало змогу уникнути похибок так званих хибних друзів дешифрувальника. Продемонструємо це на прикладі наших попередніх обстежень території Харківської області на основі даних зйомки супутниками Sentinel-2. На рис. 2.13, *а* спостерігаються начебто чіткі ознаки вирв. Однак перегляд цієї місцевості у сервісі Bing Maps (рис. 2.13, *б*) довів, що це ознаки звичайних природних об'єктів – двох степових блюдець та маленької лісосмуги.

Під час роботи було вирішено фіксувати вияви бомбтурбації у QGIS способом створення точкових векторних об'єктів (рис. 2.14). Іноді у місцях найактивніших бойових дій, таких як Ізюм та Балаклія, спостерігалась надвисока щільність вирв. На деяких полях практично не було неушкодженого місця. З огляду на це виникало

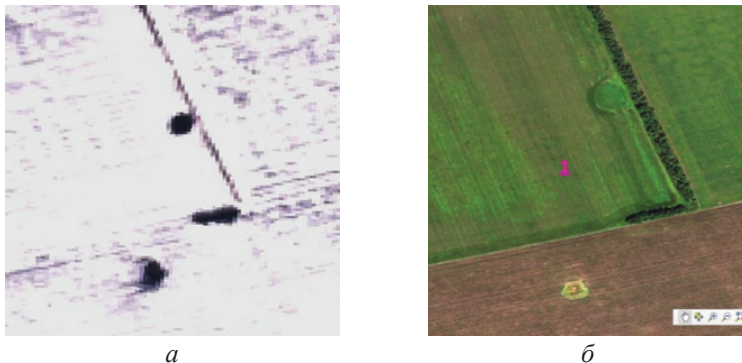


Рис. 2.13. Перевірка результатів дешифрування:
а – Знімок Sentinel-2; б – архівний знімок сервісу BingMaps

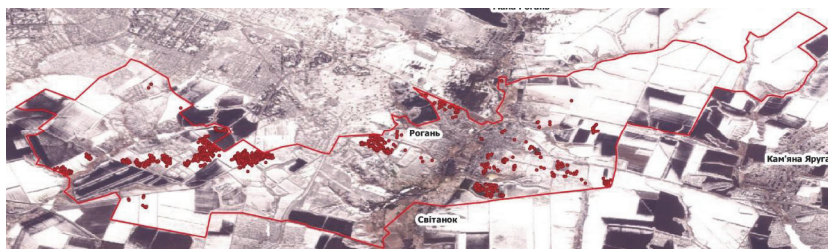


Рис. 2.14. Фіксація виявів бомбтурбації на території Роганської
територіальної громади

питання чи не доцільніше буде відмічати ці території суцільними полігонами, що значно прискорювало б роботу. Таке рішення давало б змогу оцінити площу пошкоджених земель, але не давало можливості чисельного оцінювання вирв за весь досліджуваний рік.

Подальша робота показала, що прийняте рішення було правильним, адже деякі поля зазнавали інтенсивних обстрілів кілька разів за рік. Обрахування кількості кратерів на полях дало змогу надалі оцінити щільність виявів бомбтурбації, площу пошкоджених земель, а також вибухову небезпеку та ймовірний ступінь хімічного забруднення ґрунтів.

У результаті точкової векторизації вирв у QGIS було сформовано відповідний тематичний шар з атрибутивною таблицею даних. До них входили дата знімка, на якому була ідентифікована вирва і

тип супутникового знімка. Надалі, після отримання польових досліджень, планується додати інформації про тип та калібр боєприпасу. Таке доповнення дасть змогу використовувати створену базу геоданих більш ефективно у майбутньому – за проведення рекультивациі та ремедіації ґрунтів.

Всього за результатами дешифрування на території Харківського району було створено 15588 точкових об'єктів, що фіксують місця влучань боєприпасів (рис. 2.15).

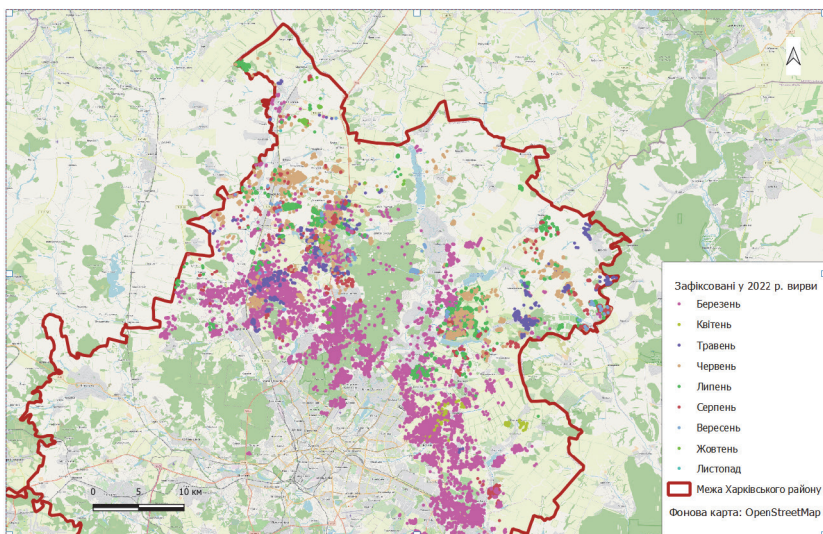


Рис. 2.15. Фіксація виявів бомбтурбації на території Харківського району за 2022 р.

Статистичний аналіз отриманих даних довів (*табл. 2.1*), що найбільша кількість зафіксованих влучань припадає на березень, червень і липень 2022 р. Такі результати повністю збігаються з хронологією бойових дій у Харківському районі.

Треба зазначити, що датування кожної вирви проводили за знімком, на якому вона була зафіксована. Головним завданням роботи була точна фіксація місця, а не часу. Відсутність у базі геоданих вирв за лютий зумовлено відсутністю валідних зображень на кінець цього місяця.

Також необхідно зауважити, що загальна кількість виявлених виврв, на жаль, значно нижча від їх реальної кількості на полях. За попереднім експертним оцінюванням через недостатньо високу просторову роздільну здатність знімків Planet та погодні умови, що заважали отриманню валідних знімків, принаймні 30–40 % виявів бомбтурбації зафіксувати не вдалось.

Таблиця 2.1. Динаміка обстрілів території Харківського району за 2022 р.

Місяць	Код у базі геоданих	Кількість зафіксованих виврв
Березень	3	9590
Квітень	4	126
Травень	5	798
Червень	6	2553
Липень	7	1615
Серпень	8	642
Вересень	9	192
Жовтень	10	72

2.3.2. Геопросторовий аналіз результатів космічного моніторингу

За одержаними результатами була побудована картосхема щільності виявів бомбтурбації на території Харківського району (рис. 2.16). Картосхема будувалась у програмі ArcGIS за допомогою інструмента Point Density (група Spatial Analyst). Цей інструмент дає змогу створювати «теплові» карти, які здатні репрезентувати значення певної характеристики на одиницю площі.

Такий спосіб відображення даних дає можливість наочно показати інтенсивність пошкоджень земельних ресурсів району та проранжувати їх у першому наближенні за цим показником. З'являється можливість швидко оцінити, які сільськогосподарські поля та інші угіддя потребують уваги насамперед. Наприклад, картограма дає можливість зонувати територію щодо проведення першочергових польових обстежень постраждалих територій. Крім того, картосхема допомагає оцінити найнебезпечніші території стосовно «вибухової» небезпеки і дає змогу обрати черговість роботи саперів, виділити зони, які бажано обмежити для відвідування місцевими жителями тощо.

Треба зазначити, що не слід покладатися на цифри у легенді (щільність виврв), оскільки вони є приблизними й залежать від установок алгоритму. Під час обчислення щільності враховуються лише ті точки, які потрапляють у задану область сусідства. Розмір цієї області (радіус)

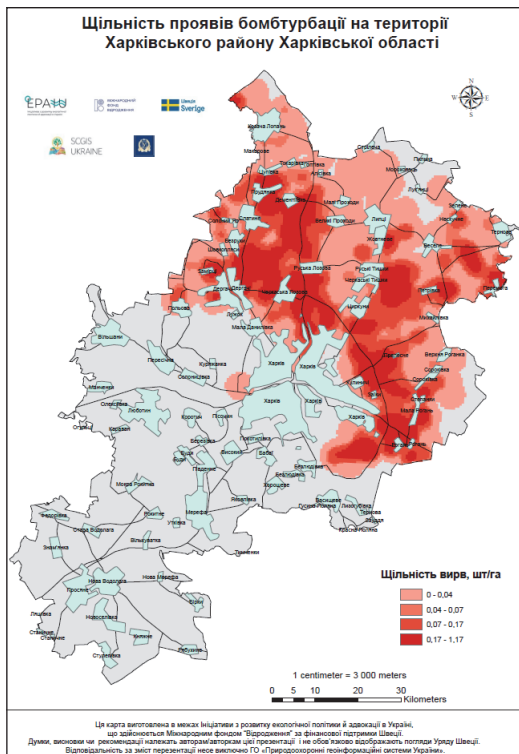


Рис. 2.16. Динаміка обстрілів території Харківського району за 2022 р.

встановлюється дослідником і значно впливає на отриманий результат.

Відновлення нормальної роботи аграрного сектору Харківщини потребує значних фінансових, часових і трудових витрат. Зрозуміло, що це справа не одного десятиліття, яка має багато аспектів: розмінування території, оцінювання її екологічного стану, правові питання – що робити людям, які втратили свої земельні ділянки тощо.

За таких умов необхідно визначитись із черговістю «введення» в дію земельних угідь, тобто провести відповідне зонування пошкоджених територій. На рис. 2.17 наведена карто-схема такого зонування,

головною метою якої є оцінювання можливостей повоєнного відновлення території до нормальної господарсько-економічної активності.

Для її побудови у ArcGIS був створений векторний шар, який розбивав усю територію на сітку квадратів з площею 1 км². Надалі виконувався автоматизований підрахунок кількості вивр на 1 км².

Ступінь пошкодження території оцінювалась за таким співвідношенням: від 1 до 65 – помірні пошкодження, від 66 до 128 – середні пошкодження, від 129 до 192 – сильні пошкодження. Така градація була зумовлена встановленим статистичним діапазоном кількості зафіксованих вивр по всій області – від 0 до 192 (Ізюмський район). Відповідно цей діапазон був поділений на три рівних проміжки.

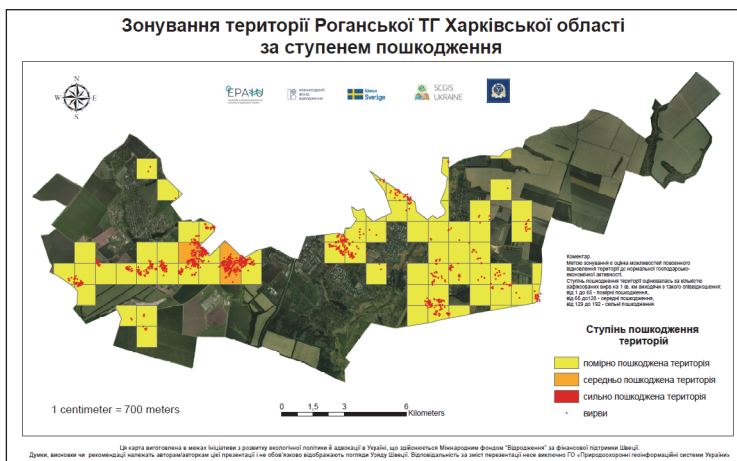


Рис. 2.18. Картосхема зонування території Роганської ТГ Харківської області за ступенем її пошкодження

характеристик ґрунту [6]. Відповідно до місця розташування вирви слугуватимуть індикаторами можливого розташування поруч снарядів, які не вибухнули.

Наприклад, на рис. 2.19 показані два поля. Площі полів близькі (табл. 2.2), але ураженість їх снарядами зовсім різна. На полі № 1 можна нарахувати 11 чітких вирв. Поле № 2 пошкоджено практично повністю. Нами нараховано 48 наслідків від вибухів, але їхня кількість може бути значно більшою.

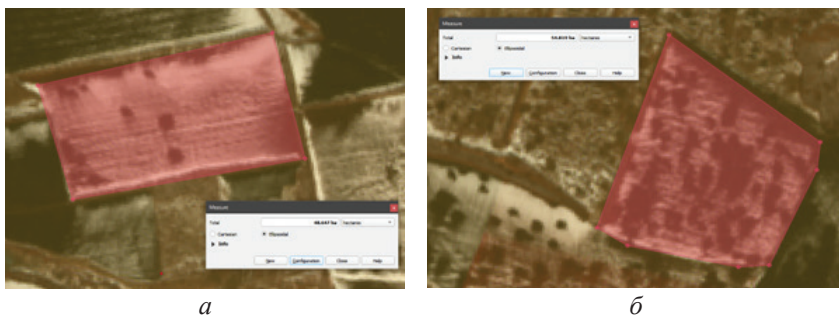


Рис. 2.19. Порівняння характеристик пошкодження полів: а – поле № 1; б – поле № 2

Таблиця 2.2. Порівняння характеристик пошкодження полів

Поле, №	Довгота	Широта	Площа, га	Кількість вирв, шт.	Ймовірна кількість боєприпасів, що не вибух- нули, шт.	Щільність «небезпеки», шт./га
Поле № 1	36.148°	50.155°	48,647	11	5	0,10
Поле № 2	36.232°	50.195°	54,819	48	20	0,37

Візьмемо середнє значення кількості снарядів, що не вибухнули – 40 %. Відповідно для поля № 1 кількість таких боєприпасів становить 4,4. Оскільки в таких випадках краще перестраховатися, округлимо цифру до 5. Для поля № 2 відповідне значення становить 19, 2. Також округляємо до 20.

Розрахуємо «показник безпеки» – кількість ймовірно наявних боєприпасів, що не вибухнули, на одиницю площі (табл. 2.2). Для поля № 1 він становить 0,1, для поля № 2 – 0,37. Тобто безпека потрапити на снаряд, що не вибухнув, на другому полі більша ніж утричі порівняно з першим.

Такі цифрові карти та розрахунки дадуть змогу кількісно оцінити «вибухову» небезпеку конкретних полів Харківського району Харківської області та надати рекомендації щодо черговості їхнього розмінування, рекультивациі та подальшого використання.

Іншим важливим аспектом прикладного використання отриманої нами бази геоданих пошкоджених територій може бути встановлення потенційних зон хімічного забруднення ґрунтів.

Як вже зазначалося, хімічне забруднення ґрунтів відбувається внаслідок вибухів, різноманітних пожеж, розливу паливно-мастильних матеріалів тощо. На сьогодні найвпливовішим фактором є вибухи снарядів та ракет. Як наслідок, до ґрунту, а згодом і до інших компонентів ландшафту, надходить значна кількість забруднювальних речовин [2].

У результаті інфільтрації, водної та вітрової ерозії відбувається перенесення забруднювальних речовин, які можуть потрапляти у поверхневі та підґрунтові води й становити значну небезпеку для здоров'я людини та навколишнього середовища.

Їхня первинна локалізація може бути встановлена за цифровими картами, що згадувались вище, а прогноз їхньої міграції у ландшафті може бути наданий після геоінформаційного аналізу території. Зокрема, пропонується проведення гідрологічного аналізу території на основі цифрових моделей рельєфу. Це дасть можливість визначити основні напрямки поверхневих та підповерхневих водних потоків і визначити межі територій, які потенційно можуть бути хімічно забруднені.

На рис. 2.20 показані перші два етапи подібного аналізу. Спочатку фіксується центр вирви завдяки створенню точкового шару векторних об'єктів (рис. 2. 20, *а*). Надалі біля усіх створених об'єктів (точок) будуються буферні зони діаметром 30 м (рис. 20, *б*). Вибір такої відстані ґрунтується на експертній оцінці, яка сформована за результатами консультацій з фахівцями. Оскільки ми не знаємо типу та калібру боєприпасу, вважатимемо, що саме така відстань характеризує орієнтовну зону, яка може буде забруднена в результаті вибухів.

Основним шляхом міграції хімічних речовин є поверхневий та внутрішньоґрунтовий стік, напрямки руху якого передусім залежать від рельєфу території.

Отже, спрогнозувати напрямки переміщення забрудників у ландшафті можна за результатами визначення його гідрологічної мережі та суміщення її з векторним шаром виявів бомбтурбації.

Визначення основних гілок яружно-балкової мережі можна провести двома способами: 1) методом їхнього ручного моделювання за результатами візуального дешифрування космічних знімків; 2) за

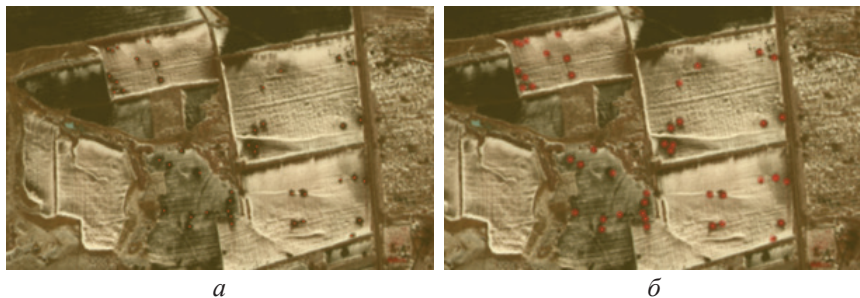


Рис. 2.20. Встановлення буферних зон потенційного хімічного забруднення ґрунту: *а* – локалізація вирв; *б* – буферизація зон забруднення

результатами автоматизованого гідрологічного аналізу цифрової моделі рельєфу (ЦМР) у ГІС.

Зрозуміло, що другий варіант буде значно точніший та швидший. Але водночас він потребує наявності вже готової ЦМР або інформації про рельєф території, яка необхідна для побудови ЦМР. У деяких випадках, особливо за часових обмежень виконання поставленого завдання, простіше та швидше скористатись першим способом.

Під час візуального визначення тальвегів за знімками основними дешифрувальними ознаками будуть (рис. 2.21):

1) форма: витягнута, геометрично неправильна, без прямих ліній та гострих кутів;

2) колір: для зимово-весняних знімків характерний сірий для видимого діапазону та брунатний для композитного знімка;

3) структура: класична дендроподібна структура, коли всі «гілки» дерева з'єднуються попарно та ніколи не перетинаються.

Рис. 2.21 репрезентує результат такого аналізу для невеликої території. Червоними точками позначені вирви, синіми лініями – елементи яружно-балкової мережі.

На рис. 2.22 наведено варіант візуального оверлейного геоінформаційного аналізу. Суміщення шарів розташування вирв з космічним зображенням та гідрографічною мережею дає змогу вказати

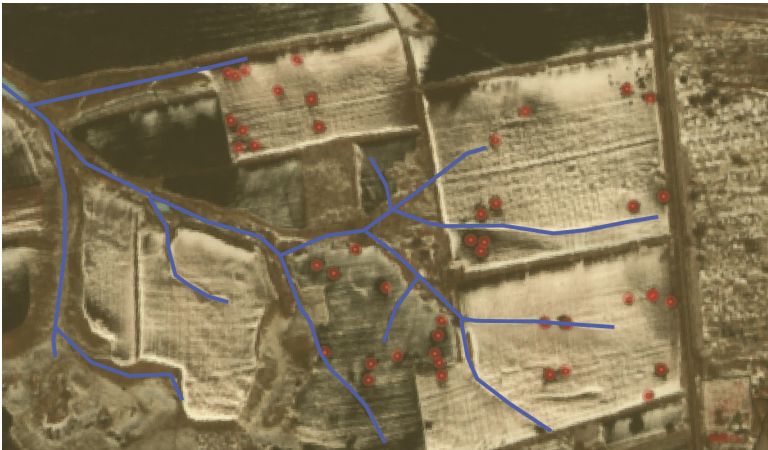


Рис. 2.21. Яружно-балкова мережа досліджуваної території

орієнтовні шляхи руху поверхневого стоку від місць потрапляння снарядів до основних ланок яружно-балкової мережі. Суть аналізу полягає у прокладанні перпендикулярів від точок потрапляння снарядів як потенційних джерел забруднення до найближчого елемента гідрографічної мережі.

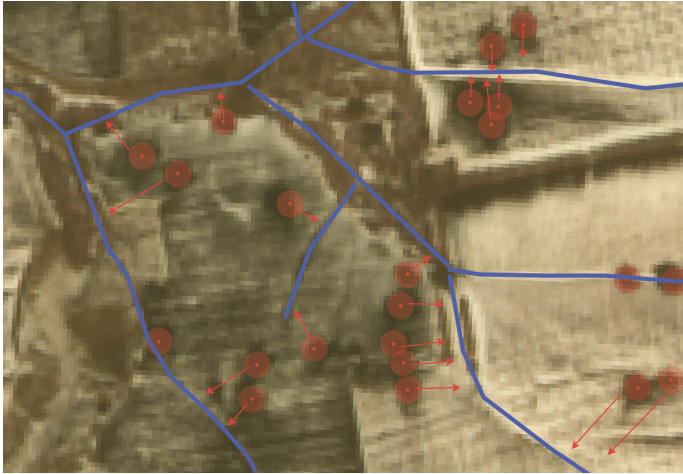


Рис. 2.22. Орієнтовні шляхи руху забрудненого поверхневого стоку у ландшафті

Наведені маршрути є орієнтовними й мають бути підтверджені точнішим гідрологічним аналізом на основі застосування цифрових моделей рельєфу. Але навіть у такому вигляді отримана інформація може бути корисна навіть на першому етапі на рівні керівних органів територіальних громад.

Для порівняння наведемо приклад гідрологічного аналізу території Роганської ТГ за допомогою ГІС TNTmips.

На першому кроці був сформований векторний шар горизонталей рельєфу за паперовими топографічними картами масштабу 1:10000. Далі була побудована ЦМР території способом інтерполяції отриманих горизонталей. Наступним етапом було проведення гідрологічного аналізу отриманої ЦМР з визначенням мережі тальвегів та вододілів (рис. 2.23). Зазначимо, що це оглядова картосхема, на якій не показані усі тальвеги, що були виділені в результаті аналізу.

Розділ 2. Дистанційний моніторинг наслідків бойових дій на території Харківської області

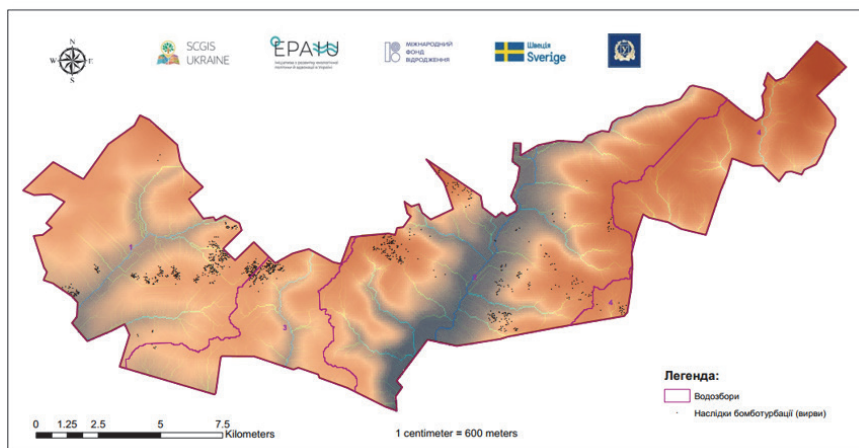


Рис. 2.23. Результати гідрологічного аналізу території Роганівської ТГ

Надалі до отриманих результатів додається шар вирв, після чого відбувається визначення територій, які можуть бути забруднені внаслідок руху поверхневого стоку (рис. 2.24).

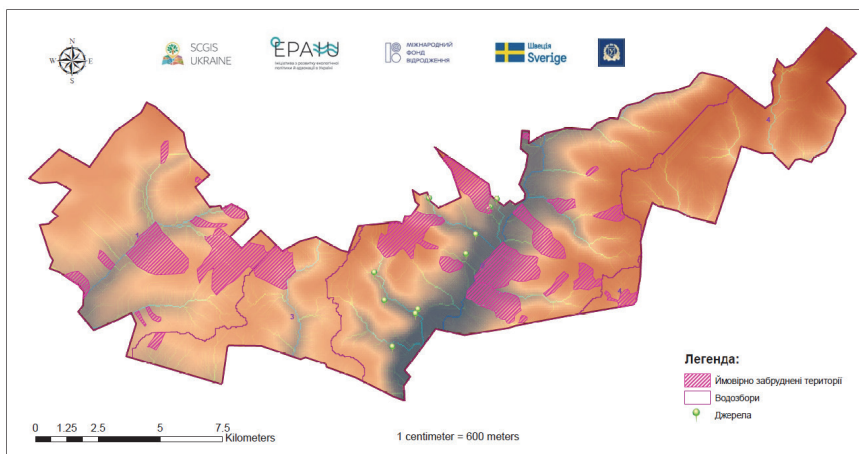


Рис. 2.24. Території, що можуть бути забруднені внаслідок бомбтурбації

Подальшим етапом досліджень має бути проведення польового обстеження території з метою встановлення фактичного рівня забруднення території обстеження. Створена база геоданих дасть можливість зробити цей процес ефективнішим через визначення оптимальної мережі відбору проб, а застосування геоінформаційних технологій дасть змогу створити надійні карти фактичного забруднення території.

2.4. Висновок

Методи дистанційного зондування Землі в поєднанні з геоінформаційними технологіями показали свою високу ефективність за дослідження наслідків бойових дій на території Харківського району Харківської області.

Дешифрування вільних космічних знімків, які були надані фірмою Planet Labs PBC за термін лютий–листопад 2022 р. виявило 15588 вирв, що утворились у результаті бойових дій. Зазначена кількість є орієнтовною через відсутність валідних знімків на деякі дати активних бойових дій та технічні обмеження знімків Planet.

Опрацьовано методику проведення моніторингу сільськогосподарських угідь за даними дистанційного зондування. Встановлено, що основними дешифрувальними ознаками виявів бомбтурбації є: колоподібна форма, невеликий розмір, контрастне забарвлення з фоном, групова структура розташування вирв. Описані специфічні методичні складнощі, що виникають при проведенні дешифрування.

Створена база геоданих пошкоджених земель може бути рекомендована як цифрова картографічна основа для кількісного просторового оцінювання боєприпасів, що не вибухнули, та прогнозування шляхів міграції хімічних забруднювальних речовин у ландшафті.

За отриманими результатами створено набір карт, які можуть бути використані для планування подальших досліджень стану довкілля та раціоналізації господарської діяльності.

Подяка. Роботу виконано у рамках проєкту «Фіксація шкоди, завданої природним комплексам Харківської області внаслідок війни», за підтримки Екологічної ініціативи Міжнародного фонду

відродження (ЕРАІУ) за фінансування Швеції та науково-дослідницьких робіт № БФ/32-2023 «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Математичні науки та природничі науки» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна» і № 1-43-22 «Стратегія й інноваційні технології переробки органічних відходів тваринництва в контексті забезпечення нейтральної деградації земель: від лінійної до циркулярної економіки».

Список використаних джерел

1. *John Pichtel* Distribution and Fate of Military Explosives and Propellants in Soil: A Review, *Applied and Environmental Soil Science*. V. 2012. Article ID 617236, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/617236>
2. *Broomandi P., Guney M., Kim J.R., Karaca F.* Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities. A Critical Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12219002>
3. *Ачасов А. Б., Селіверстов О. Ю., Ачасова А. О.* Екологічні наслідки бойових дій: ґрунтовий аспект. *Сучасний стан ґрунтового покриву України в умовах збройної агресії російської федерації* : зб. тез міжнар. науково-практ. конф. (20 жовт. 2022, м. Харків). Харків, 2022. С. 12–15. URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya>
4. *Bennett M. M., Van Den Hoek J., Zhao B., Prishchepov A. V.* Improving satellite monitoring of armed conflicts. *Earth's Future*. 2022. V. 10. No. 9. <https://doi.org/10.1029/2022EF002904>
5. *Gorsevski V., Kasischke E., Dempewolf J., Loboda T., Grossmann F.* Analysis of the Impacts of armed conflict on the Eastern Afri montane forest region on the South Sudan – Uganda border using multitemporal Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*. 2012. V. 118. P. 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.10.023>
6. *Вінкельманн К.* Гуманітарне розмінування та очищення сільськогосподарських земель від вибухонебезпечних предметів. Приклади з Німеччини, перспективи для України. *Круглий стіл*. 2022. URL: <https://www.openforest.org.ua/215905>
7. *Hupy Joseph P., Schaetzl Randall J.* Introducing «Bomburbation» a singular type of soil disturbance and mixing. *Soil Science*. 2006. V. 171(11). P. 823–836. <https://doi.org/10.1097/01.ss.0000228053.08087.19>
8. *Mendez F., Valánszki I.* Remote Sensing Tendencies in the Assessment of Areas Damaged by Armed Conflicts. *Scientific Papers. Series E. Land*

- Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering*. 2020. V. IX. P. 223–234.
9. Frank D., Witmer W. Remote sensing of violent conflict: eyes from above. *International Journal of Remote Sensing*. 2015. V. 36. No. 9. P. 2326–2352. <http://doi.org/10.1080/01431161.2015.1035412>
 10. Planet Labs Inc. Planet Imagery Product Specifications, 2019. URL: <https://assets.planet.com/docs/combinedimagery-product-spec-april-2019.pdf>
 11. Planet Labs Inc. Planet Imagery Product Specifications, 2022. URL: https://assets.planet.com/docs/Planet_Combined_Imagery_Product_Specs_letter_screen.pdf
 12. Copernicus Open Access Hub. URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
 13. Sentinel Overview. URL: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions>
 14. Bing Maps, Web Map Service. URL: <https://www.bing.com/maps/>
 15. Неко́с А. Н., Ачасов А. Б., Кочанов Е. О. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: дистанційні методи : підручник. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. 244 с.
 16. Sentinel Hub Playground. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground>.
 17. Екологічний паспорт Харківської області: затв. Харківською обласною державною адміністрацією від 20.06.2020 р. 183 с.

Методичні підходи до розрахунку репарацій за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям у результаті збройної агресії

Л. Є. Купінець

Державна установа «Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень
Національної академії наук України», м. Одеса, Україна

E-mail: lek_larisa@ukr.net

Анотація. Мета розділу: обґрунтувати методичне забезпечення визначення розмірів збитків землям сільськогосподарського призначення, заподіяних внаслідок збройної агресії російської федерації. Основні методи досліджень – спостереження, порівняння, абстрагування. Об'єктом дослідження є процес впливу бойових дій на продуктивні землі країни. У розділі представлено методичні підходи до визначення збитків землям сільськогосподарського призначення, які зазнали пошкоджень, а землевласникам та землекористувачам масштабних збитків внаслідок воєнних дій з боку російської федерації. Представлено порядок визначення шкоди, завданої землям (ґрунтам) сільськогосподарського призначення, та проведено ідентифікацію видів ушкодження, які підлягають економіко-екологічній оцінці. Алгоритмізація розрахунків відповідає чинній нормативно-правовій базі. Методика дає змогу за результатами визначення збитків провести зонування та ранжування повоєнного стану земель сільськогосподарського призначення за будь-яким розглянутим фактором впливу, негативну дію якого можна розрахувати, що може стати основою для судового позову щодо відшкодування збитків від псування продуктивних земель.

Ключові слова: *якість ґрунтів, продуктивні землі, екологічний збиток, утрачена вигода, еколого-економічне оцінювання.*

3.1. Вступ

Початок збройної агресії РФ проти України виявив необхідність розробки методичного забезпечення розрахунків збитків, яких зазнали території, довкілля, бізнес та населення з метою збору доказової бази та визначення розмірів компенсаційних виплат. Представлена робота є ініціативною відповіддю на Постанову КМ України від 20.03.2022 р. № 326 «Про затвердження порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації» і виконувалась у контакті автора з представниками відповідних міністерств, задіяних у цій роботі. Робота виконана у форматі методичних рекомендацій, положення яких відповідають чинній нормативно-правовій базі і на момент її написання не було ані опублікованих аналогів, ані світових прикладів розрахування економіко-екологічних наслідків від подібних за обсягами ушкоджень родючих земель. Землі сільськогосподарського призначення розглядаються не тільки як засіб виробництва, а й як природний актив, використання якого сприяє отриманню екосистемних послуг. У роботі використано досить широкий понятійний апарат, який:

- визначається чинним законодавством,
- запроваджений внаслідок завданих ґрунтам руйнувань;
- зумовлений втратою сільськогосподарськими землями (ґрунтами) як виробничим активом спроможності надавати екосистемні послуги.

У роботі представлено види та порядок визначення шкоди, проведено ідентифікацію видів ушкодження, визначено збитки прямої (засмічення і понівечення земель, руйнування меліоративних споруд, власникам землі та землекористувачам) та непрямої дії (порушення ґрунтів, хімічне забруднення ґрунтів, збитки від небезпечних викидів в атмосферу під час обстрілів, об'єктам екологічної інфраструктури та ін.). Алгоритмізація розрахунків відповідає чинній нормативно-правовій базі. Всі наведені алгоритми є розрахунковими, що формує можливість її практичного застосування на основі інформації, документальний порядок фіксування якої також визначено.

3.2. Об'єкти (матеріали) і методи досліджень

Об'єктом дослідження виступає процес впливу бойових дій на продуктивні землі країни. За написання роботи використовували загальні методи: зокрема такий метод емпіричного дослідження, як спостереження, що дав змогу визначити зовнішні вияви збройної агресії щодо сільськогосподарських земель; метод порівняння для визначення істотних ознак, за якими можна порівняти окремі земельні масиви за ступенем впливу бойових дій; метод абстрагування, який дав можливість ідентифікувати види ушкоджень досліджували сільськогосподарським землям.

3.3. Результати досліджень

3.3.1. Загальні положення

3.3.1.1. Відповідно до Додаткового протоколу до Женевських конвенцій від 12.08.1949 р. щодо захисту жертв міжнародних збройних конфліктів (Протокол I) від 8.06.1977 р. «заборонено застосовувати методи або засоби ведення воєнних дій, які мають на меті завдати або, як можна очікувати, завдадуть широкої, довгочасної і серйозної шкоди природному середовищу».¹

3.3.1.2. Декларація Ріо-де-Жанейро щодо навколишнього середовища та розвитку, прийнята Конференцією ООН з навколишнього середовища та розвитку 03–14.06.1992 р., проголошує, що «навколишнє середовище та природні ресурси народів, що живуть в умовах гноблення, панування та окупації, мають бути захищені. Війна неминуче надає руйнівний вплив на процес сталого розвитку. Тому держави повинні поважати міжнародне право, що забезпечує захист навколишнього середовища під час збройних конфліктів, та мають співпрацювати, за необхідності, у справі його подальшого розвитку. Світ, розвиток та охорона навколишнього середовища взаємозалежні та нероздільні. Держави вирішують усі свої екологічні суперечки

¹ Додатковий протокол до Женевських конвенцій від 12 серпня 1949 р., щодо захисту жертв міжнародних збройних конфліктів (Протокол I), від 8 червня 1977 р. Частина III, Розділ I «Методи та засоби ведення війни», ст. 35 «Основні норми», п.3.

мирним шляхом та належними засобами відповідно до Статуту ООН» (Принципи 23–26).

3.3.1.3. Методика визначення розмірів шкоди землям сільськогосподарського призначення, заподіяних внаслідок збройної агресії російської федерації (далі – Методика) розроблена відповідно до Земельного кодексу України, Господарського кодексу України, Цивільного кодексу України, Законів України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про відходи», Постанови КМ України від 20.03.2022 р. № 326 «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації», Наказу Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів «Про затвердження Змін до Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства» (в редакції № 241 від 04.11.2020 р.) та інших законодавчих та нормативних матеріалів, які можуть бути повністю або частково використанні (з відповідними посиланнями) як чинні підходи до розрахунку збитків, вказаних у п. 4 Методики.

3.3.1.4. Методика встановлює порядок розрахунку розмірів відшкодування збитків землям сільськогосподарського призначення та суміжним територіям, заподіяних внаслідок збройної агресії й поширюється на всі землі України незалежно від їхньої категорії та форми власності.

3.3.1.5. Вплив на середовище з боку української армії враховується при визначенні загального збитку, що підлягає репарації, оскільки для країни війна є вимушеною.

3.3.1.6. Методика застосовується для встановлення розмірів шкоди, заподіяної землям сільськогосподарського призначення внаслідок повномасштабних бойових дій з використанням усіх видів зброї, та на відміну від чинних методик визначення шкоди враховує специфічні складники, притаманні виключно воєнним діям та подоланню їхніх наслідків.

3.3.1.7. Площа та цільове призначення земельної ділянки використовуються на підставі відомостей Державного земельного кадастру та/або Державного реєстру земель, а у разі відсутності інформації – документації із землеустрою, на підставі якої здійснювалося

формування земельної ділянки, або документом, що посвідчує право власності (користування) земельною ділянкою.²

3.3.1.8. Методика містить підходи до розрахунку шкоди землям сільськогосподарського призначення, заподіяних бойовими діями, які задокументовано та мають доказову базу.

3.3.1.9. Збір доказової бази (лабораторні дослідження, експертні висновки, підготовка документації) проводиться виключно комісіями (групами) або іншими формуваннями до складу яких, в обов'язковому порядку, включені фахівці з напрямку експертизи.

3.3.1.10. Методика не поширюється на визначення розмірів шкоди, яка завдана земельним ресурсам внаслідок їхнього радіоактивного та бактеріального забруднення.

3.3.1.11. Для розрахунку шкоди використовувались підходи, які дають змогу обчислити її розмір як безпосередньо, так і опосередковано, через визначення показників, що мають вартісний вираз.

3.3.1.12. Розмір шкоди, завданої землям сільськогосподарського призначення, розраховується в межах нанесених збитків на територіях, що зазнали активних бойових дій.

3.3.1.13. Показники збитку, завданого землям сільськогосподарського призначення (кінцеві та проміжні), визначаються у вартісному вимірі.

3.3.1.14. Обстеження земель сільськогосподарського призначення здійснюється на підставі проведення воєнних дій на території України з метою визначення ступеня їхнього псування та збору доказової бази даних для розрахування компенсацій за нанесену шкоду з використанням стандартизованої процедури. Вибір інших керівних матеріалів для проведення обстежень та вимірів є компетенцією відповідних фахівців.^{3,4}

² Пункт 4 Методики нормативної грошової оцінки земельних ділянок, затвердженої Постановою КМ України від 3.11. 2021 р. № 1147.

³ ДСТУ ISO 10381-1:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб (ISO 10381-1:2002, ІОТ). Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 36 с.

⁴ За необхідністю визначення фонового вмісту *i*-го елемента можна використовувати ДСТУ 7243:2011 Якість ґрунту. Землі техногенно забруднені. Обстеження та використання. Технічний комітет стандартизації «Ґрунтознавство» (ТК 142) пункт 4.3.2 ДСТУ 7243: 2011.

3.3.1.15. Результати обстеження забруднених земель є підставою для порушення питання про припинення їхнього сільськогосподарського використання згідно із Земельним кодексом України та Порядком консервації земель та розрахунку утраченої вигоди. Термін консервації, умови використання техногенно забруднених земель та порядок моніторингу їхнього стану визначають відповідно до ДСТУ.

3.3.1.16. Методика дає можливість за результатами визначення збитку провести зонування та ранжування повоєнного стану земель сільськогосподарського призначення за будь-яким фактором впливу, який можливо розрахувати.

3.3.1.17. Перелік територій, на яких велися бойові дії або тимчасово окупованих збройними формуваннями російської федерації, визначається Кабінетом Міністрів України.

3.3.2. Визначення термінів

Землі (грунти) сільськогосподарського призначення, що включають:	землі, надані для виробництва сільськогосподарської продукції, здійснення сільськогосподарської науково-дослідної та навчальної діяльності. Ґрунт – родючий шар на поверхні земної кори, місце концентрації поживних речовин. <i>(Глава 5, ст.22, п.1 Земельного кодексу України (№2768-III в редакції від 01.01.2022). (Частина 1 ст. 22 зі змінами, внесеними згідно із Законом від 25.06.2009 № 1561-VI)</i>
Сільськогосподарські угіддя:	<i>Рілля</i> – зораний шар ґрунту, який використовується під посіви сільськогосподарських культур. <i>Багаторічні насадження</i> – земельні ділянки, на яких штучно висаджені деревні, кущові або трав'янисті культури, від яких отримують врожай плодово-ягідної, технічної, декоративної та лікарської продукції. <i>Сіножаті</i> – сільськогосподарські угіддя, які за функціональним призначенням систематично використовуються для сінокосіння. <i>Пасовища</i> – сільськогосподарські угіддя, які призначені для випасу худоби. <i>Перелogi</i> – тип угідь, що не задіяні в господарському обігу (не використовується для вирощування сільськогосподарських культур і не утримується під паром) та покриті дикорослими рослинами.

Розділ 3. Методичні підходи до розрахунку репарацій за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям у результаті збройної агресії

Продовження табл.

<p>Несільськогосподарські угіддя:</p>	<p><i>Господарські шляхи і прогони</i> – земельні ділянки, які використовуються для транспортних зв'язків, перевезення вантажів, руху машин і механізмів та сезонного перегону тварин в господарстві.</p> <p><i>Полезахисні лісові смуги</i> – штучно створені насадження лінійного типу для захисту сільськогосподарських угідь від негативного впливу природних та антропогенних факторів.</p> <p><i>Землі тимчасової консервації</i> – площі порушених деградованих сільськогосподарських угідь, які тимчасово законсервовані і не використовуються у виробництві.</p> <p><i>(Земельний кодекс України (№2768-III в редакції від 01.01.2022). (Пункт «б» частини другої ст. 22 зі змінами, внесеними згідно із Законами № 1561-VI від 25.06.2009, № 2498-VIII від 10.07.2018)</i></p>
<p>Масив земель сільськогосподарського призначення:</p>	<p>сукупність земельних ділянок сільськогосподарського призначення, що складаються з сільськогосподарських та необхідних для їхнього обслуговування несільськогосподарських угідь (земель під польовими дорогами, меліоративними системами, господарськими шляхами, прогонами, лінійними об'єктами, об'єктами інженерної інфраструктури, а також ярами, заболоченими землями, іншими угіддями, що розташовані всередині земельного масиву), мають спільні межі та обмежені природними та/або штучними елементами рельєфу (автомобільними дорогами загального користування, полезахисними лісовими смугами та іншими захисними насадженнями, водними об'єктами тощо).</p> <p><i>(Розділ 1, ст.1 Закону України «Про землеустрій» №858-IV, в редакції від 07.04.2022)</i></p>
<p>Земельна ділянка:</p>	<p>ділянка, яка за основним цільовим призначенням належить до відповідної категорії земель, до певного виду цільового призначення, що характеризує конкретний напрям її використання, її правовий режим та екосистемні функції.</p> <p><i>(Розділ 2, глава 4, ст.19, п.3 Земельного кодексу України)</i></p>
<p>Полезахисні лісові смуги:</p>	<p>штучно створені насадження лінійного типу для захисту сільськогосподарських угідь від негативного впливу природних та антропогенних факторів.</p> <p><i>(Правила утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення. Постанова КМ України від 22.07.2020 р. № 650, п. 2)</i></p>
<p>Земельне поліпшення:</p>	<p>Результати будь-яких заходів, що зумовлюють зміни якісних характеристик земельної ділянки та її вартості. До земельних поліпшень належать матеріальні об'єкти, розташовані у межах</p>

Продовження табл.

	<p>земельної ділянки, переміщення яких є неможливим без їхнього знецінення та зміни призначення, а також результати господарської діяльності або проведення певного виду робіт (зміна рельєфу, поліпшення ґрунтів, розміщення посівів, багаторічних насаджень, інженерної інфраструктури тощо).</p> <p><i>(Національний стандарт № 2 «Оцінка нерухомого майна» Постанова КМ України від 28.10.2004 р. № 1442)</i></p>
Якість ґрунту:	сукупність властивостей ґрунту, які визначають придатність до господарського використання та ступінь його родючості
Родючість ґрунту:	результат природного ґрунтоутворення та поліпшення ґрунту за його сільськогосподарського використання
Забруднення земель:	накопичення в ґрунтах і ґрунтових водах внаслідок воєнних дій токсичних речовин, просочування яких в товщу шару ґрунту призводить до їхніх кількісних або якісних змін
Засмічення земель:	наявність на території земель сільськогосподарського призначення сторонніх предметів і матеріалів
Агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення :	<p>обов'язкове агрохімічне обстеження ґрунтів з видачею агрохімічного паспорта поля, земельної ділянки, в якому фіксуються початкові та поточні рівні забезпечення поживними речовинами ґрунтів, рівні їхнього забруднення токсичними речовинами та радіонуклідами.</p> <p><i>(Ст.1 Закону України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» від 19.06.2003 № 963-IV, редакція від 27.05.2021)</i></p>
Агрохімічний паспорт поля, земельної ділянки:	<p>є результатом агрохімічної паспортизації всіх земель сільськогосподарського призначення, яка проводиться з метою державного контролю за зміною показників родючості, забруднення ґрунтів токсичними речовинами і радіонуклідами, раціонального використання земель сільськогосподарського призначення.</p> <p><i>(П.1.3. Порядку ведення агрохімічного паспорта поля, земельної ділянки. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 11.10.2011 № 536)</i></p>
Гумусовий горизонт:	горизонт А – частина ґрунтового профілю, в якому відбувається накопичення органічної речовини у формі гумусу
Мінералізована смуга:	<p>ділянка території, з якої ґрунтообробними механізмами видалено наземні горючі матеріали.</p> <p><i>(Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 13.04.2017 р. № 311 «Про затвердження Порядку організації та застосування авіаційних сил та засобів для гасіння лісових пожеж»)</i></p>

Розділ 3. Методичні підходи до розрахунку репарацій за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям у результаті збройної агресії

Продовження табл.

Нормативна грошова оцінка земельних ділянок:	капіталізований рентний дохід із земельної ділянки, визначений за встановленими і затвердженими нормативами. <i>(Глава 34, ст.201, п.3 Земельного кодексу України № 2768-III в редакції від 01.01.2022, підстава – 1089-IX, 1054-IX). (Методика нормативної грошової оцінки земельних ділянок. Постанова КМ України від 3.11. 2021 р. № 1147)</i>
Вміст токсичної речовини у ґрунті:	визначається у разі розрахунку шкоди за забруднення сільськогосподарських земель через визначення просторового розподілу токсичної речовини в межах постраждалого земельного масиву, відбору репрезентативної кількості проб ґрунту та встановлення її концентрації (контрольна проба) способом лабораторного аналізу за чинними методиками визначення концентрацій небезпечних речовин (у разі необхідності із залученням спеціалізованих організацій)
Глибина просочування токсичної речовини:	товща шару ґрунту, на яку зафіксовано просочування токсичної речовини
Складники продуктів вибуху:	якісний та кількісний вміст хімічних речовин, що утворюються з вибухової речовини (ВР) внаслідок вибуху
Рекультивация земель сільськогосподарського призначення:	комплекс організаційних, технічних і біотехнологічних заходів, спрямованих на відновлення ґрунтового покриву, поліпшення стану та продуктивності порушених земель, які зазнали змін у структурі рельєфу, екологічному стані ґрунтів і материнських порід та у гідрологічному режимі. <i>(Розділ 6, глава 26, ст. 166, п.1,2 Земельного кодексу України)</i>
Меліоративна система:	технологічно цілісна інженерна інфраструктура, що включає в себе такі окремі об'єкти, як меліоративна мережа каналів, трубопроводів (зрошувальних, осушувальних, осушувально-зволожувальних, колекторно-дренажних) з гідротехнічними спорудами і насосними станціями, захисні дамби, спостережна мережа, дороги і споруди на них, взаємодія яких забезпечує управління водним, тепловим, повітряним і поживним режимом ґрунтів на меліорованих землях. <i>(Розділ 1, ст.1 Закону України «Про меліорацію земель» від 14.01.2000р. № 1389-XIV. В редакції від 28.04. 2021 р. № 1423-IX)</i>
Упущена вигода:	потенційний прибуток, реально не отриманий суб'єктом господарської діяльності внаслідок непереборних перешкод її проведенню
Знищене нерухоме майно:	об'єкти нерухомого майна, які стали непридатними для використання за цільовим призначенням внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених збройною агресією

Продовження табл.

<p>Пошкоджене нерухоме майно:</p>	<p>російської федерації, та відновлення яких через ремонт чи реконструкцію не є можливим або є економічно недоцільним.</p> <p>об'єкти нерухомого майна, які пошкоджені внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених військовою агресією російської федерації, та можуть бути відновлені завдяки ремонту чи реконструкції.</p> <p><i>(Порядок подання інформаційного повідомлення про пошкоджене та знищене нерухоме майно внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених військовою агресією російської федерації. Затверджено постановою КМ України від 26.03.2022 р. №380 (в редакції постанови КМ України від 29.04.2022 р. № 505)</i></p>
<p>Екосистемний актив:</p>	<p>природний ресурс (виробничий актив), використання якого сприяє отриманню економічної вигоди (реалізації екосистемних послуг), зумовленої дією притаманних йому біотичних та абіотичних компонентів.</p> <p><i>(United Nations, European Commission, World Bank & Organisation for Economic Co-operation and Development. 2013. System of Environmental-Economic Accounting 2012 Experimental Ecosystem Accounting. White cover publication). Система еколого-економічного обліку 2012.</i></p> <p>URL: https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/seea_eea_final_en_1.pdf.</p> <p><i>(System of Environmental-Economic Accounting 2012 – Experimental Ecosystem Accounting / United Nations, European Union, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Organisation for Economic Co-operation and Development, World Bank Group. New York, 2014. 177 p.</i></p> <p>URL:https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/eea_final_en.pdf.</p> <p><i>(Environmental-Economic Accounting. Version of 30 April 2019 // J. Wang, F. Soulard, M. Henry, M. Grenier, S. Schenau, D. Barton, R. Harris, J.Y.han, D. Keith, C. Obst // United Nations Statistics Division, 2019. 36 p.</i></p> <p>URL:https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/seea_eea_revision_wg1_discussion_paper_1.2_urban_areas_0.pdf.)</p>
<p>Екосистемна послуга:</p>	<p>вигода, яку отримує землекористувач від функцій, притаманних екосистемі (тип ґрунту, рельєф, родючість ґрунтів, вода, температура повітря та інші природні властивості), яка виникає від господарських дій землекористувача відносно екосистемного активу</p>
<p>Користувач екосистемних послуг</p>	<p>землекористувач, який ефективно використовує екосистемний актив (земельну ділянку з притаманними їй характеристиками) з метою отримання максимальної економічної вигоди в межах спроможної потенційної віддачі означеного активу (родючості)</p>

Закінчення табл.

Екосистемний товар:	продукт, отриманий від господарського використання природного ресурсу (земель сільськогосподарського призначення)
Екологічний збиток:	збиток (непоправний або відносно відновлювальний), завданий довкіллю джерелом токсичного забруднення, відшкодування якого зводиться до відшкодування заподіяних збитків
Структура екологічного збитку:	перелік складників збитку компоненту навколишнього середовища (екосистемному активу), визначених міжнародною практикою, які підлягають відшкодуванню

3.3.3. Порядок визначення шкоди, завданої землям (ґрунтам) сільськогосподарського призначення внаслідок воєнних дій

3.3.3.1. Шкода, завдана землям сільськогосподарського призначення, враховує⁵:

а) витрати земельного фонду, – а також пов’язану з ними упущену вигоду, спричинені факторами прямої дії, способом розрахунку:

- витрат на розмінування;
- витрат на вилучення знищеної військової техніки;
- витрат на рекультивуацію масивів земель, які були порушені внаслідок бойових дій;
- витрат на відновлення меліоративних площ;
- збитків, завданих власникам (землекористувачам) земельних ділянок сільськогосподарського призначення;

б) екологічну шкоду землям сільськогосподарського призначення, спричинену факторами непрямої дії військових операцій, способом розрахунку таких показників⁶:

- витрати на відновлення від забруднення (первинна реабілітація, відновлювальна вартість) земельного ресурсу, що надає екосистемну послугу у вигляді отриманої продукції (екосистемного товару);

⁵ Порядок визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Постанова КМ України від 20 березня 2022 р. № 326.

⁶ Конвенція про цивільну відповідальність за шкоду, заподіяну діяльністю, небезпечною для навколишнього середовища від 21.06.1993 р. (Лугано, Швейцарія).

- компенсація послуг природних ресурсів за час відновлення їх до первинного стану (вартість екосистемних послуг);
- витрати на оцінювання збитку.

3.3.3.2. Землекористувачі мають право на відшкодування неодержаних прибутків за час, необхідний для відновлення земель до стану, придатного до використання за цільовим призначенням.

3.3.3.3. Шкода, завдана внаслідок забруднення земель сільськогосподарського призначення токсичними речовинами, та погіршення їхньої якості підлягає компенсації в повному обсязі без застосування норм зниження розміру стягнення.⁷

3.3.3.4. Відшкодування збитків землям сільськогосподарського призначення здійснюється за схемою компенсації власникам землі витрат на відновлення ґрунтів, поліпшення їхньої якості та втрат землекористувачів, пов'язаних з їхньою господарською діяльністю.

3.3.4. Ідентифікація видів ушкодження землям (ґрунтам) сільськогосподарського призначення, які підлягають економіко-екологічному оцінюванню

3.3.4.1. Збитки, зумовлені факторами прямої дії:

Засмічення і понівечення земель
1. Збитки від засмічення та псування масивів земель сільськогосподарського призначення:
<ul style="list-style-type: none">• розмінування масивів земель сільськогосподарського призначення;• вилучення знищеної військової техніки;• утворення вирв та понівечення однорідності поверхні масивів земель сільськогосподарського призначення внаслідок обстрілів та вибухів на територіях екосистемних активів (полів, земельних ділянок).
2. Збитки від руйнування меліоративних споруд:
<ul style="list-style-type: none">• руйнування об'єктів інженерної інфраструктури зрошувальних міжгосподарських та внутрішньогосподарських систем.
3. Збитки власникам землі та землекористувачам:
<ul style="list-style-type: none">• вартість житлових будинків, виробничих та інших будівель і споруд, включаючи незавершене будівництво;

⁷ Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Розділ XV Відповідальність за порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища, ст. 69.

Закінчення табл.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• вартість плодючих та інших багаторічних насаджень;• вартість захисних лісосмуг;• вартість водних джерел (колодязів, ставків, водоймищ, свердловин тощо), зрошувальних і осушувальних систем, протиерозійних і протиселевих споруд;• понесені або необхідні витрати на поліпшення якості земель за період використання земельних ділянок з урахуванням економічних показників, на незавершене сільськогосподарське виробництво (оранка, внесення добрив, посів, інші види робіт), на розвідувальні та проєктні роботи;• вартість вкраденої сільськогосподарської продукції та вивезеної з України;• інші збитки власників землі і землекористувачів, зокрема орендарів (вартість вкраденої сільськогосподарської техніки);• неодержані доходи (якщо вони обгрунтовані). |
|--|

3.3.4.2. Збитки, зумовлені факторами непрямої дії:

Порушення і забруднення ґрунтів, які мають екологічні наслідки
1. Збитки від порушень ґрунтів:
<ul style="list-style-type: none">• порушення структури ґрунтів (ущільнення) внаслідок проїзду важкої військової техніки, зокрема гусеничної.
2. Збитки від хімічного забруднення ґрунтів:
<ul style="list-style-type: none">• витік (просочення) палива та паливно-мастильних матеріалів, пожежі від знищення техніки та забруднення на місцях її тимчасового базування.
3. Збитки ґрунтам від небезпечних викидів в атмосферу під час обстрілів:
<ul style="list-style-type: none">• закислення ґрунтів кислотними дощами від дії вибухових боєприпасів під час бойових дій, вибухів на військових об'єктах (арсеналах, сховищах боєприпасів), руйнування об'єктів критичної інфраструктури після ураження із реактивних систем залпового вогню (паливні склади, підприємства хімічної промисловості).
4. Збитки об'єктам екологічної інфраструктури (несільськогосподарські угіддя):
<ul style="list-style-type: none">• вирубування лісозахисних смуг із метою будівництва укріплень і траншей.
5. Збитки, завдані екосистемним активам (земельні ресурси):
<ul style="list-style-type: none">• вартість екосистемних послуг.
6. Витрати на оцінювання збитку:
<ul style="list-style-type: none">• визначити компонентну структуру витрат, урахувавши витрати при розрахунку збитків за всіма елементами псування сільськогосподарських земель.

3.3.5. Фіксування розмірів шкоди від псування земель сільськогосподарського призначення внаслідок бойових дій

3.3.5.1. Псування сільськогосподарських земель – це порушення природного стану земель, яке здійснюється через забруднення токсичними речовинами, зокрема тими, що викидаються в атмосферне повітря внаслідок активних бойових дій, засмічення вибухонебезпечними предметами та залишками знешкодженої техніки, порушення родючого шару ґрунту внаслідок будівництва польових фортифікаційних споруд, що унеможливує господарську діяльність або спричиняє порушення режиму, нормативів і правил використання земель та погіршення їхньої природної родючості.⁸

3.3.5.2. Шкода масивам земель сільськогосподарського призначення в період активних бойових дій завдається в результаті їхнього прямого й опосередкованого впливу, що виявляється в засміченні, забрудненні екосистемних (виробничих) активів та інших формах псування земель вирвами та понівеченням однорідності родючого шару (гумусу).

3.3.5.3. Землі вважаються засміченими, якщо на відкритому ґрунті наявні уламки та залишки летального озброєння, гільзи та неушкоджені снаряди, що призвело або може призвести до забруднення навколишнього природного середовища.

3.3.5.4. Факти псування земель встановлюються територіальними органами Держекоінспекції та оформлюються протоколом, який, засвідчує факт засмічення та/або забруднення земельної ділянки (із зазначенням виду, кількості, ваги залишків військової техніки та боеприпасів, а також виду та глибини просочування токсичної речовини), наявність вирв, окопів, траншей та пов'язаних з цим порушень родючого шару.⁹

⁸ Враховано основні ознаки псування земель в контексті наслідків воєнних дій (забруднення, засмічення, порушення родючого шару ґрунту), перелічені у визначенні терміна «псування земель» ст.1 Закону України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» від 19.06.2003 № 963-IV. Редакція від 27.05.2021.

⁹ Пункт 3 Положення про Державну екологічну інспекцію України. Постанова КМ України від 19.04.2017 р. № 275. Редакція від 01.01.2021, яка здійснює державний нагляд (контроль) за додержанням вимог законодавства, зокрема, щодо охорони земель.

3.3.5.5. У випадках, коли за зовнішніми ознаками забруднення земельної ділянки не можна встановити площу забруднення чи глибину просочування токсичної речовини, застосовується інструментально-лабораторний контроль із залученням спеціалізованих організацій.

3.3.5.6. Землі сільськогосподарського призначення вважаються забрудненими, якщо в їхньому складі виявлені негативні кількісні або якісні зміни, що сталися в результаті бойових дій або тимчасового розміщення бойової техніки окупанта, внаслідок чого на поверхні (глибини) ґрунтів з'явилися токсичні речовини, яких раніше не було (за даними агрохімічного паспорта земельної ділянки) і не могло бути, враховуючи їхню специфіку.

3.3.5.7. Визначення обсягу засмічення (забруднення) та інших виявів псування земель сільськогосподарського призначення у кожному випадку є самостійним завданням через різноманітність ґрунтів та особливостей умов їхнього відновлення.^{10,11,12}

3.3.6. Визначення розмірів шкоди, заподіяної внаслідок засмічення земель

3.3.6.1. Розміри шкоди обчислюються на основі матеріалів, що підтверджують факт забруднення земель уповноваженими установами, на яких у мирний час розпорядженням КМ України покладено відповідальність щодо проведення розрахунків у встановлений термін в межах їхніх повноважень.

¹⁰ Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 04.11.2020 р. № 241 «Про затвердження Змін до Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення земельного законодавства».

¹¹ Постанова КМ України від 25.07.2007 р. № 963 «Про затвердження Методики визначення розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельних ділянок, використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, псування земель, порушення режиму, нормативів і правил їх використання» (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ України від 16.02.2022 № 131).

¹² Постанова КМ України від 9.09.2020 р. № 800 «Про внесення змін до Методики визначення розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельних ділянок, використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, зняття ґрунтового покриву (родючого шару ґрунту) без спеціального дозволу».

Розмінування масивів земель сільськогосподарського призначення:

3.3.6.2. Знешкодження вибухонебезпечних предметів здійснюється за міжнародними стандартами реалізації програм у галузі гуманітарного розмінування з ідентифікацією вибухонебезпечних предметів (пристроїв).

3.3.6.3. Витрати на розмінування визначаються організаціями (недержавні організації, комерційні компанії, військові підрозділи, національні групи протимінної діяльності), які проводять вивільнення земель.

3.3.6.4. Етапність процедури розмінування та складники розрахунку витрат на вивільнення масивів земель сільськогосподарського призначення^{13,14}:

Етап та склад витрат	Позначення
1	2
Планування процедури розмінування (вартісна одиниця виміру)	Впл
Витрати на проведення загального оцінювання протимінної діяльності з урахуванням рівня безпеки	Взопд
Витрати з проведення оцінювання рельєфу місцевості, характеристики ґрунтів та інших складників, що впливають на процес розмінування	Вор
Підготовка до розмінування (вартісна одиниця виміру)	Вп
Витрати на проведення нетехнічної та технічної розвідки мінної обстановки	Врмо
Витрати на підготовку спеціалістів мінної розвідки / сапери	Впс
Витрати на спорядження спеціалістів мінної розвідки / саперів	Взн
Витрати на закупівлю обладнання (зокрема механічних засобів розмінування, що забезпечують як детонацію, так і знищення або блокування функцій мін), яке пройшло випробування та оцінювання, може використовуватися без жодних модифікацій	Взо
Звільнення земель (вартісна одиниця виміру)	Ввз

¹³ Керівництво з управління операціями з розмінування. МСПМД (IMAS) 07.10. Перше видання 01 жовтня 2001 р. Поправка 6, червень 2013 р. Служба ООН з питань протимінної діяльності (UNMAS, ЮНМАС) 380 Madison Avenue, M11023 New York, NY 10017 USA.

¹⁴ URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/5/6/33375.pdf>

Закінчення табл.

1	2
Витрати на виявлення, видалення або знищення боєприпасів вибухової дії (мін) (EOD)*	В EOD
Витрати на операції зі знешкодження гранат, мінометних та артилерійських боєприпасів, реактивних снарядів, авіаційних бомб, касетних боєприпасів, а також схованок з боєприпасами вибухової дії (ERW)**, які потребують додаткових дій з діагностики, приведення в безпечний стан, утилізації та проведення захисних робіт. Вибір найбільш прийнятної технології для знешкодження боєприпасів залежить від місцевих умов та має відповідати критеріям економічності, універсальності (для знищення більшості типів боєприпасів) та безпечності	В ERW
Заходи, що проводяться за фактом очищення від мін (вартісна одиниця виміру)	Вфо
Витрати на інспектування якості розмінування території способом формування вибірки із очищених площ	Віар

* EOD – Explosive Ordnance Disposal – Утилізація вибухонебезпечних предметів;

** ERW – Explosive Remnants of War – Вибухонебезпечні залишки війни.

3.3.6.5. Розрахунок витрат на розмінування може здійснюватися за двома методами:

1) прямим розрахунком по кожній земельній ділянці сільськогосподарського призначення, що підлягає розмінуванню з подальшим визначенням загальних витрат на вивільнення земель, що зазнали бойових дій за алгоритмом:

$$V_p = \sum_{k=1}^n (V_{пл} + V_p + V_{вз} + V_{фо}) =$$

$$= \sum_{k=1}^n (V_{зопд} + V_{ор} + V_{рмо} + V_{пс} + V_{зн} + V_{зо} + V_{EOD} + V_{ERW} + V_{іар}),$$

де n – кількість земельних ділянок, що зазнали процедури звільнення від вибухових боєприпасів;

2) визначенням добутку питомих витрат на один гектар земель сільськогосподарського призначення (P_v), до яких застосовувалась процедура вивільнення та загальної площі розмінованих земель ($P_{рз}$)

$$V_p = P_v \cdot P_{рз}.$$

Вилучення знищеної військової техніки:

3.3.6.6. Потрошена та знешкоджена військова техніка (найчастіше з повним або частковим боєкомплектом), яка залишилась на різних ділянках фронтів, зокрема на сільськогосподарських землях розглядається як елемент засмічення і підлягає вилученню та подальшій утилізації.

3.3.6.7. Організація вилучення знищеної військової техніки проходить централізовано силами об'єднаних територіальних громад за обраним способом з обов'язковою документальною фіксацією відповідних дій та обсягів проведених робіт по кожній земельній ділянці та прилеглий до неї території, яка потребує проведення таких робіт.

3.3.6.8. Розрахунок витрат із вилучення знищеної військової техніки з територій здійснюється уповноваженою спеціалізованою територіальною структурою на основі протоколів, що підтверджують факт вилучення знищеної військової техніки із зазначенням проведених робіт та фактичних витрат на них.

3.3.6.9. Витрати із вилучення знищеної військової техніки:

Склад витрат	Позначення
1	2
Загальний об'єм або вага залишків військової техніки, які потребують вилученні з площ земельних масивів, що підлягають сільськогосподарському використанню (м ² або т). Означені одиниці об'єму визначають вимірюванням. Одиниця ваги визначається за даними тактико-технічної характеристики відповідного виду озброєння	От (Вт)
Тариф на перевезення (транспортування) транспортним засобом 1 м ³ , або 1 т металевих залишків знищеної військової техніки на задану відстань, одиниця виміру цього тарифу – грн/м ³ або грн/т	Тт
Добова вартість оренди допоміжного транспортного засобу з водієм, що здійснює транспортування до місця збору знищеної військової техніки, вартісна одиниця виміру	Дво
Час, витрачений на транспортування знищеної військової техніки до місця збору, одиниця часу	Чт
Витрати на знешкодження зброї (складових частин і комплектувальних виробів, з'єднаних загальним конструктивним рішенням) та боєприпасів, вилучених з військової техніки (у разі наявності), вартісна одиниця виміру	Вз
Витрати на звільнення земельної ділянки від іншого засмічення (у разі наявності), вартісна одиниця виміру	Віз

Закінчення табл.

1	2
Коефіцієнт, що визначає ступінь засмічення, визначається в таблиці, п. 6.9	Кз
Коефіцієнт еколого-господарського значення земель, для сільськогосподарських земель дорівнює 1	Кегз=1

3.3.6.10. Розрахунок витрат на вилучення знищеної військової техніки (Ввзт) з місця її знайдення до місця збору (утилізації) (Зв) здійснюється за алгоритмом:

$$\text{Ввзт} = \text{От} (\text{Вт}) \cdot \text{Тт} \cdot \text{Кз} \cdot \text{Кегз} + \text{Дво} \cdot \text{Чт} + \text{Вз} + \text{Віз}.$$

3.3.6.11. Коефіцієнти засмічення земельної ділянки обираються залежно від ступеня засмічення¹⁵:

Ступінь засмічення	Об'єм відходів (Ов), м ³ , або в перерахуванні на вагу 1 м ³	Кз
1	0–5	1,25
2	5–10	1,50
3	10–20	2,00
4	20–50	2,50
5	50–100	3,00
6	Понад 100	4,00

3.3.6.12. Довідку про зарахування земельної ділянки, що зазнала засмічення, до категорій за цільовим призначенням надають територіальні органи Держгеокадастру.

Шкода, завдана землям сільськогосподарського призначення від дії обстрілів, вибухів, будівництва фортифікаційних споруд:

3.3.6.13. Будівництво фортифікаційних споруд (окопів, траншей), вибухи боєприпасів різних видів, що застосовувались агресором у період бойових дій, розглядаються як фактор порушення однорідності родючого шару ґрунту на земельних масивах сільськогосподарського призначення через утворення вирв, понівечення поверхні земель

¹⁵ Методика визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища від 7.10.1997 р. № 171 в редакції Наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища від 04.04.2007 № 149.

(родючого шару) (внаслідок влучання за обстрілів або мінування) та можливої втрати в натурі (на місцевості) меж земельної ділянки.

3.3.6.14. Враховуючи природну глибину гумусового горизонту (до 40 см) можна вважати, що площі земель, які зазнали пошкодження внаслідок дії обстрілів, вибухів, будівництва фортифікаційних споруд, практично знищили родючий шар.

3.3.6.15. Підтвердження наявності як локальної, так і масштабної неоднорідності ґрунтового покриття та знищення межових знаків є фотографічні знімки з вказівкою площ та глибини пошкодження або багатоспектральні космічні знімки високого розрізнення, які порівнюються з документацією із землеустрою.

3.3.6.16. Розробка робочих проєктів землеустрою та виконання рекультиваційних робіт із відновлення рельєфу масиву земель, який зазнав деформації земної поверхні, здійснюється залежно від видів пошкоджень, їхньої кількісної та якісної характеристики, особливостей місцевих умов, прийнятого напряму подальшого використання відновлюваних земель та інших нормативів і стандартів (екологічних, санітарно-гігієнічних, будівельних, водогосподарських, лісогосподарських).

3.3.6.17. Розробку проєктів здійснює сертифікований землевпорядник із обов'язковим визначенням обсягів, технології, черговості відновлювальних робіт з рекультивації та їхньої кошторисної вартості.¹⁶

3.3.6.18. Протокол як офіційний документ, що фіксує стан земельної ділянки, яка потребує відновлення, має містити інформацію щодо місця розташування земельної ділянки, її кадастрового номера, площі, цільового призначення, обсягів пошкоджень (площа та глибина вирв, окопів та траншей, товщина пошкодження родючого шару та площа понівечення), заходів (роботи) з рекультивації зіпсованих земель.

3.3.6.19. Визначення шкоди, завданої землям сільськогосподарського призначення від дії обстрілів, вибухів, будівництва фортифікаційних споруд¹⁷.

¹⁶ Правила розроблення робочих проєктів землеустрою. Постанова КМ України від 02.02.2022 № 86.

¹⁷ Методика визначення розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельних ділянок, використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, псування земель, порушення режиму, нормативів і правил їх використання Постановою КМ України від 25.07.2007 р. № 963 зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ від 16.02.2022 № 131.

Розділ 3. Методичні підходи до розрахунку репарацій за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям у результаті збройної агресії

Складники алгоритму розрахунку	Позначення
Загальна площа масиву земель сільськогосподарського призначення, яка зазнала ушкодження однорідності земельної поверхні	Зпл
Частка площі земель сільськогосподарського призначення, на якій виявлено порушення однорідності поверхні внаслідок утворення вирв, вигорання родючого шару ґрунту, будівництва фортифікаційних споруд, що зумовлюють втрату якісних та продуктивних показників земельної ділянки, га	Пв
Нормативні втрати від знищення ґрунтового покриву земельних ділянок (родючого шару ґрунту), грн/га	Нв
Коефіцієнт індексації нормативної грошової оцінки земель. Коефіцієнт індексації нормативної грошової оцінки земель застосовується кумулятивно залежно від дати проведення нормативної грошової оцінки земель, зазначеної в технічній документації з нормативної грошової оцінки земель та земельних ділянок	Кі Дорівнює добутку коефіцієнтів індексації нормативної грошової оцінки земель за 2020 та наступні роки, що розраховуються Держгеокадастром <i>(Відповідно до ст. 289 Податкового кодексу України. Редакції Закону від 30.11.2021 р. № 1914-IX)</i>
Витрати на проведення рекультивационних робіт із відновлення ґрунту до початкового стану та якості, зафіксованих в агрохімічному паспорті земельної ділянки, вартісна одиниця виміру	Врвг Включає вартість обстеження ділянок, які потребують відновлення ґрунту, складання техніко-економічних обґрунтувань і технічних робочих проєктів з рекультивациї, витрати на поліпшення агрофізичних, агрохімічних, біохімічних властивостей ґрунту
Витрати на проведення додаткових геодезичних робіт на відновлення знищених межових знаків (у разі наявності таких пошкоджень), вартісна одиниця виміру	Вгр (у разі відсутності знищення межових знаків не враховується)

3.3.6.20. Розрахунок заподіяної шкоди від обстрілів та вибухів (Шов), що призвели до порушення однорідності поверхні та знищення родючого шару здійснюється за таким алгоритмом:

$$\text{Шов} = \sum_{k=1}^n \text{Зпл} \cdot \text{Пв} \cdot \text{Нв} \cdot \text{Кі} + \text{Врвг} + \text{Вгр},$$

де n – кількість масивів земель, які зазнали втрати родючого шару ґрунту.

3.3.6.21. Нормативні втрати від знищення ґрунтового покриву (родючого шару ґрунту) визначаються за даними областей, у яких проводилися активні бойові дії¹⁸:

Області, які зазнали активних бойових дій	Нормативні втрати від знищення ґрунтового покриву (родючого шару ґрунту), грн/га	Області, які зазнали активних бойових дій	Нормативні втрати від знищення ґрунтового покриву (родючого шару ґрунту), грн/га
Вінницька	63018	Одеська	58732
Волинська	55480	Полтавська	74010
Дніпропетровська	64830	Рівненська	72865
Донецька	66854	Сумська	66914
Житомирська	42717	Тернопільська	67838
Запорізька	76797	Харківська	60553
Івано-Франківська	41549	Херсонська	64605
Київська	58005	Хмельницька	86603
Кіровоградська	52279	Черкаська	98207
Луганська	55756	Чернігівська	45458
Львівська	56267	м. Київ	118825
Миколаївська	64591		

¹⁸ Методика визначення розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельних ділянок, використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, зняття ґрунтового покриву (родючого шару ґрунту) без спеціального дозволу. Постанова КМ України від 9.09.2020 р. № 800 (Додаток 11).

3.3.7. Визначення загального розміру шкоди від псування земель сільськогосподарського призначення внаслідок активних бойових дій

3.3.7.1. Складники загального розміру витрат на усунення шкоди від псування земель сільськогосподарського призначення:

Складники алгоритму розрахунку	Наведений розрахунок	Позначення
Витрати на усунення засмічення земель внаслідок:	П. 6 Методики	
• розмінування масивів земель сільськогосподарського призначення	П. 6.2–6.5 Методики	Вр
• вилучення знищеної військової техніки	П.6.6.–6.10 Методики	Ввзт
Витрати на усунення шкоди землям сільськогосподарського призначення від дії обстрілів, вибухів, будівництва фортифікаційних споруд	П.6.11–6.19 Методики	Шов
Витрати на усунення порушень та забруднення земель внаслідок:	П.11–14 Методики	
• ущільнення ґрунтів	П.11.1–11.8 Методики	Зуг
• хімічного забруднення ґрунтів та пожеж на місцях ураження бойової техніки	П.12.1–12.13 Методики	Вхз
• викидів оксидів сірки та азоту в атмосферу під час обстрілів (закислення ґрунтів кислотними дощами)	П.13.1–13.12 Методики	Зкд
Знищення лісозахисних смуг з метою будівництва укріплень та траншей	П.14.1–14.11 Методики	Злс

3.3.7.2. Розрахунок загальної шкоди від псування земель сільськогосподарського призначення (Шпз), що відбулося під час бойових дій, здійснюється за алгоритмом:

$$\text{Шпз} = \text{Вр} + \text{Ввзт} + \text{Шов} + \text{Вхз} + \text{Зкд} + \text{Злс}.$$

3.3.7.3. У разі неможливості з будь-яких причин відновлення порушеної земельної ділянки до попереднього стану або у разі, коли затрати на приведення земельної ділянки у попередній стан неможливо підрахувати, розмір реальних збитків приймається на рівні вартості такої земельної ділянки, визначеній на дату оцінювання з урахуванням її стану до порушення.

3.3.7.4. У разі об'єктивної неможливості самостійного використання земельної ділянки її власником або землекористувачем та втрати об'єктів нерухомого майна, що на них розміщені, визначається розмір упущеної вигоди, до якого включаються, зокрема збитки, що будуть завдані власнику через з дострокове припинення його зобов'язань перед третіми особами.

3.3.8. Збитки від руйнування меліоративних споруд

3.3.8.1. У разі, якщо технічний стан об'єктів інженерної інфраструктури зрошувальних міжгосподарських та внутрішньогосподарських систем, які зазнали ураження під час бойових дій, не дає змоги експлуатувати меліоративні та дренажні системи для розрахунку достовірних завданих збитків потрібно провести:

- систематизовану інвентаризацію та зафіксувати стан та ступінь руйнування/знищення (повного або часткового) меліоративних комплексів (інженерної інфраструктури);
- визначення стану водного ресурсу та можливості забору води для зрошення;
- оцінювання наявності дощувальної техніки та устаткування;
- відновлення переліку власників та користувачів;
- визначення площ земельних масивів, які вони обслуговували та можливості доступу до них.

Отримані дані фіксують у відповідних актах обстеження.

3.3.8.2. Проведення інвентаризації меліоративних систем у межах своєї компетенції здійснюють відділи водогосподарських споруд та гідрогеолого-меліоративних робіт, відділи водних ресурсів міжрайонних управлінь водного господарства з метою виявлення пошкодження водогосподарських та гідротехнічних споруд і пристроїв та порушення режиму господарської діяльності на землях водного фонду.

3.3.8.3. Результати інвентаризації меліоративних систем фіксують в актах інвентаризації.

3.3.8.4. Розмір відшкодування збитків при пошкодженні водогосподарських споруд і пристроїв ґрунтується на визначенні вартості відновлювальних робіт за проектно-кошторисною документацією

по кожній меліоративній системі, яка зазнала ураження під час бойових дій на території їхнього розташування та розрахунку нормативних показників у поточних цінах на день відшкодування збитків відповідно до чинних нормативно-законодавчих актів:

- п. 10 Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення правил охорони водних ресурсів на землях водного фонду, пошкодження водогосподарських споруд і пристроїв, порушення правил їх експлуатації. Наказ Державного комітету України по водному господарству від 29.12.2001 р. № 290.

3.3.9. Збитки власникам землі та землекористувачам

3.3.9.1. Проведення розрахунку відшкодування завданих збитків власникам земельних ділянок та землекористувачам у результаті бойових дій може бути врегульовано в межах чинної законодавчої бази:

- Земельний кодекс України. Розділ V, Глава 24. Відшкодування збитків власникам землі та землекористувачам. Ст. 156. Підстави відшкодування збитків власникам землі та землекористувачам;
- Цивільний кодекс України. Редакція від 17.03.2022 р. Глава 3. Ст. 15. Право на захист цивільних прав та інтересів. Пункт 1 наголошує, що кожна особа має право на захист свого цивільного права у разі його порушення;
- Цивільний кодекс України. Редакція від 17.03.2022 р. Глава 3. Ст. 22. Відшкодування збитків та інші способи відшкодування майнової шкоди. Пункт 1 наголошує, що особа, якій завдано збитків у результаті порушення її цивільного права, має право на їх відшкодування. Пункт 2 визначає збитки, якими є :
 - 1) втрати, яких особа зазнала через знищення або пошкодження речі, а також витрати, які особа зробила або мусить зробити для відновлення свого порушеного права (реальні збитки);
 - 2) доходи, які особа могла б реально одержати за звичайних обставин, якби її право не було порушене (упущена вигода).

3.3.9.2. Окрім збитків, пов'язаних з ушкодженням земельних ділянок внаслідок бойових дій, підлягають відшкодуванню власникам землі та землекористувачам¹⁹:

- вартість житлових будинків, виробничих та інших будівель і споруд, включаючи незавершене будівництво;
- вартість плодючих та інших багаторічних насаджень;
- вартість захисних лісосмуг;
- вартість водних джерел (колодязів, ставків, водоймищ, свердловин тощо), зрошувальних і осушувальних систем, протиерозійних і протиселевих споруд;
- понесені або необхідні витрати на поліпшення якості земель за період використання земельних ділянок;
- вартість вкраденої сільськогосподарської продукції, вивезеної з України;
- незавершене будівництво та сільськогосподарське виробництво;
- інші збитки власників землі і землекористувачів (зокрема орендарів);
- неoderжані доходи (у разі їх обґрунтування).

3.3.9.3. Втрата майна землевласниками та землекористувачами внаслідок навмисного знищення в період воєнних дій вважається воєнним злочином та підлягає відшкодуванню.

3.3.9.4. Розміри збитків визначаються в повному обсязі відповідно до реальної вартості майна на момент заподіяння збитків.

3.3.9.5. Для визначення розміру майнової шкоди, збитків власникам або землекористувачам за їхнім позовом проводиться експертна грошова оцінка, для здійснення якої адміністрацією об'єднаних територіальних громад створюються відповідні комісії.

3.3.9.6. Підставою для експертного висновку є правовстановлювальні документи, які підтверджують право власності на нерухомість, матеріали сервісів SMS-МАЯК та SMS-маяк Земля, докази, надані постраждалою особою, оформлені відповідно до правил

¹⁹ Пункт 3 Порядку визначення та відшкодування збитків власникам землі та землекористувачам. Постанова КМ України від 19.04.1993 р. № 284. У редакції від 19.06.2019 р. № 522.

інвентаризації, дані Держреєстру майна, пошкодженого та знищеного внаслідок російської агресії.²⁰

3.3.9.7. Подання інформаційного повідомлення про пошкоджене та знищене нерухоме майно внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених збройною агресією російської федерації відбувається відповідно до встановленого Порядку.^{21,22}

3.3.9.8. Для оцінювання збитків власникам землі та землекористувачам застосовуються такі методичні підходи:

- витратний, який передбачає визначення поточної вартості витрат на пряме відтворення (визначення вартості відтворення) з коригуванням їх на суму зносу;
- дохідний, при якому вартість об'єкта оцінювання визначається як поточна вартість очікуваних доходів від найбільш ефективного використання об'єкта оцінювання, включаючи дохід від його можливого перепродажу (ринкова вартість).

3.3.9.9. Під час застосування методу прямого відтворення використовуються вихідні дані про об'єкт оцінювання, інформація про відтворення об'єкта оцінювання чи подібного майна в сучасних цінах або середньостатистичні показники, які узагальнюють умови його відтворення в сучасних цінах.

3.3.9.10. Найбільш придатним методом дохідного підходу є непряма капіталізація доходу (дисконтування грошового потоку), при якому прогнозовані грошові потоки від використання об'єкта оцінювання є неоднаковими за величиною, непостійними впродовж визначеного періоду прогнозування, або якщо отримання їх не обмежується у часі. Інформаційними джерелами для застосування дохідного підходу є відомості про фактичні та/або очікувані доходи, витрати об'єкта оцінювання та ставки дисконту для отримання їхньої поточної

²⁰ Положення про інвентаризацію активів та зобов'язань. Наказ Міністерства фінансів України від 02.09.2014 р. № 879.

²¹ Постанова КМ України від 29.04.2022 р. № 505 «Про внесення змін до постанов КМ України від 20.03.2022 р. № 326 і від 26.03.2022 р. № 380».

²² Порядок подання інформаційного повідомлення про пошкоджене та знищене нерухоме майно внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених військовою агресією російської федерації. Затверджено постановою КМ України від 26.03.2022 № 380 (у редакції постанови КМ України від 29.04.2022 р. № 505).

вартості ставка дисконту (визначаються способом аналізу інформації про доходи від використання подібного майна або через порівняння дохідності інвестування в альтернативні майнові об'єкти).

3.3.9.11. Для оцінювання об'єктів незавершеного будівництва може застосовуватися комбінування витратного та дохідного підходів, зокрема метод визначення впливу факторів, що пропорційно формують потенційний загальний дохід від майнового комплексу.^{23,24}

3.3.9.12. Спосіб розрахунку розміру майнової шкоди:

Показник	Спосіб та документи для розрахунку
1	2
Вартість житлових будинків, виробничих та інших будівель і споруд, включаючи незавершене будівництво (1)	Проектно-кошторисна документація будівництва. Документи бюро технічної інвентаризації. Визначається із застосуванням витратного, порівняльного підходів, а також поєднанням усіх методичних підходів. Можливий розрахунок за визначенням залишкової вартості втрачених основних фондів
Вартість плодючих та інших багаторічних насаджень (2)	Ринкова вартість земельної ділянки визначається на підставі проведення аналізу найбільш ефективного використання
Вартість захисних лісосмуг (3)	Алгоритм розрахунку наведений у п. 14.10 Методики
Вартість водних джерел (колодязів, ставків, водоймищ, свердловин тощо), зрошувальних і осушувальних систем, протиерозійних і протиселевих споруд (4)	Визначається в порядку, встановленому для проведення оцінювання земельних ділянок, що містять земельні поліпшення
Витрати на поліпшення якості земель за період використання земельних ділянок (5)	Прямі витрати (понесені або необхідні) на проведення комплексу агротехнічних і фітомеліоративних заходів, спрямованих на поліпшення агрофізичних, агрохімічних, біохімічних та інших властивостей ґрунту
Незавершене сільськогосподарське виробництво (6)	Прямі витрати на оранку, внесення добрив, посів, інші види робіт

²³ Національний стандарт № 1 «Загальні засади оцінки майна і майнових прав», п.38–46. Постанова КМ України від 10.09.2003 р. № 1440. У редакції від 31.03.2015 р.

²⁴ Національний стандарт № 2 «Оцінка нерухомого майна» Постанова КМ України від 28.10.2004 р. № 1442.

Закінчення табл.

1	2
Вартість вкраденої сільськогосподарської продукції, вивезеної з України (7)	Розраховується на основі середніх цін реалізації продукції сільського господарства сільськогосподарськими підприємствами (з урахуванням транспортних, експедиційних та накладних витрат)
Вартість вкраденої окупантом сільськогосподарської техніки (8)	Розмір збитків від розкрадання, нестачі, знищення (псування) матеріальних цінностей визначається проведенням незалежного оцінювання відповідно до національних стандартів оцінювання. У разі визначення розміру збитків, що призвели до завдання майнової шкоди територіальній громаді або суб'єкту господарювання розмір збитків визначається відповідно до методики оцінювання майна, затвердженої КМ України від 10.12.2003 р. № 1891

Посилання для розрахунку:

(1) Національний стандарт № 2 «Оцінка нерухомого майна» Постанова КМ України від 28.10.2004 р. № 1442; Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру;

Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. Постанова КМ України від 15.02.2002 р. № 175;

Порядок подання інформаційного повідомлення про пошкоджене та знищене нерухоме майно внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених збройною агресією російської федерації. Затверджений постановою КМ України від 26.03.2022 р. № 380 (у редакції постанови КМ України від 29.04. 2022 р. № 505).

(2) За доходністю від найбільш ефективного використання.

(3) Розділ 14 Методики.

(4) Національний стандарт № 2 «Оцінка нерухомого майна» Постанова КМ України від 28.10.2004 р. № 1442.

(5) За прямим розрахунком.

(6) За прямим розрахунком.

(7) За прямим розрахунком.

(8) Про внесення змін до деяких постанов КМ України з питань оцінки майна. Постанова КМ України від 7.12.2011 р. № 1253. Із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ від 27.12.2018 р. № 1168.

3.3.9.13. Висновок про вартість втраченого майна має містити відомості про:

- замовника оцінювання та виконавця звіту про оцінювання майна;
- назву об'єкта оцінювання та його характеристику;
- мету і дату оцінювання;
- вид вартості, що визначається;
- використані методичні підходи;
- величину вартості, отриману в результаті оцінювання.

Висновок підписує оцінювач (оцінювачі), який безпосередньо проводив (ли) оцінювання майна, і скріплюється підписом керівника суб'єкта оцінювальної діяльності – суб'єкта господарювання.

3.3.10. Визначення розміру неотриманих доходів (утраченої вигоди) землевласником та землекористувачем

3.3.10.1. Оцінювання упущеної вигоди проводиться через визначення чистого операційного доходу (чистого грошового потоку, прибутку), який не отримає землевласник або землекористувач (але які могли б бути реально отримані в процесі господарювання), якому завдано збитків внаслідок військових дій, починаючи з установленної дати неможливості власного використання ним земельної ділянки до дати відшкодування збитків, визначених з урахуванням стану земельної ділянки до порушення.

3.3.10.2. При визначенні обсягів чистого операційного доходу слід враховувати, що земельні ділянки під польовими дорогами, розташовані у масиві земель сільськогосподарського призначення (крім польових доріг, що обмежують масив), можуть використовуватися землевласником (землекористувачем) як для проходу (проїзду) до інших земельних ділянок, розташованих у такому масиві, так і для вирощування сільськогосподарської продукції.²⁵

²⁵ Глава 5, ст. 37, п. 6 Земельного кодексу України. Редакція від 07.04.2022 р. № 2768-III.

3.3.10.3. Складники розрахунку утраченої вигоди землевласника та землекористувача

Складники алгоритму розрахунку	Позначення
Загальна площа масиву сільськогосподарських земель, який не підлягає господарському використанню внаслідок руйнації та знищення майнового комплексу під час бойових дій у постраждалих регіонах, га	Пзм
Середньорічний дохід, який можна отримати від використання земель за цільовим призначенням	Дср Розрахункова величина Дср представлена в таблиці (п.10.5)
Коефіцієнт, що характеризує функціональне використання земельної ділянки	Кф Встановлюється на підставі Класифікації видів цільового призначення земель, затвердженої наказом Державного комітету України із земельних ресурсів від 23.07.2010 р. № 548 Для сільськогосподарських земель дорівнює 1 (п.10.6)
Коефіцієнт індексації нормативної грошової оцінки земель	Кі Дорівнює добутку коефіцієнтів індексації нормативної грошової оцінки земель за 2020 та наступні роки, що розраховуються Держгеокадастром (Відповідно до ст. 289 Податкового кодексу України. Редакції Закону від 30.11.2021 р. № 1914-IX)

3.3.10.4. Розмір утраченої вигоди (Ув) розраховується за формулою, окремі складники якої наведено в п.10.5, 10.6:

$$Ув = Пзм \cdot Дср \cdot Кф \cdot Кі.$$

3.3.10.5. Середньорічний дохід від використання земель за цільовим призначенням²⁶:

²⁶ Додаток 1 «Середньорічний дохід від використання земель за цільовим призначенням» до Методики визначення розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельних ділянок, використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, псування земель, порушення режиму, нормативів і правил їх використання (в редакції Постанови КМ України від 9.09.2020 р. № 800). Чинна редакція від 16.02.2022 № 131 не змінює вказаних додатків.

Адміністративно-територіальна одиниця	Середньорічний дохід від використання сільськогосподарських земель за цільовим призначенням, (Дср)*, грн/га
Вінницька область	4204
Волинська область	3288
Дніпропетровська область	3569
Донецька область (крім Азовського узбережжя)	3909
Азовське узбережжя Донецької області	4535
Житомирська область	2576
Запорізька область (крім Азовського узбережжя)	3762
Азовське узбережжя Запорізької області	3794
Івано-Франківська область (крім гірської та передгірної частини)	3169
Київська область	3822
Кіровоградська область	3574
Луганська область	2792
Львівська область (крім гірської та передгірної частини)	2829
Миколаївська область (крім Чорноморського узбережжя)	3026
Чорноморське узбережжя Миколаївської області	4011
Одеська область (крім Чорноморського узбережжя)	3348
Чорноморське узбережжя Одеської області	4282
Полтавська область	3923
Рівненська область	3431
Сумська область	3173
Тернопільська область	3601
Харківська область	3528
Херсонська область (крім Чорноморського і Азовського узбережжя)	4056
Чорноморське та Азовське узбережжя Херсонської області	4268
Хмельницька область	4043
Черкаська область	4654
Чернігівська область	2709
м. Київ	5294

*Представлено регіони, які постраждали від бойових дій.

3.3.10.6. Перелік територій, що належать до морського узбережжя²⁷:

Адміністративно-територіальна одиниця	Території сільських рад та населених пунктів, що належать до морського узбережжя
1	2
<i>Чорноморське узбережжя Одеської області</i>	
Кілійський район	Десантненська, Приморська, м. Вилкове
Татарбунарський район	Базар'янська, Баштанська, Вишнівська, Глибоцька, Дмитрівська, Жовтоярська, Лиманська, Нерушайська, Приморська, Трапівська, Тузлівська, м. Татарбунари
Білгород-Дністровський район	Бритівська, Випасненська, Козацька, Краснокосянська, Миколаївська, Мологівська, Шабівська, Широківська
Овідіопольський район	Дальницька, Калаглійська, Кароліно-Бугазька, Миколаївська, Новоградківська, смт Великодолинське, Овідіополь, Таїрове
Комінтернівський район	Сичавська, смт Чорноморське
м. Іллічівськ	м. Іллічівськ
м. Одеса	м. Одеса
м. Южне	м. Южне
<i>Чорноморське узбережжя Миколаївської області</i>	
Березанський район	Коблівська, Лиманівська, Рибаківська, Тузлівська
Жовтневий район	Галицинівська, Лиманівська, Українська
Очаківський район	Дмитрівська, Іванівська, Козирська, Куцурубська, Парутинська, Покровська, Чорноморська
м. Очаків	м. Очаків
<i>Чорноморське та Азовське узбережжя Херсонської області</i>	
Білозерський район	Дніпровська, Олександрівська, Станіславська, Широкобалківська
Генічеський район	Новодмитрівська, Стрілківська, Фрунзенська, Чонгарська, Щасливцівська, м. Генічеськ
Голопристанський район	Геройська, Збур'ївська, Краснознам'янська, Круглоозерська, Новософіївська, Новофедорівська, Рибальченська, Старозбур'ївська, Чорноморська, м. Гола Пристань
Каланчацький район	Олександрівська, Олексіївська, Роздольненська, Хорлівська

²⁷ Додаток 2 «Перелік територій, що належать до морського узбережжя» до Методики визначення розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельних ділянок, використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, псування земель, порушення режиму, нормативів і правил їх використання (у редакції Постанови КМ України від 9.09.2020 р. № 800). Чинна редакція від 16.02.2022 № 131 не змінює вказаних додатків.

Закінчення табл.

1	2
Новотроїцький район	Воскресенська, Громівська, Новомиколаївська, Новомихайлівська, Новопокровська, Сергіївська
Скадовський район	Красненська, Приморська, Радгоспненська, Тарасівська, смт Лазурне, м. Скадовськ
Чаплинський район	Іванівська, Строганівська
м. Херсон	м. Херсон
<i>Азовське узбережжя Запорізької області</i>	
Бердянський район	Луначарська, Новопетрівська
Приазовський район	Ботіївська, Гірсівська, Дівнинська, Дунаївська, Надеждинська, Новокостянтинівська, Олександрівська, Приморсько-Посадська, Степанівська Перша
Приморський район	Борисівська, Новоолексіївська, Орлівська, Преславська, м. Приморськ
Якимівський район	Атманайська, Давидівська, Охрімівська, смт Кирилівка
м. Бердянськ	м. Бердянськ
м. Мелітополь	м. Мелітополь
<i>Азовське узбережжя Донецької області</i>	
Новоазовський район	Безіменська, Виноградненська, Широкинська, смт Сідове, м. Новоазовськ
Першотравневий район	Іллічівська, Урзуфська, смт Ялта
м. Маріуполь	м. Маріуполь

3.3.10.7. Коефіцієнт, що характеризує функціональне використання земель сільськогосподарського призначення (Кф)²⁸:

Код КВЦПЗ		Земельна ділянка	Кф
Розділ	Підрозділ		
1	2	3	4
Секція А	Землі сільськогосподарського призначення		1,0
01	01.01	Для ведення товарного сільськогосподарського виробництва	
	01.02	Для ведення фермерського господарства	
	01.03	Для ведення особистого селянського господарства	

²⁸ Додаток 1 «Коефіцієнти, які характеризують функціональне використання земельної ділянки (Кф)» до Порядку нормативної грошової оцінки земель населених пунктів. Розділ II, п.5. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 25.11.2016 № 489.

Закінчення табл.

1	2	3	4
01	01.04	Для ведення підсобного сільського господарства	
	01.05	Для індивідуального садівництва	
	01.06	Для колективного садівництва	
	01.07	Для городництва	
	01.08	Для сінокошіння і випасання худоби	

3.3.11. Екологічна шкода, заподіяна землям сільськогосподарського призначення, спричинена факторами непрямої дії воєнних дій

Збитки від порушень ґрунтів, які мають екологічні наслідки. Порушення структури ґрунтів (штучного ущільнення) внаслідок проїзду важкої військової техніки, зокрема гусеничної

3.3.11.1. Кількість задіяної важкої військової техніки, зокрема гусеничної, її рух польовими дорогами та полями, особливо в умовах перезволоженості, активізували процеси ущільнення ґрунтів, які стають фатальними для ріллі та інших сільськогосподарських угідь, зменшуючи їхню продуктивну віддачу.

3.3.11.2. Доказовою базою порушення земель сільськогосподарського призначення є:

- порівняльні оцінювання фактичної щільності, визначеної в повоєнний час інструментальним способом (за допомогою пенетрометра) на глибині не менше 60 см з даними агрохімічного паспорту поля (земельної ділянки) або (за наявності) з фактичними даними замірів у довоєнний період;
- наявність шарів штучного ущільнення на різних глибинах;
- оцінювання наслідків від способу обробітку ґрунту, що застосовувався на відповідному масиві земель до початку бойових дій;
- техніка, яка використовувалась;
- оцінювання структури посівів;
- динаміка погодних умов, зокрема ступеня зволоження ґрунтів у період обробітку, посівної кампанії та збору врожаю.

3.3.11.3. Дані щодо фактичних вимірів та аналізу використання масиву земель (земельної ділянки) заносяться в протокол, який підписується групою фахівців, що провели означену роботу. Протокол є

офіційним документом, що надає доказову базу для розрахунку розміру шкоди від збільшення штучного ущільнення.

3.3.11.4. Розрахунок фактичного збитку здійснюється опосередковано, визначенням додаткових витрат на проведення робіт із відновлення ґрунтів у рекомендований для цього пошкодження (порушення структури ґрунту, збільшення твердості орного шару завдяки руйнуванню ґрунтових пор, брилування) спосіб.

3.3.11.5. Склад витрат на усунення порушень ґрунту внаслідок збільшення штучного ущільнення визначається способом (агроприйомом) усунення цих порушень, який залежить від ступеня вологості, а саме:

- застосуванням чизелювання як ґрунтозахисного способу обробітку ґрунту (глибокого розрихлювання на глибину 40–45 см без обертання пласта та формуванням мульчувального шару) за умови низької (середньої) вологості або оранки із використанням покривних культур з глибоким корінням задля руйнування шарів ущільнення ґрунту (після збирання врожаю або як міжрядна для основної культури);
- витратами на переобладнання техніки для роботи на ушкоджених ґрунтах;
- часом, що витрачається на обробіток землі та збір врожаю, який значно більший за наявності ущільнення;
- та витратами на землевпорядні роботи, що обмежують ущільнення до мінімально можливої площі.

3.3.11.6. Складники розрахунку витрат на усунення штучного ущільнення:

Складники алгоритму розрахунку	Позначення
Питомі операційні витрати за традиційного агроприйому обробітку масиву земель (земельної ділянки) та збору врожаю, грн/га	Ов
Питомі операційні витрати на усунення ущільнення земель, що враховують придбання чизельних знарядь, насіння покривних культур та збільшення прямих витрат, пов'язаних зі збільшенням витрат часу на польові роботи, грн/га	Ову
Площа масиву земель сільськогосподарського призначення, яка дістала погіршення структури	Пз
Витрати на землевпорядні роботи, пов'язані з проєктуванням та прокладанням знижених польових доріг для під'їзду збиральної та приймальної техніки, вартісна одиниця виміру	Взр

3.3.11.7. Розрахунок збитку від штучного ущільнення ґрунтів (Зугм) на конкретному масиві земель здійснюється за алгоритмом:

$$\text{Зугм} = (\text{Ову} - \text{Ов}) \cdot \text{Пз} + \text{Взр}.$$

3.3.11.8. Загальний збиток від штучного ущільнення сільськогосподарських земель (Зуз) на територіях активних бойових дій розраховуються підсумовуванням даних по окремих полях (земельних ділянках), які використовуються для вирощування сільськогосподарських культур у регіонах, які зараховано до зон бойових дій.

$$\text{Зуз} = \sum_{k=1}^n \text{Зугм},$$

де n – кількість врахованих ділянок, які зазнали ушкодження від проїзду важкої техніки.

3.3.12. Збитки від хімічного забруднення ґрунтів

Витік палива та паливно-мастильних матеріалів зі знищеної техніки та на місцях тимчасового базування

3.3.12.1. Активні бойові дії призвели до масштабного знешкодження обома сторонами важкої військової техніки як в ході бойових дій, так і в місцях її тимчасового базування, що призвело до масштабного забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами (ПММ), технічними речовинами та, в деяких випадках, тривалого вигорання родючого шару.

3.3.12.2. Ступінь безпосереднього впливу паливно-мастильних матеріалів (бензин, керосин, дизельне паливо, мастила) на ґрунти визначається їхнім хімічним складом, який є домінуючим фактором пошкодження продуктивних земель.

3.3.12.3. Характер забруднення ґрунтів внаслідок задіяння бойової техніки визначає алгоритм розрахунку, який відрізняється в залежності від типу ушкодження:

- повне згоряння одиниці бойової техніки, включаючи запас палива, що призводить до повного вигорання родючого шару ґрунту на всю глибину гумусового горизонту;
- часткове згоряння бойової техніки з витоком та поступовим просочуванням на певну глибину палива і мастильних компонентів

(багатокомпонентне забруднення). Не виключається вигорання родючого шару ґрунту.

3.3.12.4. Факти забруднення (вигорання) земель фіксуються уповноваженими особами та підтверджуються відповідними протоколами із зазначенням характеру ушкодження ґрунтів та даними вимірів для розрахунків збитків.

3.3.12.5. Визначення обсягу забруднення земельних ресурсів у кожному випадку є самостійним завданням через різноманітність характеристик ґрунтів, які зазнали забруднення.

3.3.12.6. Якщо за зовнішніми ознаками забруднення земельної ділянки не можна встановити площу забруднення (глибину просочування), застосовується інструментально-лабораторний контроль із залученням спеціалізованих організацій для встановлення вихідних даних для розрахунку збитку, який є на час проведення контрольних вимірювань єдиною можливим (оскільки залишкова маса ПММ невідома).²⁹

3.3.12.7. При встановленні рівня забруднення ґрунту значення похибок вимірювань не враховується.

3.3.12.8. Складники розрахунку витрат на ліквідацію забруднення сільськогосподарських земель паливно-мастильними матеріалами³⁰:

Складники алгоритму розрахунку	Позначення
1	2
Площа земельної ділянки, яка зазнала повного вигорання знищеної техніки та родючого шару ґрунту, м ²	Пв
Площа забрудненої земельної ділянки, м ²	Пз Пв та Пз можуть не збігатися за площею

²⁹ Зміни до Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення земельного законодавства. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів від 04.11.2020 р. № 241.

³⁰ Методика визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища від 7.10.1997 р. № 171 в редакції Наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища від 04.04.2007 р. № 149, Додаток 11.

Розділ 3. Методичні підходи до розрахунку репарацій за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям у результаті збройної агресії

Закінчення табл.

1	2
Нормативна грошова оцінка земельної ділянки, яка зазнала забруднення (проіндексована), грн/м ²	Нго
Загальні витрати на ліквідацію наслідків забруднення земельної ділянки за обраною технологією*, вартісна одиниця виміру	Влн
Коефіцієнт забруднення земельної ділянки, що характеризує кількість забруднювальної речовини в об'ємі забрудненої землі залежно від глибини просочування	Кз = 4Кгп**, де Кгп – поправковий коефіцієнт на глибину просочування забруднювальної речовини (визначається за додатком до розрахунку)
Коефіцієнт небезпечності забруднювальної речовини	Кн = 4 (визначається за додатком до розрахунку)
Коефіцієнт еколого-господарського значення земель, для сільськогосподарських земель дорівнює 1	Кегз=1

* Очищення землі від Пмм, швидше за все, не буде відбуватися, оскільки сучасні сорбенти мають високу вартість та утворюють пластикові відходи, які не розкладаються в природному середовищі. В такому разі слід очікувати збільшення вартості екосистемної послуги, яку надає конкретна земельна ділянка.

**Встановлення вмісту забруднювальної речовини за результатами інструментально-лабораторного контролю, Кз визначається за формулою : $K_z = K_p \cdot K_{gp}$, де K_p – коефіцієнт рівня забруднення, K_{gp} – поправковий коефіцієнт на глибину просочування забруднювальної речовини.

Рівень забруднення ґрунту встановлюється за величиною відношення вмісту (масової частки) забруднювальної речовини у ґрунті (Сзр) до гранично допустимої (орієнтовно допустимої) концентрації

речовини у ґрунті (Сгдж) (одк), тобто $K_p = \frac{C_{зр}}{C_{гдж} \text{ (одк)}}$.

Оскільки паливно-мастильні матеріали не можуть бути органічним складником ґрунтів, K_p доцільно прийняти на рівні його найвищого значення, тобто 4, що відповідає особливо сильному рівню забруднення.

Кінцеве значення Кз приймається з одним знаком після коми, без округлення до цілого.

3.3.12.9. Коефіцієнт небезпечності забруднювальної речовини прийнято рівним 4, оскільки нафтопродукти належать до 1 групи небезпечності, тобто є надзвичайно небезпечними. Дані щодо небезпечності видів палива та мастил у чинній методиці відсутні.³¹

3.3.12.10. Коефіцієнт еколого-господарського значення сільськогосподарських земель приймається рівним 1. Довідку про віднесення земельної ділянки, що зазнала забруднення, до категорій за цільовим призначенням надають територіальні органи Держгеокадастру.³²

3.3.12.11. Поправні коефіцієнти на глибину просочування забруднювальної речовини (К_{гп})³³:

За відбирання об'єднаної проби на всю глибину просочування	
Шар ґрунту, см	Поправковий коефіцієнт на глибину просочування, К _{гп}
0–20	1,0
0–40	1,7
0–60	2,2
0–80	2,5
>81	2,7

3.3.12.12. Розрахунок збитку від забруднення ПММ земельної ділянки сільськогосподарських призначення (Зз пмм) здійснюється за алгоритмом:

$$\text{Зз пмм} = (\text{Пв} + \text{Пз}) \cdot \text{Нго} \cdot \text{Кз} \cdot \text{Кн} \cdot \text{Кегз} + \text{Влн}.$$

3.3.12.13. Показник загального збитку від забруднення ПММ земель сільськогосподарського призначення в постраждалих від війни регіонах за своїм економічним змістом є адитивним (може розраховуватися підсумовуванням).

³¹ Додаток 1 до Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища від 7.10.1997 р. № 171.

³² Додаток 2 до Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства.

³³ Додаток 12 до Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства.

3.3.13. Збитки, завдані ґрунтам небезпечними викидами в атмосферу під час обстрілів

Закислення ґрунтів кислотними дощами від дії вибухових боеприпасів під час бойових дій, вибухів на військових об'єктах (арсеналах та сховищах боеприпасів), руйнування об'єктів критичної інфраструктури після ураження із реактивних систем залпового вогню (паливні склади, підприємства хімічної промисловості).

3.3.13.1. Руйнівна дія вибухів бойових комплектів, які застосовуються військовими підрозділами, ураження складів (сховищ) боеприпасів та складів продукції хімічної промисловості мають не тільки прямий, а й опосередкований вплив на земельні ресурси, оскільки викид небезпечних речовин в атмосферу в результаті потужних та чисельних вибухів та пожеж істотно збільшується, рівень забруднення зростає, утворюється пилогазова хмара, зворотна дія якої виявляє себе у вигляді опадів (кислотних дощів, снігу, граду, туману) та «сухого осадження» – пилу та газів. Оподи вважаються кислотними при рівні рН близько 5,2 і нижче (при нормі рН дощу – близько 5,6).

3.3.13.2. Характер аномальних кислотних опадів та осаджень, зокрема на землях, у тому числі сільськогосподарського призначення, залежить від складників вибухової речовини, яка внаслідок вибуху та при певних умовах його здійснення утворює небезпечні речовини, що погіршують кислотність ґрунтів, впливають на урожайність культур, знищують лісосмуги.

3.3.13.3. Існує ймовірність не врахування цього фактора в загальному обсязі збитку земельним ресурсам країни у разі неможливості визначити перебіг розпаду та зміни хімічних сполук, напрямок перенесення вітром хмар на великі відстані від регіонів України, де сталося забруднення, в транскордонні регіони. Але ризик пошкоджень від кислотних опадів в постраждалих від воєнних дій регіонах та тих, що поруч з ними залишається великим, оскільки не можна передбачити точне місце їхньої появи.

3.3.13.4. Відмінність взаємозв'язку забруднення приземного шару атмосфери неспецифічними вибуховими, механічними, тепловими і токсичними продуктами з погіршенням екосистемних функцій земель полягає у необхідності:

- визначення обсягів викидів як фактора стимуляції, здатного утворити надзвичайну техногенну ситуацію в атмосферному повітрі, яка має неминучу зворотну відповідь;
- врахування як миттєвих наслідків (втрата урожаю, пошкодження об'єктів екологічної інфраструктури, в цьому разі – лісосмуг та біорізноманіття), так і потенційних (відновлення ґрунтів та біорізноманіття до первинного стану). Токсичні сполуки здатні зберігатися у ґрунті впродовж 5–15 років та переноситися з вітром на великі відстані.

3.3.13.5. Ідентифікація продуктів вибухів залежно від видів вибухової зброї, яка застосовувалась на території України за такими категоріями (проводиться фахівцями):

№ з/п	Вид вибухової зброї за категоріями	Орієнтовна кількість, од.	Загальна орієнтовна маса, (Зм)т	Маса		Вміст вибухової речовини Вп, %
				одиниці вибухового пристрою, в одиницях ваги	вибухової речовини, в одиницях ваги	
Категорія 1	X1					
	X2					
					
	Xn					
Категорія 2	X1					
	X2					
					
	Xn					
Категорія n	X1					
	X2					
					
	Xn					
Разом						

3.3.13.6. Маса використаної вибухової речовини (Мп) розраховується або за категоріями використаної вибухової зброї та усередненого відсотка пороху, або узагальнено за всіма категоріями разом, тобто:

$$M_p (\text{одиниці ваги}) = Z_m (\text{одиниці ваги}) \cdot V_p (\text{у частках одиниці})$$

3.3.13.7. Умовно приймають, що під час вибуху (горінні) 1 кг вибухових речовин утворюється близько 1 м³ газів, що містять забруднювальні токсичні речовини. Наймовірнішими викидами від вибухів та пожеж, які їх супроводжують, є: оксиди азоту, аміаку, метану, діоксид сірки, окиси та хлориди металів, пил, сажа та інші сполуки з різними ступенями впливу на довкілля. Враховуючи, що для речовин, за якими відсутні значення величини ГДК і ОБРВ (орієнтовно безпечний рівень впливу *i*-тої забруднювальної речовини, мг/м³), показник відносної небезпечності приймається рівним 500³⁴, що може використовуватись і при залпових викидах. Отже, 1 м³ газів прирівнюється за небезпечністю токсичних речовин до 500Мп м³.

За наведеним алгоритмом можна розрахувати масу кількісно-якісних викидів небезпечних сполук у приземний атмосферний шар від використання вибухових боєприпасів.

3.3.13.8. Отримані підсумкові дані порівняно з традиційним рівнем забруднення у довоєнний час стануть підґрунтям для висновку щодо вірогідності аномальних опадів.

3.3.13.9. Заключним етапом підтвердження правомочності розрахунку збитку від закислення ґрунтів є фактичні дані вимірювання рН ґрунту порівняно з аналогічним показником агрохімічного паспорта ділянки та характерний вигляд посівів, які постраждали від аномальних опадів. Значення рН більшості ґрунтів коливаються від 5 до 8,5, однак слабокислі умови, як правило, є найбільш продуктивними (рН 6,4–6,9).

3.3.13.10. Складники розрахунку збитку від закислення ґрунтів внаслідок використання вибухових боєприпасів:

Складники алгоритму розрахунку	Позначення
1	2
Площа земельної ділянки, яка потрапила в зону аномальних опадів, га	Пзд

³⁴ Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Затверджено Наказом Міністерства енергетики та захисту довкілля України 28.04.2020 р. № 277. Розділ 4, п. 4.2.

Закінчення табл.

1	2
Нормативна грошова оцінка земельної ділянки, яка зазнала закислення (проіндексована), грн/м ²	Нго
Коефіцієнт середньорічної дохідності від використання земель за цільовим призначенням	Ксрд Розраховується як відношення фактичного (очікуваного) доходу з земельної ділянки, яка зазнала ураження від впливу аномальних опадів, до нормативу середньорічної дохідності, представленого в таблиці (п.10.5 Методики)
Коефіцієнт, що характеризує збільшення рівня закислення ґрунтів	Кзг Розраховується як відношення рівня рН за агрохімічним паспортом земельної ділянки до фактичних даних заміру рН. Умовно приймаємо, що збільшення закислення ґрунту на $n\%$ зменшує на той самий відсоток середньорічну дохідність та збільшує розмір компенсації за її втрату
Коефіцієнт, що характеризує функціональне використання земельної ділянки	Кф Встановлюється на підставі Класифікації видів цільового призначення земель, затвердженої наказом Державного комітету України із земельних ресурсів від 23.07.2010 р. № 548. Для сільськогосподарських земель дорівнює 1 (п.10.6)
Дисконтована величина витрат на відновлення екосистемних послуг, які надає земельна ділянка (мінімальний термін відновлення 5 років)	ДВвеп Визначити сумарні дисконтовані витрати за роками відновлення земельної ділянки як добуток щорічних витрат і дисконтного множника. Дисконтний множник визначають за формулою: $\frac{1}{(1+r)^t}$, де r – норма дисконту (ставка дисконту – 8–12 %); ступень t – певний період часу, рік

3.3.13.11. Збиток від закислення ґрунтів (Ззг) земельної ділянки внаслідок використання вибухових боєприпасів розраховується за алгоритмом:

$$\text{Ззг} = \text{Пзд} \cdot \text{Нго} \cdot \text{Ксрд} \cdot \text{Кзг} \cdot \text{Кф} + \text{ДВвеп}.$$

3.3.13.12. Загальний збиток від дії фактора закислення ґрунтів розраховується підсумовуванням збитку по окремих ділянках у межах конкретних регіонів і в країні загалом.

3.3.14. Збитки, завдані об'єктам екологічної інфраструктури (несільськогосподарські угіддя)

Вирубування лісозахисних смуг з метою будівництва укріплень та траншей

3.3.14.1. Полезахисні лісові смуги належать до земель сільськогосподарського призначення, що мають статус несільськогосподарських угідь (До земель лісогосподарського призначення не належать землі, на яких розташовані полезахисні лісові смуги).³⁵

3.3.14.2. Земельні ділянки, на яких розташовані полезахисні лісові смуги, перебувають в постійному користуванні спеціалізованих підприємств комунальної і державної форми власності та в оренді юридичних або фізичних осіб.³⁶

3.3.14.3. Полезахисні лісові смуги включаються до складу земельної ділянки і передаються разом в оренду землекористувачу.

3.3.14.4. Втрата лісозахисних смуг та знищення мінералізованих смуг (штучно створених протипожежних бар'єрів) вважається матеріальним збитком землевласнику (землекористувачу), на яких покладено обов'язок утримання та збереження таких смуг і забезпечення виконання ними функцій агролісотехнічної меліорації.^{37,38}

3.3.14.5. Збиток, нанесений лісосмугам внаслідок воєнних дій, пов'язаний із їхнім вирубуванням з подальшим використанням для будівництва фортифікаційних споруд та знищенням від використання вибухових боєприпасів, що провокує ерозійні процеси.

3.3.14.6. Збір доказової бази та підготовка відповідних актів покладаються на комісію фахівців, яка утворюється органом місцевого

³⁵ Розділ 1, ст. 5 Лісового кодексу України № 3852-ХІІ. Редакція від 01.01.2022.

³⁶ Стаття 37, п. 7 Земельного кодексу України № 2768-ІІІ в редакції від 01.01.2022.

³⁷ Стаття 15 Закону України «Про оренду землі». У редакції від 17.02.2000 р. № 1458-ІІІ.

³⁸ Правила утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення. Постанова КМ України від 22.07.2020 р. № 650.

самоврядування або територіальним органом Держгеокадастру, до повноважень якого належить передача у власність або користування земельних ділянок під полезахисними лісовими смугами.

3.3.14.7. На підставі матеріалів лісовпорядкування та обстежень комісією з метою визначення необхідності проведення невідкладних заходів з поліпшення стану полезахисних лісових смуг, ліквідації наслідків воєнних дій у пошкоджених та зріджених або вимираючих насадженнях, які втратили свої захисні функції, визначаються обсяги робіт з утримання та збереження полезахисних лісових смуг та їхня вартість.

3.3.14.8. У разі порушення родючого шару земельної ділянки внаслідок вибухів збиток, розрахований за алгоритмом (п. 6.17), додається до розрахункової величини збитку від порушення лісозахисних смуг.

3.3.14.9. Складники розрахунку збитку від знищення лісозахисних смуг:

Складники алгоритму розрахунку	Позначення
1	2
Площа захисної лісосмуги, га	Пзл
Середня щорічна зміна запасу на 1 га, м ³	Зз
Площа, на якій припинена зміна запасу, %	Ппз (у частках одиниці)
Площа захисної лісосмуги, що потребує відновлення	Пвл
Площа знищення мінералізованої смуги (протипожежного бар'єру)	Пзмс
Середня ціна деревини, грн/м ³	Цд
Питомі витрати на утримання полезахисних лісових смуг, які включають комплекс лісівничих та агротехнічних заходів, спрямованих на поліпшення стану або складу насаджень та підтримки конструкцій залежно від переважаючої породи та її віку (здійснюється раз на 3 роки), грн/га (Правила утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення. Постанова КМ України від 22.07. 2020 р. № 650, п. 12–15)	Пвул Для окремого масиву земель доцільно розраховувати норматив витрат на одиницю площі полезахисної лісової смуги. Ширина полезахисної лісової смуги у віці до 30 років визначається як сума ширини міжрядь та двох її закрайків, а старшого віку – за проєкціями крон узлісних дерев (залежно від виду ширина коливається від 7,5 до 21 м)

Розділ 3. Методичні підходи до розрахунку репарацій за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям у результаті збройної агресії

Закінчення табл.

1	2
Питомі витрати на охорону та захист насаджень у ліосмугах (захист від пожеж, пошкоджень, шкідників та хвороб, охорона від незаконних рубок та інші витрати), грн/га (Правила утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення. Постанова КМ України від 22.07. 2020 р. № 650, п. 11)	Пвоз Для окремого масиву земель доцільно розраховувати норматив витрат на одиницю площі полезахисної лісової смуги
Питомі витрати на відновлення полезахисних лісових смуг (садіння сіянців, саджанців або висівання насіння деревних порід та чагарників, а також природного поновлення на місці загиблих насаджень після їхнього вирубування), грн/га (Правила відтворення лісів. Постанова КМ України від 1.03.2007 № 303)	Пввл Питомі витрати на одиницю площі залежать від способу і схеми змішування, що відповідають місцевим ґрунтово-кліматичним та іншим умовам
Площа мінералізованої смуги, яка потребує відновлення, га	Пмс
Питомі витрати на організацію мінералізованої смуги, що оточують масив земель, грн/га	Пвмс

3.3.14.10. Розрахунок збитку від вирубування лісозахисних смуг (Зв) на земельному масиві розраховується за алгоритмом:

$$\text{Пзл} \cdot \text{Зз} \cdot \text{Ппз} \cdot \text{Цд} + \text{Вззл} \cdot \text{Пвоз} + \text{Пвл} \cdot \text{Пввл} + \text{Пмс} \cdot \text{Пвмс}$$

3.3.14.11. Загальний збиток від знищення лісозахисних смуг може бути розрахований по будь-якій адміністративно-територіальній одиниці, де був виявлений факт їхнього знищення.

3.3.15. Збитки, завдані екосистемним активам (земельні ресурси)

Компенсація втрачених екосистемних послуг природних ресурсів за час відновлення їх до первинного стану (вартість екосистемних послуг)

3.3.15.1. Екосистемні послуги земельних активів (постачання продовольства) можуть бути оцінені в річному грошовому еквіваленті.

3.3.15.2. Постачання продовольства включає: рослинні продукти та сировину, тваринні продукти та сировину, продукти бджільництва,

природні корми рослинного походження, нагульні площі. Послуга постачання є лише частиною загальної вартості екосистемних послуг земельних активів. Інший складник – це послуги ґрунтоутворення, симбіотичні послуги в землеробстві та інші, які оцінити складніше.

3.3.15.3. Оцінювання у грошовому еквіваленті екосистемних послуг слугує для визначення масштабу збитку внаслідок втрати екосистемних активів.

3.3.15.4. Оцінюванню для цілей цієї методики підлягають виключно матеріальні екосистемні послуги від земельних активів, тобто ті, які можна розрахувати.

3.3.15.5. Оцінити послугу можна через можливі втрати й збитки від її недоотримання, які становитимуть розмір компенсації від втрати екосистемних функцій.

3.3.15.6. Розмір доходу від споживання постачальних екосистемних послуг (Веп) формує нормативну грошову оцінку землі сільськогосподарського призначення та її ринкову ціну (Рц), яка значно вища і може бути використана для оцінювання компенсації втрачених послуг земельного активу, який потребує незначного періоду відновлення до первинного стану.

3.3.15.7. У випадку довготривалого відновлення земельних активів доцільно визначити загальну (сумарну) дисконтовану вартість недоотриманих екосистемних послуг з постачання (Д) за ймовірний строк повернення активу до первинного стану.

3.3.15.8. Строк орієнтовного відновлення сільськогосподарських земель, які зазнали пошкоджень від того чи іншого фактора впливу, зумовленого воєнними діями, визначається фахівцями залежно від ступеня пошкоджень.

3.3.15.9. Для розрахунку Веп залежно від обраного варіанта застосовуються алгоритми:

1) $Веп = Пзд (га) \cdot Рц (грн/га)$, де Пзд – площа земельної ділянки; Рц – ринкова ціна за одиницю площі земельної ділянки;

2) $Веп = \sum_{t=1}^T Д \cdot Кд$, де T – кількість років на відновлення земельної ділянки до первинного стану (визначається експертним методом); Кд – коефіцієнт дисконтування.

3.3.15.10. Розмір компенсації за порушення екосистемних послуг (Клеп) земельного виробничого активу розраховується як добуток вартості екосистемних послуг земельного активу (Веп) на відсоток (у частках одиниці) загального фонду земель (Зф), які втратили можливість продукувати екосистемні послуги внаслідок воєнних дій (отримувати вигоду від господарського використання земель), тобто:

$$\begin{aligned} & \text{Клеп (вартісний показник)} = \\ & = \text{Веп (вартісний показник)} \cdot \text{Зф (\%, у частках одиниці)}. \end{aligned}$$

3.3.15.11. Розмір компенсацій за наведеним показником розраховується за будь-якою адміністративно-територіальною одиницею, ранжування яких за означеним критерієм оцінювання визначає ступінь порушення сільськогосподарських земель.

3.3.16. Витрати на оцінювання збитку

3.3.16.1. Робота з оцінювання збитку, завданого економіці України, включає витрати на її організацію.

3.3.16.2. Витрати на оцінювання збитку мають бути відшкодовані.

3.3.16.3. За структурою організаційні витрати на оцінювання збитку включають:

- витрати на оцінювання поставарійних станів елементів інфраструктури та майна;
- оплата підготовки й роботи залучених фахівців;
- придбання приладів та обладнання для збору доказової бази щодо шкоди, нанесеної сільськогосподарським землям венними діями;
- організація системи моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення для спостереження, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізування інформації про динаміку відновлення показників якісного стану ґрунтів та їхньої родючості;
- інші організаційні витрати, що виникають у процесі визначення збитку за окремими його складниками.

3.3.16.4. Витрати на оцінювання збитку враховуються як додаткові в алгоритмах розрахунку кінцевих сум відшкодування збитків за означеними критеріями.

3.4. Обговорення результатів

Представлена робота пройшла попереднє обговорення з відповідальними особами міністерств, які були задіяні в розробці методичного забезпечення розрахунку збитків землям сільськогосподарського призначення, а також зарубіжними експертами, які залучені для оцінювання прийнятих методик. Нижче викладені основні положення цих обговорень.

Методик, які пов'язують будь-які збитки з воєнними діями, немає. Тому оцінювання типів збитків, яким не можна було запобігти, започаткує розуміння їхнього масштабу та розміру компенсацій для відновлення в Україні такого природного активу як сільськогосподарські землі.

Водночас реалізація цієї мети має враховувати практику роботи Міжнародного кримінального суду (МКС), який керується вибіркоким, тобто досить жорстким (виборчим) підходом до розгляду випадків відшкодування збитків. Як відомо, в основі роботи МКС лежить принцип конкретного (реального) відшкодування збитків (заміни втраченого), без урахування втрат, для відновлення яких потрібні десятиліття.

Зважаючи на цю особливість, зроблено спробу визначення реальних видів збитків, заподіяних сільськогосподарським землям, що перебувають на території активних бойових дій, та зумовлених особливостями ведення бою і застосовуваних видів озброєння, що й визначило відповідні підходи до розрахунку збитків у вартісному еквіваленті. У нашому розумінні до збитків були зараховані збитки, втрата майна, недоотримана вигода, витрати на проведення оцінювальних робіт.

Пропонований методичний інструментарій представляє, власне, національний підхід до розрахунку репарацій. Такий підхід може бути запропонований Україною як керівництво щодо розрахунків розмірів компенсацій. Спосіб виплати репарацій у Методиці не розглядався. Враховуючи, що саме поняття «репарація» в міжнародному праві передбачає повне або часткове відшкодування матеріальних збитків, завданих воєнними діями (у цьому випадку сільськогосподарським землям), припускаємо, що з різних причин доказова база може не відповідати вимогам МКС. Тобто відшкодування буде

не повним, що дасть змогу оцінити частку покриття національних втрат продуктивного земельного фонду України, яка є одним із провідних гравців світового продовольчого ринку.

Отже, запропонована Методика не суперечить принципам та підходам NRDA/ELD (Natural Resource Damage Assessment/Environmental Liability Directive). Підхід, що використовується в методиці, також прирівнює розмір шкоди, заподіяної земельним ресурсам, вартості їхнього відновлення до стану на момент початку воєнних дій. Для нашої країни головна проблема – це визнання внаслідок судових розслідувань розміру збитків, максимально наближених до реальності. Реальні втрати у методиці максимально враховані та відповідають обсягам необхідних відновлювальних робіт. Питання, швидше, у тому, чи нічого автором не втрачено з погляду оцінювання тих чи інших чинників негативного впливу землі чи їх можливого синергізму на стан і якість ґрунтів.

На зауваження щодо достатності обсягу відновлювальних робіт відповісти однозначно «так» чи «ні» складно, насамперед через проблему прийняття доказової бази як основи розрахунку компенсаційних платежів, наданої українською стороною. Це особливо важливо, оскільки Методика пропонує алгоритми розрахунку вартості відновлення сільськогосподарських земель, а ось якою буде реальна сума грошового відшкодування (репарацій) – поки не зрозуміло.

Відповіддю на питання щодо достатності обсягу відновлювальних робіт буде розуміння українською стороною того, яким способом та в якому обсязі компенсаційні кошти можуть бути отримані Україною. Це питання, як відомо, не належить до сфери компетенції МКС.

При цьому збір доказової бази має бути єдиним і чітко регламентованим як у процедурі, так і в часі. Саме так можна врахувати зміни стану земель, що відбулися між часом заподіяння збитків та часом збору доказової бази.

Щодо необхідності використання дисконтування у розрахунках, то ми погоджуємося з таким підходом до розрахунків, але виключно у разі довготривалого відновлення земельних активів. Саме такий підхід пропонується в цій методиці. Безумовно, для підвищення коректності розрахунків потрібно визначити критерії вибору тривалості розрахункового періоду і, найголовніше, розміру ставки дискон-

тування. У разі необґрунтованого завищення ставки дисконтування зіставити збитки із витратами коштів на відновлення буде справді неможливо. І з цим висновком авторка згодна.

Щодо питання, як будуть використовуватись репарації для здійснення компенсацій, зазначимо, що головним для України залишається питання можливості отримання коштів на відшкодування збитків та термінів їхнього отримання. Як відомо, це тривалий процес. Роботи з відновлення земель уже розпочинаються. Питання цільового використання отриманих фінансових ресурсів у вигляді репарацій вирішуватиметься відповідно до масштабності завдань щодо відновлення продуктивних земель на момент надходження цих коштів в Україну.

Тепер зазначимо щодо алгоритмів, наведених у «Методиці визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану», що затверджена Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України 04 квітня 2022 року № 167 та Міністерства юстиції України 11 квітня 2022 р. № 406/37742. У розробці будь-якого методичного інструментарію завжди спираються на чинну законодавчу базу. Відповідно до Методики нормативної грошової оцінки земельних ділянок, нормативна грошова оцінка земель сільськогосподарського призначення визначається відповідно до нормативу капіталізованого рентного доходу на землях сільськогосподарського призначення природно-сільськогосподарських районів (Постанова Кабінету Міністрів України від 03.11.2021 № 1147). Саме до цього показника прив'язані податки, орендна плата та ціна землі. Періодично він індексується. Крім нормативної оцінки, є ще ринкова та експертна, які можуть бути вищими або істотно вищими за нормативну оцінку. Безумовно, визначення нормативної оцінки має свої особливості і залежить від групи ґрунтів, їхньої родючості та економічного оцінювання (цінності землі як засобу виробництва).

Ураховуючи, що сільськогосподарські землі були схильні до синергетичної дії факторів забруднення, ущільнення, засмічення, досить важко визначити витрати на ліквідацію за кожним із факторів впливу. У цьому разі можна орієнтуватися на нормативну оцінку як капіталізований рентний дохід або суми очікуваних доходів.

У нашому випадку це сума втраченого прибутку. Безумовно, такі оцінні показники можуть бути меншими за справжні витрати на рекультивуацію. Але в умовах неможливості поділу дії факторів деградації ґрунтів унаслідок воєнних дій, такий підхід може бути використаний. У цій методиці використано показник нормативної грошової оцінки, скоригований на відповідні коефіцієнти (п. 12.8), а також враховано сумарні витрати на ліквідацію наслідків від негативного впливу на ґрунти, зокрема пов'язані з організацією оцінювання збитків, перелічені вони у п.16 методики.

Що стосується формули $RШ = A \cdot ГОЗ \cdot ПД \cdot КН \cdot К + Вр$ у Методиці, що затверджена Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України 04 квітня 2022 року № 167, то ця формула запозичена авторами з «Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням та засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства (Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища 27.10.1997 № 171 (у редакції наказу Мінприроди 09) Міністерства юстиції України 25 квітня 2007 р. № 422/13689. Зауважимо, що цей алгоритм викликає питання. По суті, алгоритм є сумою капіталізованого рентного доходу з ділянки землі та вартості його рекультивуації. Проте є питання до цієї формули. Зокрема до коефіцієнта А, який розраховувався щодо забруднення земель хімічними речовинами, їхнього засмічення промисловими, побутовими та іншими відходами. А це зовсім не ті речовини, які можна порівняти з дією речовин, що використовуються в сучасній зброї. Крім того, є питання до правомірності добутку показників $A \cdot ГОЗ \cdot ПД$, оскільки А та ГОЗ вартісні показники.

На завершення зазначимо, що різні підходи до розрахунку репарацій дадуть можливість вибрати оптимальний варіант методики, який має бути максимально доступним для розуміння тих, хто збиратиме і формуватиме доказову базу.

3.5. Висновок

Обґрунтовано методичні підходи до розрахунку репарацій за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям у результаті збройної агресії російської федерації. Представлено методичні

підходи до визначення збитків, завданих землям сільськогосподарського призначення, які зазнали пошкоджень, а землевласники та землекористувачі масштабних збитків внаслідок воєнних дій з боку російської федерації. Представлено порядок визначення шкоди, завданої землям (грунтам) сільськогосподарського призначення, та проведено ідентифікацію видів ушкодження, які підлягають економіко-екологічному оцінюванню. Алгоритмізація розрахунків відповідає чинній нормативно-правовій базі. Методика дає можливість за результатами визначення збитку провести зонування та ранжування в реаліях воєнного та повоєнного стану земель сільськогосподарського призначення за будь-яким розглянутим фактором впливу, негативну дію якого можливо розрахувати, що може стати основою для судового позову щодо відшкодування збитків від псування та знищення продуктивних земель в Україні.

Перелік використаних джерел

1. *Додатковий* протокол до Женевських конвенцій від 12 серпня 1949 року, що стосується захисту жертв міжнародних збройних конфліктів (Протокол I), від 8 червня 1977 року.
URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_199#Text
2. *Rio declaration on environment and development*. Adopted by the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro. UN, 13 June 1992. URL: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_CONF.151_26_Vol.I_Declaration.pdf
3. *Земельний кодекс України*. Редакція від 26.05.2022.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
4. *Лісовий кодекс України*. Редакція від 01.01.2022.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text>
5. *Цивільний кодекс України*. Редакція від 07.05.2022.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15#Text>
6. *Господарський кодекс України*. Редакція від 27.05.2022.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/436-15#Text>
7. *Про охорону навколишнього природного середовища*. Закон України від 25.06.91 № 1264-ХІІ. Редакція від 01.01.2022.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

8. *Про відходи*. Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР. Редакція від 16.10.2020.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80#Text>
9. *Методика* нормативної грошової оцінки земельних ділянок. Затверджено Постановою КМ України від 3.11. 2021 р. № 1147.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1147-2021-%D0%BF#Text>
10. *Якість ґрунту*. Відбирання проб. ДСТУ ISO 10381-1:2004. Ч. 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб (ISO 10381-1:2002, ІОТ) Київ. Держспоживстандарт України, 2006. 36с.
URL: <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1d647b29d-412481ea8f8553b0302fb4d.pdf>
11. *Якість ґрунту*. Землі техногенно забруднені. Обстеження та використання. ДСТУ 7243:2011 Технічний комітет стандартизації «Ґрунтознавство» (ТК 142). Прийнято 10.02.2011.
URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/pricing/3_3/komiitety_ta_komiisi_610/tekhniichniyi_komiite_61260.html
12. *Про землеустрій*. Закон України № 858-IV. Редакція від 26.05.2022.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>
13. *Правила* утримання та збереження позахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення. Затверджено Постановою КМ України від 22.07. 2020 р. № 650.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/650-2020-%D0%BF#Text>
14. *Оцінка* нерухомого майна. Національний стандарт № 2. Затверджено Постановою КМ України від 28.10.2004 р. №1442.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1442-2004-%D0%BF#Text>
15. *Порядок* ведення агрохімічного паспорта поля, земельної ділянки. Затверджено Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 11.10.2011 № 536.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1517-11#Text>
16. *Про затвердження* Порядку організації та застосування авіаційних сил та засобів для гасіння лісових пожеж. Затверджено Наказом Міністерства внутрішніх справ України від 13.04.2017 № 311.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0595-17#Text>
17. *United Nations, European Commission, World Bank & Organisation for Economic Co-operation and Development*. 2013. System of Environmental-Economic Accounting 2012 Experimental Ecosystem Accounting. White cover publication). Система екологоекономічного обліку 2012.
URL: https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/seea_eea_final_en_1.pdf

18. *System of Environmental-Economic Accounting 2012 – Experimental Ecosystem Accounting / United Nations, European Union, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Organisation for Economic Cooperation and Development, World Bank Group.* New York, 2014. 177 p. URL: https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/eea_final_en.pdf
19. *Environmental-Economic Accounting.* Version of 30 April 2019. J. Wang, F. Souldard, M. Henry, M. Grenier, S. Schenau, D. Barton, R. Harris, J.Y.han, D. Keith, , C. Obst. United Nations Statistics Division. 2019. 36 p. URL: https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/seea_eea_revision_wg1_discussion_paper_1.2_urban_areas_0.pdf
20. *Порядок* визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Постанова КМ України від 20 березня 2022 р. № 326. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2022-%D0%BF#Text>
21. *Конвенція* про цивільну відповідальність за шкоду, заподіяну діяльністю, небезпечною для навколишнього середовища від 21.06.1993 р. (Лугано, Швейцарія).
22. *Про державний контроль за використанням та охороною земель».* Закон України від 19.06.2003 № 963-IV. Редакція від 27.05.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-15#Text>
23. *Положення* про Державну екологічну інспекцію України. Затверджено Постановою КМ України від 19.04.2017 р. № 275. Редакція від 01.01.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/275-2017-%D0%BF#Text>
24. *Зміни до Методики* визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення земельного законодавства. Затверджено Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України 04.11.2020 р. № 241. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1293-20#Text>
25. *Методика* визначення розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельних ділянок, використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, псування земель, порушення режиму, нормативів і правил їх використання. Затверджено Постановою КМ України від 25.07.2007 р. № 963 із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ України від 16.02.2022 № 131. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-2007-%D0%BF#Text>
26. *Зміни*, що вносяться до Методики визначення розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельних ділянок, використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, зняття ґрун-

- тового покритву (родючого шару ґрунту) без спеціального дозволу. Затверджено Постановою КМ України від 9.09.2020 р. № 800.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/800-2020-%D0%BF#Text>
27. *Керівництво* з управління операціями з розмінування. МСПМД (IMAS) 07.10. Перше видання 01 жовтня 2001 р. Поправка 6, червень 2013 р. Служба ООН з питань протимінної діяльності (UNMAS, ЮНМАС) 380 Madison Avenue, M11023 New York, NY 10017 USA.
URL: https://www.mil.gov.ua/content/standarts/IMAS%2007.10_ua.pdf
28. *Сборник* руководств ОБСЕ по лучшей практике в области обычных боеприпасов. Организация по безопасности и сотрудничеству в Европе. Руководство подготовлено правительством Швеции. FSC. DEL/56/08/Ред.2 июня 2008. 194 с.
URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/5/6/33375.pdf>
29. *Методика* визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства. Затверджено Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища від 7.10.1997 № 171 (в редакції Наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища від 04.04.2007р. № 149).
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98#Text>
30. *Податковий* кодекс України. Редакції Закону від 30.11.2021. № 1914-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text>
31. *Порядок* визначення та відшкодування збитків власникам землі та землекористувачам. Затверджено Постановою КМ України № 284 від 19.04.1993р. В редакції від 19.06.2019 р. № 522.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/284-93-%D0%BF#Text>
32. *Положення* про інвентаризацію активів та зобов'язань. Затверджено Наказом Міністерства фінансів України від 02.09.2014 р. № 879.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1365-14#Text>
33. *Зміни*, що вносяться до постанов КМ України від 20.03.2022 р. № 326 і від 26.03.2022 р. № 380. Затверджено Постановою КМ України від 29.04.2022 р. № 505.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/505-2022-%D0%BF#Text>
34. *Загальні* засади оцінки майна і майнових прав. Національний стандарт № 1. Затверджено Постановою КМ України від 10.09.2003 р. № 1440. В редакції від 31.03.2015.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1440-2003-%D0%BF#Text>
35. *Оцінка* нерухомого майна. Національний стандарт № 2. Затверджено Постановою КМ України від 28.10.2004 р. № 1442.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1442-2004-%D0%BF#Text>

36. *Методика* оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. Затверджено Постановою КМ України від 15.02.2002 р. № 175.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/175-2002-%D0%BF#Text>
37. *Порядок* подання інформаційного повідомлення про пошкоджене та знищене нерухоме майно внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених військовою агресією російської федерації. Затверджено Постановою КМ України від 26.03.2022 р. № 380 (в редакції постанови КМ України від 29.04.2022 р. № 505).
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/505-2022-%D0%BF#Text>
38. *Зміни*, що вносяться до деяких постанов КМ України з питань оцінки майна. Затверджено Постановою КМ України від 7.12.2011 № 1253. Із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ України від 27.12.2018 № 1168.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1253-2011-%D0%BF#Text>
39. *Порядок* нормативної грошової оцінки земель населених пунктів. Затверджено Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 25.11.2016 № 489.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1647-16#Text>
40. *Методика* розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Затверджено Наказом Міністерства енергетики та захисту довкілля України 28.04. 2020 р. № 277.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0414-20#Text>
41. *Про оренду* землі. Закон України у редакції від 17.02.2000. № 1458-III.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/161-14#Text>
42. *Правила* утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення. Постанова КМ України від 22.07.2020 р. № 650.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/650-2020-%D0%BF#Text>.
43. *Правила* розроблення робочих проектів землеустрою. Затверджено Постановою КМ України від 02.02.2022 № 86.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/86-2022-%D0%BF#Text>

Відновлення і використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів: концептуальні положення та нові методи контролю за деградацією

В. Л. Самохвалова

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»,
м. Харків, Україна

E-mail: v.samokhvalova.com@gmail.com

Анотація. Мета та завдання розділу: розробити концептуальні положення щодо відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок з урахуванням особливостей їхнього моніторингу за воєнно-техногенних впливів. Апробувати нові патентнозахищені методи контролю за деградацією та ремедіацією чорноземних ґрунтів за нових умов комплексного впливу хімічного забруднення і мілітарного фактора на систему ґрунт–рослина. Використовувані методи: універсальні загальнонаукові методи; методи польових досліджень; чинні атестовані та стандартизовані в Україні хіміко-аналітичні методи встановлення характеристик властивостей ґрунтів і якості тест-рослин; розрахунково-аналітичний і порівняльний методи. Досліджені об'єкти: метод поліпшення екологічного стану системи ґрунт–рослина із використанням нового хелатно-гуматного препарату *Смарагд*; метод активізації біологічного потенціалу ґрунту за біоремедіації забрудненої ВМ системи ґрунт – мікроорганізми ґрунту – рослина; чорноземи звичайні земельних ділянок у складі фонових територій, агроценозів територій константного та періодичного впливу хімічного забруднення зон впливу атмотехногенних емісій ТОВ «ДТЕК Курахівська ТЕС»; окремі порушені земельні ділянки Донецької області, що зазнали мілітарного впливу внаслідок російських бойових дій; тест-культури – *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum* L. У результаті дослідження розроблено концептуальні підходи щодо відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок з урахуванням особливостей їхнього моніторингу за воєнно-техногенних впливів. Апробовано нові патентнозахищені методи контролю за деградацією та ремедіацією чорноземних ґрунтів за нових умов комплексного впливу хімічного забруднення і мілітарного

фактора на систему ґрунт–рослина. Встановлено переваги використання розроблених методів. Рекомендовано впровадження апробованих методів хімічної та біологічної ремедіації хімічно забруднених чорноземних ґрунтів для господарств різних форм власності Донецької області, що спеціалізуються на вирощуванні зернових культур на територіях із комплексною негативною дією мілітарного фактора та хімічного забруднення. Визначено перспективи досліджень з питань відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів у контексті концепту сталості ремедіації забруднених ґрунтів для контролю за деградацією ґрунтів і на базі аналізування сучасних концептів управління та стратегій відновлення, та їхніх складників – ефективних методів і технологій ремедіації забруднених ґрунтів країн ЄС та світу.

Ключові слова: чорноземні ґрунти, хімічне забруднення, воєнно-техногенні впливи, відновлення та використання, концептуальні положення, методи контролю за деградацією.

4.1. Вступ

За посилення воєнно-техногенних впливів на ґрунтовий покрив України внаслідок російських бойових дій значно актуалізувався спектр проблемних питань щодо необхідності наукового обґрунтування напрямів відновлення і повернення їх у господарський обіг; щодо розроблення нових методів ремедіації техногенно забруднених ґрунтів та їхньої екологічної реабілітації у зонах впливу промислових об'єктів; щодо скорочення площ ґрунтів хімічно забруднених неорганічними та органічними контамінантами.

Апробація розроблених методів і заходів із відновлення та екологічної реабілітації ґрунтів значно актуалізувалась за умов комплексного впливу на ґрунти мілітарного фактора фізичної, хімічної та біологічної їхньої деградації внаслідок російських бойових дій в Україні.

Актуальним питанням сьогодення в Україні є розвиток належної системи моніторингу забруднення ґрунтів та розроблення національної стратегії використання моніторингу забруднення ґрунтів.

Моніторинг забруднення ґрунтів у світі є базовим питанням у стратегії використання ґрунтових ресурсів з метою забезпечення виконання ґрунтами екологічних функцій, якості надання ґрунтами широкого спектра послуг і товарів, збереження біорізноманіття [1–4].

З огляду на наведене вище метою наших досліджень є:

- розроблення концептуальних положень щодо відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок з урахуванням особливостей їхнього моніторингу за воєнно-техногенних впливів;
- апробація нових патентнозахищених методів контролю за деградацією та ремедіацією чорноземних ґрунтів за нових умов комплексного впливу хімічного забруднення і мілітарного фактора на ґрунти та систему ґрунт – рослина.

4.2. Об'єкти (матеріали) і методи досліджень

4.2.1. Концептуальні положення щодо відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів

Об'єкти дослідження:

- концепції, технології, охоронні документи, методи з відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів за комплексного впливу хімічного забруднення та мілітарного фактора з урахуванням особливостей моніторингу ґрунтів за воєнно-техногенних впливів;
- ґрунти різних типів за фонових умов, ґрунти територій константного та періодичного впливу локального і дифузного забруднення та потенційного ризику забруднення.

Методи досліджень: універсальні загальнонаукові методи; використання ретроспективного та перспективного аналізу.

4.2.2. Нові методи контролю за деградацією

Об'єкти дослідження:

- метод поліпшення екологічного стану системи ґрунт – рослина із використанням нового хелатно-гуматного препарату *Смарагд* (пат. на корисну модель № 135145 UA, 2019 р.); ХГП *Смарагд*;
- метод активізації біологічного потенціалу ґрунту за біоремедіації забрудненої ВМ системи ґрунт – мікроорганізми ґрунту – рослина (пат. на корисну модель № 113224, 2019 р.), біопрепарат *Гаупсин БТ* з активними штамми В - 306 і В - 111 бактерії виду *Pseudomonas aureofaciens* за внесення у ґрунт та підживлення рослин у фази активного їхнього росту і розвитку;
- ґрунти (переважно чорноземи звичайні малогумусні легкосуглинкові на лесах) земельних ділянок у складі фонових територій, агроценозів територій константного та періодичного впливу хімічного забруднення і потенційного ризику забруднення зон впливу атмотехногенних емісій ТОВ «ДТЕК Курахівська ТЕС»; окремі порушені земельні ділянки Волноваського та Покровського районів Донецької області, що зазнали мілітарного

впливу внаслідок російських бойових дій, зокрема обстрілів з РСЗО та ракетних ударів;

- тест-культури – ячмінь ярий (*Hordeum vulgare*), пшениця озима (*Triticum aestivum* L.).

Методи досліджень: універсальні загальнонаукові методи; методи польових досліджень; чинні атестовані та стандартизовані в Україні хіміко-аналітичні методи встановлення характеристик властивостей ґрунтів та якості тест-рослин; розрахунково-аналітичний та порівняльний методи.

4.3. Результати досліджень

4.3.1. Концептуальні підходи до відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів

Розроблені концептуальні підходи до відновлення хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок, що постраждали від російської збройної агресії, ґрунтуються на подальшому використанні розробленої науково-методичної бази щодо відновлення техногенно забруднених ґрунтів земельних ділянок, запровадженні стратегій ремедіації хімічно забруднення ґрунтів та екологічної реабілітації забруднених територій, консервації [5–7] з урахуванням специфічності мілітарного впливу.

4.1. Відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок внаслідок мілітарного впливу включає:

4.1.1. Основні принципи відновлення хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок:

- мінімізація впливу на довкілля та здоров'я населення;
- мінімізація утворення відходів, викидів та скидів; економічна ефективність (зіставлення потрібних результатів та витрат на їхнє досягнення);
- безпека для персоналу, що виконує заходи з відновлення хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок.

4.1.2. Запровадження порядку використання ґрунтів земельних ділянок у зонах з ризиком забруднення та впливу хімічного забруднення і деградації ґрунтового покриву.

Техногенно забрудненими є землі, забруднені внаслідок господарської діяльності людини, що призвела до їхньої деградації та негативного впливу на довкілля і здоров'я людей (стаття 169 «Земельного кодексу»). До техногенно забруднених належать радіаційно небезпечні та радіоактивно забруднені землі, землі, забруднені ВМ, іншими хімічними елементами тощо.

Використання ґрунтів, що підпадають під категорію техногенно забруднених, зумовлено такими причинами:

- близькістю до ринків збуту продукції,
- великою часткою приватного сектору виробництва,
- недосконалістю системи регламентації землекористування і контролю за якістю продукції,
- локальним та / або дифузним характером забруднення.

Основними проблемами, що виникають на таких землях, є зниження врожайності сільськогосподарських культур та погіршення якості продукції, слабка окупність агрозаходів, необхідність залучення додаткових матеріальних ресурсів у виробництво тощо.

4.1.3. Використання зонального підходу та урахування, що техногенне забруднення системи повітря – ґрунт – рослина є фактором, який обмежує використання ґрунтів.

Зональний підхід для ведення агровиробництва з максимальною його адаптацією до рівнів та характеру техногенного впливу забруднення є надійним інструментом для визначення певної стратегії використання ґрунтів – запобігання забрудненню; ремедіації забруднення ґрунтів та екологічної реабілітації забруднених ґрунтів; консервування.

Результатами багаторічних досліджень в зонах дії джерел забруднення було встановлено зональний характер порушень властивостей і функцій ґрунтів різних типів. Атмотехногенне забруднення ґрунтів охоплює значні території та регіони, вагомо трансгранично впливаючи на ґрунтовий і рослинний покрив кількох держав одночасно або окремої країни.

Негативний вплив забруднення характеризується спричиненням збитків агросектору економіки держави (недоотримання продукції через зниження продуктивності, погіршення її якості внаслідок накопичення у рослинах, ґрунтах, тваринах токсичних елементів у

високих концентраціях), має стійкий характер в зонах константної та періодичної дії джерел атмотехногенних емісій забруднювачів.

Вплив техногенного забруднення визначається безпосередньою дією на рослини та опосередковано – через вплив на ґрунти земельних ділянок різного призначення та використання.

4.1.4. Урахування:

- *зон порушень* за відстанями від центра джерела емісії забруднювачів;
- *характеру впливу* (періодичний, епізодичний, імпактний);
- *рівнів впливу* (за рівнем випадінням пилу; за вмістом у ґрунті та рослинах забруднювачів);
- *характеру порушень* (рівень забруднення ґрунту та рослин, зниження продуктивності рослин і біорізноманіття тощо) для локалізації порушень та зниження загроз.

Слід враховувати, що у містах ступінь забруднення значно вищий, за вмістом ВМ потрібно диференціювати ґрунти міські та сільські. У процесі техногенного забруднення ґрунту відбувається диференціація забрудненої території. Спрямованість, інтенсивність, розсіювання викидів різних підприємств в атмосферу пов'язані з розою вітрів, силою вітру, температурною інверсією та вологістю.

У межах однорідних ландшафтів у техногенних зонах підприємств повітряні маси розбавляють викиди і переносять тверді частки та аерозолі на значні відстані від центрів емісій з поступовим зниженням ступеня забруднення ґрунтів.

Характер розподілу забруднювачів значно залежить від рельєфу місцевості. Ґрунти підвищених елементів рельєфу більшою мірою забруднюються, ніж ґрунти акумулятивних ландшафтів.

Формування зон підвищеної категорії забруднення проходить і на територіях відносно віддалених від джерела забруднення. Висока дисперсність викидів в атмосферу та рівномірність ландшафту зумовлюють рівномірний розподіл забруднювачів за всіма напрямками до 15 км із частим зниженням сумарного показника забруднення відповідно до віддалення від джерела забруднення, диференціацією забруднення згідно з розою вітрів.

За порівнянням інтенсивності надходження забруднювачів із швидкістю їхнього перерозподілу у ландшафті оцінюють акумуля-

цію (локацію) або розсіювання (дифузію) забруднення. Зокрема, чим менша інтенсивність надходження, тим більше в акумулятивних елементах ландшафтів відбувається накопичення сполук ВМ, в елювіальних елементах ландшафту накопичення забруднювачів порівняно зменшується.

Ранжування техногенного забруднення за територіями та відстанями від центра емісії забруднювачів дає змогу ефективно визначити способи використання ґрунтів земельних ділянок та заходи щодо ремедіації забруднених ґрунтів, системи ґрунт – рослина відповідно до рівнів забруднення та складу пріоритетних забруднювачів, властивостей забруднених ґрунтів для зниження ефекту забруднення та інтенсивності процесів деградації ґрунтів.

4.1.5. Використання порядку надання ґрунтам земельних ділянок статусу техногенно забруднених та термін дії статусу.

Порядок надання ґрунтам земельних ділянок статусу техногенно забруднених встановлено законодавством України.

Ґрунти земельних ділянок визнають техногенно забрудненими за поданням державних органів із земельних ресурсів, природоохоронних і санітарно-епідеміологічних органів. Підставою для подання є акт відбирання проб і протокол вимірювань показників їхнього складу та властивостей із занесенням відомостей до паспорта ґрунтів або паспорта земельної ділянки.

Для визнання ґрунтів земельних ділянок техногенно забрудненими потрібно, щоб вміст забруднювальної речовини у ґрунті перевищував ГДК за всіма показниками шкідливості (загально-санітарним, транслокаційним, повітряно-міграційним, водно-міграційним і токсикологічним) та був утричі більшим за фоновий вміст.

Земельні ділянки, на яких за результатами обстеження виявлено техногенне забруднення ґрунтів у меншій мірі, але встановлено перевищення транслокаційного показника шкідливості хоча б за однією з небезпечних речовин, є обмежено придатними до сільсько-господарського використання.

У разі забруднення ґрунту кількома небезпечними речовинами підставою для надання ґрунтам земельних ділянок статусу техногенно забруднених є перевищення сумарного показника Z_c понад 16.

Техногенно забрудненими є також ґрунти земельних ділянок, на яких помічено систематичне (не менше ніж три роки) атмотехногенне забруднення продукції продовольчих, кормових і технічних культур понад встановлені нормативи (ГДК, МДР).

Допускають визнання техногенно забрудненою окремої частини земельної ділянки, якщо її площа становить менше ніж 50 % загальної площі. Статус техногенно забруднених поширюється на всю площу земельної ділянки, якщо площа забруднення становить понад 50 % її загальної площі.

Термін дії статусу техногенно забруднених ґрунтів залежить від ступеня забруднення й класу персистентності забруднювальної речовини. У разі техногенного забруднення ґрунту небезпечними речовинами 1-го класу персистентності землі може бути визнано техногенно забрудненими на термін від 7 до 10 років, 2-го класу – від 5 до 7 років і 3-го класу – від 3 до 5 років. Мінімальний термін дії статусу надають у разі забруднення лише однією небезпечною речовиною або за помірно небезпечного ступеня техногенного забруднення. Після закінчення терміну дії статусу техногенно забруднених земельних ділянок може бути поновлено за результатами моніторингу їхнього забруднення.

Термін дії статусу техногенно забруднених ґрунтів земельних ділянок може бути скорочено після проведення робіт з очищення ґрунтів або після припинення атмотехногенного забруднення рослин. Підставою для дострокового припинення дії статусу техногенно забруднених ґрунтів земельних ділянок є акт проведення відповідних робіт та результати повторного обстеження земель.

4.1.6. Застосування порядку використання ґрунтів земельних ділянок без обмежень та забруднених обмежено придатних для використання ґрунтів земельних ділянок через регламентацію.

На підставі виділення техногенних зон впливу джерел забруднення за одночасного встановлення рівнів вмісту забруднювачів або забруднювальної речовини та площі і відстані поширення забруднення слід диференціювати обмежено придатні ґрунти земельних ділянок зон техногенезу для використання із виділенням відповідних категорій.

Ґрунти для сільськогосподарського використання без обмежень (*I категорія*), – на яких відсутній значний вплив на якість продукції

техногенного фактора або ґрунти земельних ділянок обмеженого сільськогосподарського використання у приватному секторі та для виробництва продуктів дитячого і спеціалізованого харчування.

Для обстежених об'єктів площі зони з помірно допустимим рівнем забруднення ґрунту сягають 50–80 % з радіусом 5–30 км, характеризуються накопиченням ВМ та виявом помітних ефектів токсичності за біоіндикації забруднення (використання мікробіологічної, ферментативної активності, рослин). Переважна більшість сільськогосподарської продукції зони є забрудненою ВМ (Cr, Cd, Ni, Pb). Рекомендований певний перелік культур, профілактичні заходи зі зменшення надходження забруднювача до рослин (зокрема зрошення, удобрення внесенням сорбентів, позакореневий обробіток рослин мікроелементами-антагоністами металів-токсикантів тощо). Вміст забруднювача в інтервалі: подвійний фоновий вміст (регіональний кларк) – транслокаційний показник шкідливості.

Суть регламентації використання ґрунтів I категорії – контроль за станом ґрунтового покриву та рослинності, встановлення параметрів, за якими ґрунти мають одержувати статус техногенно забруднених.

Ґрунти земельних ділянок обмеженого сільськогосподарського використання (*II категорія*), – які перебувають у зоні техногенного забруднення і характеризуються підвищеним ризиком перевищення допустимого рівня забруднення продукції також і за впливу атмосферо-техногенного складника забруднення. Вміст забруднювача в інтервалі: транслокаційний показник шкідливості – порогове значення для ґрунтів сільськогосподарського призначення.

Зони з помірно небезпечним забрудненням ґрунту радіусом від 3 до 10 км у різних об'єктах, величина якого визначається як вмістом і дисперсністю викидів, так і характером ґрунтового покриву і типом ландшафту загалом. Небезпечність забруднення може бути значно знижена завдяки захисним меліорантам і організаційним методам.

Вважати обмежено придатними для використання техногенно забруднені малобуферні ґрунти (кислі легкого гранулометричного складу, вміст гумусу до 2 %) у випадку понад 5-разового перевищення фону вмісту забруднювачів та забруднені високобуферні ґрунти (слабокислі і нейтральні важкого гранулометричного складу, вміст

гумусу понад 3–5) за понад 10–15-разового перевищення регіонального фону вмісту забруднювачів.

Ґрунти земельних ділянок, що обмежено придатні до сільсько-господарського використання, залишаються в обігу з обов'язковим проведенням комплексу ремедіаційних заходів із запобігання забрудненню продукції та відновлення екологічних і продукційних функцій ґрунтів земельних ділянок (організаційні; фізичні; хімічні; біологічні; технологічні). Порядок їхнього проведення потребує регламентації. Заходи з біологічної, хімічної та фізико-хімічної ремедіації техногенно забруднених ґрунтів рекомендується проводити передусім у локальних осередках забруднення з високим рівнем.

Суть регламентації використання ґрунтів II категорії – обов'язкове проведення заходів детоксикації, зокрема залучення біологічних та фізико-хімічних методів як профілактичних та запобіжних заходів, для зниження ризику одержання неякісної продукції з урахуванням буферної здатності ґрунтів та толерантності рослин до забруднення.

Регламентація використання забруднених ґрунтів земельних ділянок, що є обмежено придатними, потребує проведення їхнього моніторингу, подальшого розроблення еколого-економічного обґрунтування доцільності детоксикації, деконтамінації ґрунтів; розроблення системи державних стандартів і норм раціонального використання та охорони ґрунтів різного призначення; розроблення технологій відтворення ґрунтових ресурсів за константного та періодичного впливу забруднення.

Регламентація впливу забруднення на якість ґрунтів, рослин має передбачати відповідність встановлених екологічних нормативів якості ґрунтів:

- *об'єкту регламентації* (властивість ґрунту, якість ґрунтів та рослин, заходи з оптимізації елементного статусу системи ґрунт – рослина);
- *змісту регламентації* (зниження родючості ґрунтів, показників якості ґрунтів та рослин, гранично допустимі концентрації (ГДК), орієнтовно допустимі концентрації (ОДК), максимально допустимі рівні (МДР) забруднення тощо),
- *виду регламентації* (екологічна, меліоративна, кадастрова), урахування подальшої їхньої диференціації (ґрунтово-кліматична, технологічна) відповідно до фізико-хімічних та

біологічних властивостей ґрунтів і міграційної здатності ВМ, їхньої фітотоксичності та активності.

Ґрунти земельних ділянок небезпечного рівня забруднення (*III категорія*) за сумачі з атмотехногенним забрудненням та унеможливленням отримання продукції відповідної до встановлених вимогами якості. Ґрунти земельних ділянок внутрішньої зони локації до джерела забруднення і займають площу в радіусі 1,5–3 км. Мають статус забруднених земель.

Високий рівень забруднення земель у цій зоні зумовлює деградацію ґрунтового покриву, зокрема зруйнування органо-мінерального колоїдного комплексу та зменшення ємності поглинання ґрунту, призводить до трансформації функцій ґрунтової екосистеми. Функціональне призначення таких земельних ділянок – ландшафтно-рекреаційне або промислове.

Суть регламентації використання ґрунтів III категорії, що непридатні для сільськогосподарського використання – екологічне й економічне обґрунтування доцільності проведення заходів екологічної реабілітації забруднених ґрунтів; зміна напряму використання та вартісне оцінювання шкоди від забруднення ґрунтів.

Обов'язковим є проведення заходів екологічної реабілітації (фізичних, фізико-хімічних, хімічних, біологічних методів ремедіації та сучасних технологій ремедіації й відтворення техногенно забруднених ґрунтів – технологій культивуації (обробки) та реабілітації ґрунтів; технологій рекультивації; технологій ґрунтово-ландшафтного конструювання; технологій нормування техногенного впливу на ґрунт для запобігання забрудненню й деградації ґрунтів). Вміст забруднювача – вище порогових значень для ґрунтів земельних ділянок сільськогосподарського призначення.

4.1.7. Запровадження порядку моніторингу забруднених земель, обмежено придатних для сільськогосподарського використання.

Моніторинг земель, обмежено придатних для сільськогосподарського використання, проводять для оперативного контролю за забрудненням.

Порядок моніторингу забруднених ґрунтів земельних ділянок включає збір, аналізування наявних даних, які містять інформацію з таких питань:

- відомості щодо ґрунтового покриву обстежуваної території, ґрунтотворних порід, рельєфу, землекористування, вартісного оцінювання земель, гідрогеологічні особливості території тощо;
- у зонах впливу промисловості – відомості щодо використовуваних технологій відходів, викидів, скидів, про аварії й катастрофи та терміни їхньої післядії тощо;
- розрахунки приблизного об'єму забруднювальних речовин, їхній хімічний склад і фізичні властивості, стан ґрунту (вологість, щільність, температура) тощо.

Потенційними джерелами інформації можуть бути видані дозволи на використання землеволодіння або реєстраційні відомості про власників земельної ділянки в кадастрі.

Періодичність проведення спостережень на землях, обмежено придатних для використання, становить вимірювання вмісту рухомих форм забруднювальних речовин у ґрунті – один раз на 5 років; вимірювання вмісту забруднювальних речовин у рослинній продукції – щороку.

Доцільно виконати візуальний огляд ґрунтів земельної ділянки за активної участі осіб, що володіють інформацією щодо її історії.

Процедура огляду включає:

- реєстрацію стану району обстеження загалом (розмір і межі); відповідність їх наявним планам щодо промислових ділянок, смітників;
- стан прилеглих територій та їхні специфічні особливості – видимі аномалії території з реєстрацією слідів ерозії, витоку стічних вод, ушкодження рослинності, стану водних об'єктів тощо;
- характеристики ґрунтів (морфологія, тип ґрунту тощо), із зазначенням характеру використання на момент обстеження та використання прилеглої території;
- факторів, що впливають на міграцію забруднювачів;
- фотодокументацію тощо.

Загальні дані про ділянки мають містити також координати кутів земельних ділянок, географічне розташування ділянок на карті (1:10000). Додатковий план (масштабу 1:2000–1:1000) має бути забезпечений інформацією про площі, розташовані по висоті й

сполучені з ділянками, що перебувають по сусідству, наявними спорудженнями тощо. За результатами зібраної інформації встановлюють вид і масштаб зйомки та визначають очікувану щільність мережі опробування.

У випадках воєнно-техногенних впливів за рівнинного рельєфу (плакор, однорідний схил, річкові долини тощо) обирають регулярну сітку, в інших випадках – нерівномірну.

У разі відсутності даних щодо джерел забруднення, набору пріоритетних забруднювачів або неможливості їхнього встановлення використовують рівномірну сітку спостережень із кроком, рівним близько 30 % ділянки, не більше 100 м. При площі обстеженої ділянки меншої 1 га відбирають не менше 4 проб ґрунту.

Складають технічне завдання на проведення робіт, що має містити перелік основних робіт, їхні обсяги, терміни виконання, допустимі відхилення, вимоги до якості робіт та розрахунок їхньої вартості.

Отримані результати узагальнюють та викладають у вигляді звіту з обов'язковим визначенням експертним способом категорій існуючої небезпеки, шляхів поширення забруднення. Проводять оцінювання даних з погляду їхньої достовірності й повноти.

Визначають можливу нестачу інформації, виходячи із встановлених пробілів в інформації розробляють концепцію одержання відсутніх даних. Планують такі етапи проведення потрібних робіт.

З метою оцінювання можливих ризиків забруднення проводять орієнтовне обстеження ґрунтів земельних ділянок, яке складається з реалізації таких процедур:

- визначення забруднених об'єктів довкілля, що потребують охорони на цій території; виявлення наявності забруднення та його складу, форми й розміру;
- встановлення необхідності проведення подальшого обстеження та потреби у вживанні термінових заходів щодо ліквідації загроз здоров'ю населення, довкіллю;
- виявлення шляхів поширення забруднювачів за урахування геологічної й гідрогеологічної будови території, визначення кількісних характеристик забруднення ґрунтів, водних об'єктів, атмосферного повітря;

- виявлення токсичності забруднених ґрунтів, ґрунтових вод, будівель тощо; мають бути визначені джерела забруднення, забруднені зони, пріоритетні забруднювачі.

В епіцентрах хімічного забруднення розташовують ключові точки обстеження та пробовідбирання на глибину, яка визначається типом забруднювача.

Результати обстеження земельних відводів оцінюють за ранжування ґрунтів відповідно до рівнів забруднення, встановленим нормативам вмісту забруднювачів неорганічної природи згідно з класами ґрунтів земельних ділянок та з урахуванням їхнього гранулометричного складу.

Отримані дані попередніх досліджень щодо забруднення ґрунтів, ґрунтового повітря, ґрунтової води, ґрунтового фільтрату представляють у форматах:

- результатів вимірів на планах розміщення, зображеннях у вигляді ізоліній концентрацій забруднювачів; плани розміщення мають відповідати за розмірністю та позначеннями, містити єдині масштаби, легенди, орієнтування й координатну сітку;
- встановлених меж забруднених територій та меж земельних ділянок, що підлягають ремедіації;
- визначених перепадів висот, напрямку потоку ґрунтових вод тощо;
- таблиць і/або діаграм за можливості встановлення динаміки змін концентрацій забруднювачів.

Результати обстеження документують у вигляді експертного висновку. Оцінювання небезпеки проводять окремо як для кожного з можливих шляхів поширення забруднення (ґрунт, ґрунтова вода, поверхнева вода), так і для випадків безпосереднього контакту людей із забрудненням у зонах забруднених територій.

Результат попереднього обстеження – встановлення наявності або відсутності хімічного забруднення, відповідно до чого запроваджують заходи щодо реабілітації ґрунтів або встановлюють необхідність проведення детального обстеження за попередньої розробки його плану, який потрібно узгодити з контролювальними органами та отримати відповідні дозвільні документи.

Підставою для детального обстеження ґрунтів земельних ділянок щодо визначення ступеня їхнього хімічного забруднення за воєнно-техногенних впливів є:

- разове імпактне надходження сполук, що забруднюють ґрунт, та поступове їхнє накопичення;
- виникнення потенційно небезпечних об'єктів та надзвичайних ситуацій за транспортування і зберігання високотоксичних речовин.

Обов'язковому детальному обстеженню підлягають також ґрунти земельних ділянок, на яких виявлено забруднення ВМ у концентраціях, що перевищують чинні нормативні рівні.

За необхідності на забруднених територіях досліджують рослини, поверхневі та ґрунтові води.

Обстеження ґрунтового покриву та інших об'єктів довкілля виконується на замовлення зацікавлених державних установ та відомств.

Для обстеження сільськогосподарських угідь на кожній ділянці площею від 0,5 до 20 га закладають окрему пробну ділянку. За обстеження загального техногенного забруднення потрібно обирати рівномірну сітку пробовідбирання. Площа пробної ділянки має бути не менше ніж 100 м² з відбором 20–40 точкових проб для складання об'єднаної проби.

У разі локального техногенного забруднення допускають застосування нерівномірної сітки пробовідбирання за моделлю концентричних кіл. Площа пробної ділянки має бути не менше ніж 50 м², кількість точкових проб – 10–15 для складання об'єднаної проби.

У межах населених пунктів на землях сільськогосподарського призначення зона техногенного впливу не може бути чітко визначена. Через наявність стаціонарних та мобільних джерел емісії сполук хімічних елементів рекомендується проводити визначення вмісту їхніх рухомих форм в усіх ґрунтових пробах з періодичністю раз на 5 років.

Основна мета детального обстеження – визначення меж забруднення й обсягів забруднювачів, виявлення шляхів міграції забруднювачів і визначення величин емісії; одержання технічних, геологічних, гідрогеологічних і екологічних даних, потрібних для розробки планів ремедіації ґрунтів забруднених територій.

Процедура детального обстеження включає проведення обстеження з більш високою точністю. За допомогою рослинної діагностики або залишків забруднювальної речовини на поверхні ґрунту визначають напрям руху техногенного потоку, остаточно визначають щільність опробування ґрунту. Проводять топографічну зйомку обстежуваної території і готують робочі планшети, на яких відмічають місця опорних ґрунтових розрізів, точки опробування ґрунту, джерело викидів із зазначенням його специфіки.

Кількість опорних розрізів визначають з урахуванням складності ґрунтового покриву і площі ареалу забруднення. Опорні розрізи складають:

- на незабрудненому (фоновому) ґрунті, але не ближче 100–150 м від візуальної межі ареалу забруднення, а на схилах і d балках – вище від нього;
- у місці ймовірного найбільшого забруднення поблизу джерела викидів (зона радіального потоку);
- на периферії ареалу забруднення у напрямку ймовірної латеральної міграції забруднювачів.

Ґрунтову зйомку обстежуваної території проводять за наміченою сіткою способом відбору індивідуальних зразків ґрунту за допомогою ґрунтового буру. Зразки відбирають через кожні 20 см до глибини не менше 60 см.

На периферії ареалу забруднення допускається відбір тільки одного зразка ґрунту у шарі 0–20 см.

На рівній місцевості (ухил до 2–3°) відбір ґрунтових проб здійснюють за діагоналлю забрудненої земельної ділянки через кожні 8–10 м, починаючи від краю, визначеного візуально, при факельних викидах промислових підприємств – через кожні 500 м на відстані до 3 км.

За складного рельєфу відбір ґрунтових зразків проводять у напрямку ймовірного пересування потоку через кожні 8–10 м; у поперечному напрямку не менше ніж у трьох місцях, через кожні 3–5 м.

Проби ґрунту упаковують у герметичну тару, зберігають до проведення аналізу.

На аналітичному етапі досліджень проводять підготовку проб до аналізу і визначають вміст забруднювальної речовини, а також

ґрунтові показники, потрібні для ідентифікації ґрунту та визначення його бонітету. Останні визначають тільки у зразках, що відібрані на опорному розрізі, закладеному за межами забрудненої ділянки.

У пробах, відібраних за межами забрудненої ділянки та відібраних на опорних розрізах, закладених на забрудненій території, згідно з вимогами чинних нормативних документів, визначають показники властивостей ґрунтів: гранулометричний склад; $pH_{КС}$; вміст гумусу, ВМ, нафти й афтопродуктів та інших високотоксичних органічних забруднювачів.

За результатами визначення гранулометричного складу ґрунту, вмісту в ньому гумусу уточнюють номенклатурну назву ґрунту.

За результатами визначення вмісту ВМ у ґрунті опорних розрізів, закладених на незабрудненому ґрунті, визначають фоновий вміст ВМ як медіанне значення одержаної вибірки даних.

4.1.8. Запровадження стратегій ремедіації забруднення ґрунтів та екологічної реабілітації забруднених територій, консервації. Запровадження різних сценаріїв поєднання заходів щодо відновлення ґрунтів.

4.1.8.1. Стратегія ремедіації забруднення ґрунтів та екологічної реабілітації забруднених територій має запроваджуватись у випадку значного впливу забруднення на ґрунти і рослини. Збитки агрови-робництву знижують завдяки системному поєднанню застосування різних методів екологічної реабілітації техногенного забруднення ґрунтів та рослин.

Для визначення обсягу ремедіаційних заходів для захисту ґрунтів від техногенного забруднення слід виходити насамперед з того, що відновлення родючості ґрунтового покриву потребує часу та значних ресурсів. Тому з еколого-економічного погляду доцільнішим є запобігання деградаційним процесам ґрунту, ніж відтворення порушеної родючості ґрунтів.

4.1.8.2. Стратегія консервації запроваджується у випадку надвисоких рівнів забруднення ґрунтів, рослин; за низької ефективності застосованої системи екологічної реабілітації та одночасного зростаючого ризику спричинення негативного впливу на здоров'я населення.

4.1.8.3. Залежно від хімічного складу, рівнів забруднення, ґрунтово-кліматичних умов доцільним є використання різних ґрунтополіпшувачів для ефективного впливу на регулювання транслокації забруднювальних речовин та оптимізації мікроелементного живлення рослин у системі ґрунт – рослина, застосування різних сценаріїв екологічної реабілітації хімічно забруднених ґрунтів. До останніх слід зарахувати:

- локалізацію мінеральних (азотних, фосфорних) і органічних добрив (збільшує об'єм кореневої системи рослин у зоні розміщення добрив і зменшує – у забрудненому ґрунті, а також поліпшує надходження елементів живлення в рослини і зменшує надходження важких металів);
- позакореневе внесення елементів-антагоністів та використання явищ гео- та біохімічного антагонізму катіонів для інактивації токсичності за забруднення важкими металами;
- використання залізовмісних меліорантів;
- внесення кальцієвмісних сполук (утворюються важкорозчинні солі металів-токсикантів, зменшується кислотність ґрунтового середовища, токсичність забруднювачів);
- внесення цеолітів та інших сорбентів (адсорбція важких металів);
- впровадження фіторе mediaції та спеціалізованих сівозмін;
- використання біопрепаратів, засобів з удобрювально-стимулювальним ефектом для поліпшення екологічного стану системи ґрунт – рослина;
- застосування адаптованих елементів ґрунтозахисних технологій обробки ґрунту, придатних за мілітарного впливу на забруднених ділянках, зокрема, періодичне переривання системи постійного мінімального або нульового обробітку застосуванням оранки для запобігання поверхневому концентруванню забруднювачів у ґрунті тощо.

4.1.8.4. За проведення детоксикації ґрунт залишається депонуючим забруднювачі середовищем. Ефект інактивації та детоксикації важких металів досягається завдяки хімічному зв'язуванню токсикантів до малорозчинних сполук, адсорбцією мінералами з високою поглинальною здатністю або органічними речовинами, підвищення рН ґрунтового розчину тощо.

4.1.8.5. Підставою для необхідного і обов'язкового використання заходів із детоксикації в системі ґрунт – рослина, деконтамінації забруднених ґрунтів земельних ділянок є:

- результати аналізувань даних щодо мілітарного впливу та безпосередньої причини хімічного забруднення, особливості кінетики токсичних ефектів забруднювача і його природи у системі ґрунт – рослина;
- дані щодо виявів токсичних ефектів та їхнього характеру;
- розроблені схеми застосування заходів та засобів відновлення, сценаріїв адресного їхнього використання з метою мобілізації процесів відновлення у системі ґрунт – рослина при одночасному впливі на токсиканти неорганічної та органічної природи.

4.1.8.6. Запровадження організаційних заходів, що передбачають раціональну організацію забрудненої території з визначенням напрямів її подальшого використання, серед них є такі:

- зміна спеціалізації господарства, вирощування культур і сортів, на якість яких забруднення не має істотного впливу;
- обмеження на використання мінеральних добрив, випас сільськогосподарських тварин тощо.

Залежно від рівня забруднення ґрунту та концентрації металів визначають сівозміни та культури, які можна вирощувати на цій земельній ділянці.

На забруднених ґрунтах з помірно небезпечним і небезпечним рівнем забруднення забороняється вирощувати овочеві культури, які здатні накопичувати ВМ у небезпечних концентраціях (салат, шпинат, кріп, цибуля, петрушка). Допускається вирощування коренеплодів.

За небезпечного рівня забруднення рекомендується вирощувати рослини, стійкі до дії високих концентрацій забруднювачів (технічні, плодови, багаторічні трави на насіння, квіти).

У зонах з небезпечним і надзвичайно небезпечним рівнем забруднення необхідне обмеження розширення сектору дачної забудови і присадибних господарств, виділення земельних ділянок під городи уздовж автомагістралей, де є небезпека забруднення продукції атмо-техногенним шляхом. На території з високим вмістом Pb, наявністю площ його техногенного забруднення рекомендується провести

першочергове задерніння ґрунтового покриву через ризик перорального надходження цього елемента. Рекомендується вирощування бобових культур (вика, люцерна, горох). У місцях з надмірно високим вмістом ВМ у надземній частині багаторічних злакових трав рекомендується обмежувати використання таких земель під випас домашніх тварин, обмежувати використання мінеральних добрив через зниження ефективності їхньої дії.

Для збалансованості мінерального живлення рослин і одержання якісної рослинної продукції слід утримуватися від внесення високих доз азотних добрив на дачних і присадибних ділянках, особливо на ґрунтах легкого гранулометричного складу та з близьким рівнем підґрунтових вод. Зокрема, азотні туки слід найкраще застосовувати у кілька прийомів внесення в підживлення у критичні фази розвитку рослин.

4.1.8.7. Підвищення ефективності проєктних рішень щодо розроблення відповідних організаційних заходів на забруднених територіях з визначенням напряму її подальшого використання, економії витрат на заходи з поліпшення родючості земель за введення у господарське використання найефективніших посівних площ та виведення непридатних забруднених земель з урахуванням регіональних особливостей агровиробництва.

Оцінювання перспектив подальшого використання земель сільськогосподарського призначення за цільовим призначенням та поліпшення родючості ґрунтів з отриманням набору даних, критеріїв та показників ефективності та можливих збитків від невикористання за хімічного забруднення.

Аналізування проблеми невикористання земель сільськогосподарського призначення та виведення їх з господарського обігу із урахуванням їхньої деградації на базі урахування трендів змін кількісних показників якісного екологічного стану ґрунтів та оцінювання тенденцій змін якісного стану земельних ділянок.

Розроблення основних положень щодо встановлення критеріїв придатності та непридатності земельних ділянок сільськогосподарського призначення для активного господарського обігу з отриманням відповідних критеріїв придатності та непридатності земельних ділянок до використання.

Визначення та обґрунтування системи показників придатності та непридатності земель для сільськогосподарського виробництва та виведення їх з обороту за умови гарантування продовольчої безпеки. Розроблення системи показників придатності та непридатності земель для сільськогосподарського виробництва.

Розроблення системи землевпорядних заходів щодо виявлення та виведення з обігу непридатних для використання земель сільськогосподарського призначення з метою виконання вимог продовольчої безпеки (пілотні земельні ділянки за мілітарного впливу Харківської, Сумської, Донецької областей тощо).

4.1.8.8. Комплекс заходів ремедіації забруднених ґрунтів має складатися з реалізації певних:

- *типів заходів* (локалізація, екранування, перекривання міграції забруднювачів, обмеження, деконтамінація, захоронення);
- *процедур* (обмеження використання, консервація, моніторинг, капсулювання, іммобілізація, екстракція, адсорбція, відновлення, окиснення, осадження тощо);
- *додаткових заходів* (контроль, моніторинг, екранування тощо).

Застосований комплекс заходів детоксикації та деконтамінації, параметри їхнього використання залежать від ситуацій щодо забрудненості ґрунтів та суміжних середовищ. За їхнього визначення слід виконати додаткові розрахунки економічної ефективності комплексу заходів ремедіації.

Використання системи заходів ремедіації забруднення ґрунтів має ґрунтуватись:

- на використанні еколого-економічних (призупинення деградації забруднених ґрунтів) та екологічних (підвищення рівня надання екосистемних послуг ґрунтами) заходів для зниження рівня забруднення ґрунтів і відновлення екологічного стану техногенно забруднених ґрунтів;
- на урахуванні змін родючості ґрунтів різної буферної здатності за основними ґрунтовими показниками;
- на зміні наявної системи землекористування на оптимальнішу з метою забезпечення використаними ремедіаційними заходами зниження рухомості та токсичності забруднювачів або її ліквідації; їхній вміст у рослинницькій продукції відповідає

або нижче чинних ГДК/МДУ, що сприяє оптимізації поживного режиму ґрунту в зонах техногенного пресингу за його константної та періодичної дії.

4.1.9. Запровадження системи заходів екологічної реабілітації забруднених ґрунтів за проведення детоксикації (спрямована на зниження / ліквідацію токсичності, отримання екологічно чистої продукції) і деконтамінації (комплекс заходів з очищення ґрунтів – рекультиваційні механічні прийоми з видалення, засипки, поховання забруднених ґрунтів).

4.1.9.1. Система заходів екологічної реабілітації (відновлення родючості) ґрунтів включає:

4.1.9.1.1. *Методи фізичної ремедіації* забруднення ґрунтів (механічні, гідро- та аеродинамічні, термічні, електричні, електрохімічні, електрокінетичні, магнітні та електромагнітні).

Заходи щодо фізичної ремедіації спрямовані на зміну фізичного стану забрудненого локального осередку використанням ґрунтооброблювального обладнання, видалення забрудненого шару ґрунту з подальшим його похованням; залученням фізичних методів ремедіації забруднених ґрунтів, спрямованих на пряме й /або опосередковане сприяння дотриманню культури землеробства та ефективному використанню ґрунтових ресурсів за впливу на фізичні властивості ґрунтів з урахуванням природи й дози забруднювача.

4.1.9.1.2. *Методи фізико-хімічної ремедіації* забруднених ґрунтів (коагуляційні, сорбційні) та *хімічні методи* (осадження, управління окисно-відновними умовами у ґрунтах, хімічного окиснювання, хімічної іммобілізації (зв'язування) забруднювачів).

Заходи щодо фізико-хімічної та хімічної ремедіації забруднених ґрунтів для відновлення родючості, що передбачають використання фізико-хімічних та хімічних методів екологічної реабілітації техногенних територій. Заходи спрямовані на:

- інактивацію полютантів за створення замість комплексу «токсикант-рецептор» комплекс «токсикант-антидот»;
- зниження токсичності забруднювача, використовуючи різні хімічні сполуки: органічні речовини, хелатні сполуки, іонообмінні смоли, вапно, гіпс, крейда; мінеральні й органічні добрива,

- сполуки, що сорбують забруднювачі та знижують їхню транслокацію;
- активацію забруднювача (переведення токсичного агента в рухомі сполуки з подальшим його вилуговуванням і зниженням транслокації;
 - збільшення ємності катіонного поглинання ґрунтів з дотриманням правила переважної поглинальної здатності ґрунтополіпшувача;
 - взаємодію забруднювальних речовин з компонентами ґрунтів, протікання реакцій гідролізу, окисно-відновних, хімічної сорбції, осадження тощо за впливу на хімічні та фізико-хімічні властивості ґрунтів; хімічний склад ГПК, вміст гумусу, природу і рівень вмісту забруднювача;
 - ефективну детоксикацію ВМ у системі ґрунт – рослина створенням процесів геохімічного та біохімічного антагонізму катіонів, збагачення рослин мікроелементами, значне зниження забруднення рослинницької продукції та підвищення її врожайності й якості за внесення меліоранту та туків, розчину металів-антагоністів у ґрунт; активацію процесів адсорбції та іонного обміну в ґрунтовій системі, локалізацію осередку токсичного забруднення не лише за площею та вертикально із забезпеченням уповільнення можливої міграції ВМ у суміжні середовища;
 - ефективну ремедіацію техногенно забрудненого ВМ ґрунту використанням композицій та сумішей ґрунтополіпшувачів, мінеральних та органічних добрив відповідно до характеру та виду забруднення ґрунту зі зниженням токсичності ВМ у системі ґрунт – рослина завдяки прискоренню біохімічних та фізико-хімічних процесів ґрунтів, активації самоочищення ґрунтів різних буферних властивостей щодо ВМ за різних рівнів поліелементного забруднення Cd, Pb, Ni, Cr, Cu, Zn в районах інтенсивного впливу сталих джерел техногенних емісій;
 - забезпечення пролонгованості дії сорбент-меліорантів, зменшення технологічних витрат завдяки можливості спрощення та скорочення технологічного циклу внесення у забруднений ґрунт необхідного об'єму всього спектра детоксикантів за зменшення ресурсовитратності на проведення ремедіації.

4.1.9.1.3. *Методи біологічної ремедіації* забруднених ґрунтів (мікробіодеградації забруднювачів у системі ґрунт – мікроорганізми, фіторемерація забруднювачів у системі ґрунт – рослина).

Заходи щодо біологічної ремедіації техногенно забруднених ґрунтів передбачають використання:

- біологічних методів екологічної реабілітації забруднених ґрунтів – мікробіодеградації забруднювачів у системі ґрунт – мікроорганізми / гриби / ферменти;
- фіторемерації забруднювачів у системі ґрунт – рослина використанням метаболізму та біологічної концентрації процесами комплексоутворення і сорбції, біодеградації полютанта за впливу на біологічну (мікробіологічна, ферментативна) активність ґрунтів, використання специфіки рослин-фіторемеріантів, впливаючи на природу і рівень вмісту забруднювача.

Заходи щодо біологічної ремедіації техногенно забруднених ґрунтів спрямовані на:

- використання організмів – індикаторів забруднення, для яких забруднена зона – джерело живлення та середовище мешкання;
- збільшення активності мікробіоценозу, здатного поглинати і утримувати метали – токсиканти; на можливий вплив на едафічні умови фітоценозу і агроценозу;
- використання явищ антагонізму у фіто- та агроценозах за вирощування культурних і розвитку смітних рослин;
- вирощування культур високого виносу забруднювачів з ґрунту, здатних різною мірою поглинати хімічні елементи, розвиваючи велику вегетативну масу з використанням ефекту біологічного розбавлення, рослин толерантних до токсичної дії забруднювачів;
- ефективну фіторемерацію техногенно забруднених ВМ ґрунтів для ефективного їхнього використання за використання спектра фіторемеріантів доміантних трав'янистих дикорослих видів рослин конкуруючих родин *Asteraceae*, *Fabaceae* та *Poaceae* з їхнім обов'язковим чергуванням, чим забезпечується інтенсифікація процесу біологічної ремедіації, підвищення її ефективності за одночасної мінімізації необхідних витрат на очищення ґрунту впродовж процесу повної сівозміни із

забезпеченням здешевлення очищення ґрунту, оптимізації його використання завдяки скороченню терміну біологічної ремедіації та відновлення якості забруднених ґрунтів;

- ефективну біоремедіацію системи ґрунт – ґрунтова біота – рослина за забруднення важкими металами як фактора хімічної та біологічної деградації завдяки використанню нової властивості біопрепарату Гаупсин БТ, мікопрепарату Триходермін БТ, інтенсифікації процесів біоремедіації та відновлення якості техногенно забруднених ВМ ґрунтів, підвищенню продуктивності рослин за зниження норм використання препаратів з одночасним посиленням їхньої біологічної ефективності; сприяння біоремедіаційному ефекту, екологічній стабілізації середовища з одночасною активізацією біологічного потенціалу ґрунту, продуктивності рослин та економії ресурсів.

4.1.9.2. Вимогами до застосованих методів екологічної ремедіації ґрунтів від забруднень є такі:

- можливість застосування методу *in situ*, зокрема на значній глибині;
- селективність методу;
- екологічна чистота застосовуваного методу й відсутність побічних ефектів у ґрунтах і трофічних ланцюгах (система ґрунт – рослина тощо);
- високий ступінь і швидкість очищення;
- економічна ефективність методу.

4.1.10. Запровадження сучасних технологій ремедіації й відтворення техногенно забруднених ґрунтів, зокрема таких:

- *технології культивування (обробки) і екологічної реабілітації ґрунтів різного призначення та використання*; їхніми складниками є *фізичні методи*: перекопування, оранка, рихлення, фрезерування, чизелювання, дискування, піскування, внесення мульчі, промивання тощо; *хімічні методи*: внесення комплексних органічних, мінеральних добрив, вапна, гіпсу тощо; *біологічні методи*: підбір травосумішей-ґрунтополіпшувачів для задерновування поверхні ґрунту, стимуляторів росту, ефекторів фітоекстракції тощо; *методи ґрунтового кондиціонування та конструювання*: внесення природних та /або синтетичних

біополімерів, ґрунтomodифікаторів і меліорантів для оптимізації структури, водоутримувальної, фільтраційної та поглинальної здатності ґрунту;

- *технології рекультивації*; їхніми складниками є: *фізичні, хімічні, біологічні методи* очищення, розведення завдяки локалізації та евакуації ґрунтів, їхній реплантації (заміни на чисті), розведенню за перекриття (підсипка чистих та екранування забруднених шарів, перемішування) забруднених ґрунтів, термообробка, піроліз, електоремедіація, газифікація, вакуум-екстракція, промивання; внесення плівкового покриття, мікробних препаратів, легкогідролізованих сполук, біокомпостів, використання реакторів-ферменторів; фізико-хімічна та хімічна ремедіація *ex situ* та *in situ*; скловання; фіторемедіація, використання хемотаксичних мікробів-біодеструкторів у ризосфері рослин;
- *технології ґрунтово-ландшафтного конструювання*; їхніми складниками є: використання дренажних та поливних систем, терасування, формування рельєфу, ґрунтові конструкції, геотекстильні та габіонні промислові конструкції за оптимізації водного та повітряного режимів ґрунтів тощо;
- *технології нормування техногенного впливу на ґрунт* для запобігання забрудненню й деградації ґрунтів; їхніми складниками є: локалізація джерел забруднення ґрунтів, використання фізико-хімічних бар'єрів, очисних споруд для запобігання забрудненню та деградації ґрунтів; екологічний контроль за ґрунтами: оцінювання впливу забруднення на ґрунтовий покрив, система екологічного нормування техногенного навантаження на ґрунт, екологічне страхування, екологічна сертифікація ґрунтів, ґрунтово-екологічний менеджмент та аудит тощо.

За вибору певного сценарію ремедіації потрібно провести перевірку всіх придатних технологій або їхніх комбінацій. Основними критеріями їхнього оцінювання є придатність технології за урахування специфіки забруднення, властивостей ґрунту, специфіки дії ґрунтополіпшувачів, специфіки шляхів переносу забруднювачів, термінів дії ґрунтополіпшувачів, технічних можливостей проведення та рівня безпеки.

4.1.11. Апробація за умов мілітарного впливу та удосконалення розробленого комплексу інноваційних методів щодо детоксикації, ремедіації та екологічної реабілітації хімічно забруднених ґрунтів, зокрема за забруднення важкими металами, нафтою та нафтопродуктами; та для діагностування ефективності проведення ремедіації забрудненого ґрунту і розробки нових препаратів [8–16].

Вибір методів визначається метою їхнього застосування, специфікою забруднювачів, розмірами ділянки забруднення, вартістю. За потреби необхідно провести додаткові дослідження з оцінювання придатності методів відновлення. Потрібно перевірити можливість досягнення мети відновлення із застосуванням пілотних дослідних ділянок, використовувати типові забруднені земельні ділянки для забезпечення тотожності і відтворюваності за лабораторних умов аналізування ґрунтових зразків.

4.1.12. Розроблення нових методів щодо фізико-хімічного та біологічного відновлення забрудненої системи ґрунт – рослина за мілітарного впливу.

4.1.13. Розвиток відсутньої системи моніторингу забруднення ґрунтів в Україні та розробка національної стратегії використання результатів цього моніторингу.

4.1.13.1. Моніторинг забруднення ґрунтів є базовим питанням у стратегії використання ґрунтових ресурсів та їхньої охорони з метою забезпечення виконання ґрунтами екологічних функцій, якості надання ґрунтами широкого спектра послуг, збереження біорізноманіття та підтримки здоров'я ґрунтів та якості довкілля.

4.1.13.2. Керівними новими принципами моніторингу забруднення ґрунтів в Україні мають стати моніторинг локального забруднення ґрунтів та моніторинг дифузного забруднення територій. Моніторинг локального і дифузного забруднення ґрунтів потребує, відповідно, розроблення різних стратегій та методів.

На землях, де за результатами обстеження виявлено техногенне забруднення ґрунтів, обов'язковим є моніторинг, що передбачає проведення досліджень як у зонах техногенного впливу промислових підприємств, автотранспорту, а також в межах населених пунктів, так і поза зоною техногенного впливу.

Організація і функціонування моніторингу забруднених ґрунтів в Україні є складником системи моніторингу ґрунтів, що розробляється в країні. Базовими завданнями моніторингу ґрунтів, зокрема забруднених та з ризиком забруднення, є такі:

- отримання своєчасної та достовірної інформації про вміст у ґрунті як біогенних, так і екологічно небезпечних хімічних елементів, виявлення геохімічних аномалій (їхнього високого або низького вмісту) для оцінювання екологічного стану ґрунтів, розроблення ефективних заходів з оптимізації елементного живлення рослин або запобігання зниженню якості й безпечності продовольчої сировини і кормів внаслідок забруднення ВМ; для ефективного екоменеджменту ґрунтовими ресурсами;
- спостереження за джерелами антропогенного впливу, станом довкілля та процесами, що відбуваються за впливу антропогенних (техногенних, технологічних) факторів;
- оцінювання екологічного стану ґрунтів та суміжних середовищ. Ураховують масштаби забруднення ґрунтів (локальний, регіональний), його походження (природне, наприклад у районах наближення поліметалевих руд; техногенне) з визначанням специфіки впливу джерел забруднення ґрунтового покриву (металургійна, хімічна, гірничодобувна промисловість, теплоенергетика, виробництво будівельних матеріалів, автотранспорт; зрошення водами, внесення осаду стічних вод, добрив і меліорантів із високим вмістом ВМ тощо);
- прогноз змін екологічного стану ґрунтів.

За обстеження ґрунтів на вміст хімічних елементів поза зоною техногенного впливу, де вміст валових і рухомих їхніх форм не перевищує чинних ГДК / ОДК та у межах фонових значень, рекомендується аналізувати 10–20 % проб, відібраних для аналізування та періодичне повне оновлення інформації на усіх пробних ділянках не рідше за 15–20 років.

У зонах ризику впливу та постійного або періодичного впливу забруднення з істотним перевищенням ГДК / ОДК вмісту хімічних елементів та зональних чи місцевих фонових значень аналізуванню підлягають усі проби, що відбирають для аналізів. Рекомендована періодичність такого обстеження раз на 5 років та не рідше за 10 років.

У зонах техногенного впливу завданнями обстеження є визначення рівнів вмісту забруднювальних речовин із встановленням закономірностей їхньої міграції у ґрунтах; виявлення токсичності, рівня небезпеки та негативного впливу ВМ на показники властивостей ґрунту; рівнів транслокації забруднювачів у рослини.

Порядок проведення обстеження території, що зазнала забруднення, складається з двох етапів: *попереднього* (підготовчий, оцінювання ризиків за орієнтовного обстеження, польовий, аналітичний), *детального* (польовий, аналітичний, камерально-картографічний).

Моніторинг забруднення проводять організації та установи, які виконували первинне обстеження земель, або уповноважені органи з контролю за використанням та охороною земель.

Моніторинг забруднення проводять для одержання систематичної інформації про рівень техногенного хімічного навантаження, екологічний стан ґрунтів та вміст у них забруднювальних речовин.

Моніторингові спостереження проводять на частині пробних ділянок, обраних під час початкового обстеження. Кількість і місце розташування моніторингових ділянок обирають з урахуванням потенційних джерел забруднення, геоморфологічних факторів і неоднорідності ґрунтового покриву території. Рекомендована кількість таких ділянок – до 10 % загальної кількості робочих ділянок.

Схема розташування точок спостереження, періодичність проведення вимірювань та перелік показників, що підлягають контролю, має бути визначено у плані моніторингу, який коригують після обстеження земель, на які поширено хімічне забруднення.

Результати моніторингу зберігають у вигляді баз даних та електронних карт забруднених земель із позначенням на них класів персистентності забруднювальних речовин. Одержану інформацію використовують для складення прогнозу самоочищення ґрунтів і відстеження визначеного статусу техногенно забруднених земель та коригування терміну його дії.

За результатами детального обстеження проводять оцінювання рівнів небезпеки забруднення, визначають основні завдання та план санації. План санації є основою практичної реалізації робіт з екологічної реабілітації й підлягає затвердженню відповідними

державними відомствами, а результати детального обстеження підлягають перевірці наглядовими органами.

4.1.13.3. З метою науково-методологічного та інформаційного забезпечення проведення моніторингу забруднення ґрунтів, зведення до мінімуму негативних наслідків локального забруднення ґрунтів за розроблення інструментів та заходів із запобігання та ліквідації забруднення, актуалізується розроблення:

- методик оцінювання ризиків на забруднених ділянках та управління ризиками і їх оптимізації;
- системи моніторингу локального забруднення ґрунтів;
- стратегії управління локальними забрудненими ділянками із неприйнятним ризиком нанесення шкоди здоров'ю населення, поверхневим і підземним водам; агровиробництву, лісовим екосистемам, безпеці продуктів харчування, біорізноманіттю;
- методики моніторингу локального забруднення ґрунтів із урахуванням кількості, стану, розмірів і характеристик ділянок з локальним забрудненням ґрунтів.

4.1.13.4. Дифузне забруднення ґрунтів унаслідок значного поширення на великих територіях створює ризики шкодочинного впливу самим ґрунтам, населенню, водним ресурсам та біорізноманіттю. Для зведення до мінімуму можливого негативного впливу дифузного забруднення ґрунтів на здоров'я населення і довкілля країни актуальним є:

- розроблення стратегії оцінювання сучасного стану дифузного забруднення ґрунтів в Україні для інформаційного забезпечення процесу управління дифузним забрудненням;
- розроблення методик оцінювання існуючих рівнів дифузного забруднення ґрунтів та контролю за джерелами дифузного забруднення;
- створення системи моніторингу дифузного забруднення ґрунтів з урахуванням методик відбору репрезентативних ґрунтових проб на великих територіях та методик аналізу проб на вміст забруднювачів із урахуванням властивостей ґрунтів та екстрагентів, що використано для аналізування зразків.

Рівні дифузного забруднення ґрунтів мають невисокі значення, що істотно утруднює точну ідентифікацію неприйнятних ризиків

для ґрунтів, водних об'єктів тощо. Однак запобігання дифузному забрудненню ґрунтів, заснованому на принципі зведення до мінімуму з огляду на економічні можливості, є вкрай важливим, оскільки дифузного типу забруднення не можна позбутися як з технічних, так і з економічних причин; у більшості випадків спостерігається безперервна деградація ґрунтових ресурсів.

4.1.13.5. Адаптація та удосконалення розробленого комплексу інноваційних методів моніторингу техногенного забруднення ґрунтів [17–30] та розроблення нових методів моніторингу хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за мілітарного впливу.

4.1.13.6. Удосконалення методів проведення моніторингу забруднення ґрунтів земельних ділянок у зонах промислових підприємств.

4.1.13.7. Удосконалення методів проведення моніторингу хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок у зонах ураження об'єктів інфраструктури населених пунктів.

4.1.14. Запровадження порядку використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок, що підлягають консервації та удосконалення моніторингу хімічно забруднених земель, що підлягають консервуванню та ревайлдингу.

4.1.14.1. Для забезпечення раціонального управління й використання ґрунтових ресурсів техногенно забруднені земельні ділянки за їхньої встановленої малої продуктивності, на яких не забезпечується одержання продукції, що відповідає встановленим вимогам якості (нормам, правилам, нормативам), підлягають вилученню із сільськогосподарського обігу та консервації.

4.1.14.2. Для забезпечення зниження забруднення ґрунтів та земель необхідним є:

- моніторинг земель, що підлягають консервації;
- зменшення площі техногенно забруднених земель, що потребують консервації;
- підвищення рівня ефективності консервації земель сільськогосподарського призначення для забезпечення екологічно безпечної агропродукції.

4.1.14.3. Порядок консервації техногенно забруднених ґрунтів земельних ділянок та порядок його погодження і затвердження встановлює законодавство України (ст. 170 та ст. 186 Земельного кодексу

України відповідно [31]; «Порядок консервації земель», затверджений КМУ, Постанова за № 35 від 19.01.2022 р. [32]).

За необхідності виведення забрудненої території з експлуатації або її перепрофілювання потрібно розробити відповідні документи, узгодити їх з наглядовими органами. Після чого реалізовувати заходи щодо реабілітації забруднених територій на основі їхнього обов'язкового екологічного обстеження організаціями, що мають відповідні акредитації щодо технічного регулювання й метрології.

Консервація техногенно забруднених ґрунтів деградованих, малопродуктивних земельних ділянок, зокрема радіаційно небезпечних, радіоактивно забруднених земель або земель, забруднених ВМ та іншими хімічними елементами, проводять за відповідним проектом оптимізації природокористування, у якому потрібно забезпечити дотримання таких обов'язкових умов:

- встановлення площ для консервації земельних ділянок у розрізі природно-сільськогосподарських зон і адміністративних областей;
- стійкість рослинного покриву до токсичної дії техногенного забруднення;
- запобігання розвитку деградаційних процесів – ерозії, дегуміфікації, закислення, переущільнення тощо;
- використання як орієнтовних показників, що характеризують ґрунтові властивості і зумовлюють необхідність консервації земель за природно-сільськогосподарськими зонами, за умов хімічного забруднення – перевищення ГДК та фонових рівнів вмісту важких металів у ґрунті певного типу; за умов радіаційного забруднення – щільність забруднення ґрунтів ізотопами цезію, стронцію, плутонію, Ki/km^2 (цезій – 15 і більше; стронцій – 3 і більше; плутоній – 0,1 і більше згідно з «Порядком консервації земель», затвердженим КМУ, Постанова за № 35 від 19.01.2022 р. [32]);
- недопущення зміни цільового призначення земельних ділянок та їхнього господарського використання, зокрема використання ґрунтів земельних ділянок під кормову базу тваринництва та житлового будівництва, створення рекреаційних зон тощо на техногенно забруднених територіях.

4.1.14.4. Моніторинг земель, які підлягають консервуванню.

Моніторинг на техногенно забруднених землях проводять для оперативного контролю за накопиченням забруднювальних речовин у ґрунті та перебігом процесів його очищення й самоочищення.

Періодичність проведення моніторингових спостережень на землях, що набули статусу техногенно забруднених через поступове накопичення забруднювальних речовин, така: вимірювання вмісту забруднювальних речовин у ґрунті (валових і рухомих форм) – один раз на термін дії статусу, біологічне тестування ґрунту – двічі за термін дії статусу; визначення модуля техногенного хімічного навантаження – щороку; визначення рН ґрунту – щороку.

Моніторингові спостереження на землях, що набули статусу техногенно забруднених унаслідок виникнення аварій та надзвичайних ситуацій на потенційно небезпечних об'єктах, під час транспортування забруднювальних речовин, унаслідок військової діяльності мають таку подичність проведення: вимірювання вмісту забруднювальних речовин у ґрунті (валових і рухомих форм) – щороку; біологічне тестування ґрунту – щороку; визначення рН водної витяжки з ґрунту – щороку.

4.3.2. Нові апробовані методи на хімічно забруднених ґрунтах за воєнно-техногенних впливів

Апробовано новий патентнозахищений метод поліпшення екологічного стану системи ґрунт – рослина [16] за нових умов воєнно-техногенних впливів на агроценози в зоні Курахівської ТЕС. Апробацію здійснено ДДСДС НААН (Договір № 2 від 10.04.2023 р.)

Результатами досліджень ґрунтів земельних ділянок у складі агроценозів, що зазнали впливу хімічного забруднення ТОВ «ДТЕК Курахівська ТЕС», встановлено пріоритетність забруднення системи ґрунт – рослина рухомими сполуками Cd, Pb, Zn і Cu на відстанях до 3, 10, 20 і 30 км від центра емісій забруднювачів об'єкту енергетичного виробництва.

Дослідженням території, що зазнала мілітарного впливу, виявлено руйнування ґрунтової поверхні з утворенням вирв, засмічення металевими уламками, забруднення хімічними речовинами у місцях

вибухів снарядів та ракет. Зокрема, встановлено перевищення фонових рівнів вмісту у ґрунті металів-токсикантів Cd, Pb, Cu, Ni. Отримані результати ґрунтових проб вказують на перевищення над фоновими концентрацій забруднювальних речовин в ґрунтах в місцях бойових дій в 1,1–1,3 рази для ртуті, кадмію, свинцю, у місцях потрапляння снарядів або воронок досягало 7–17 разів.

Досліджено наявні вирви, що утворено різними видами застосованої агресором зброї за масованих обстрілів дослідженої території і ранжовано характеристики вирв відповідно до ТТХ видів зброї (табл. 4.1). Установлено, що найбільшу кількість вирв досліджених ділянок утворено за обстрілів з використанням установки «Град», польових і самохідних гаубиць, калібр 120 мм і мінометів з осколковими снарядами 82 мм та осколково-фугасними мінами, калібр 82 мм.

Таблиця 4.1. Індикаторні характеристики мілітарного впливу на ґрунти досліджених земельних ділянок

Спряжені характеристики окремих ТТХ видів зброї і діаметра вирв				
Види зброї, що використано агресором для обстрілів	Реактивна система залпового вогню «Ураган», калібр 220 мм	Міномети зі снарядами 152 мм, гармати, що буксируються, гаубиці, самохідні гаубиці, калібр 152 мм	Установки «Град», польові і самохідні гаубиці; калібр 120 мм	Міномети із осколковими снарядами 82 мм та осколково-фугасними мінами, калібр 82 мм
Діаметр вирв, що утворюють різні види застосованої зброї	Близько 7 м	4–6 м	2,5–3,5 м	Близько 1 м

Суть нового методу хімічної ремедіації забрудненого ВМ ґрунту полягає у такому: екологічна реабілітація хімічно забруднених чорноземних ґрунтів сільськогосподарського використання із застосуванням розробленої ефективної композиції нового ХГП Смарагд у системі ґрунт – рослина зон атмотехногенного впливу ТОВ «ДТЕК Курахівська ТЕС» та зон порушених ґрунтів земельних ділянок за діаметрів вирв від 1 до 4 м з подальшою ідентифікацією видів зброї у спряженні з окремими її ТТХ та попереднього визначення екологічного стану системи ґрунт – рослина.

Метод поліпшення екологічного стану системи ґрунт – рослина базується на хімічній ремедіації забруднення ВМ використанням нової композиції ХГП Смарагд та на встановлених закономірностях транслокації ВМ і МЕ у системі ґрунт – рослина.

Нове добриво створено для обробки насіння, підживлення рослин та внесення у ґрунт за умов хімічного забруднення ВМ. ХГП Смарагд з удобрювально-стимулювальним ефектом містить Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Mo і В у вигляді хелатних сполук з використанням комплексону ОЕДФ, з подальшим введенням у хелатний розчин препарату відомого гумату з органічної сировини природного походження; всі агенти препарату взаємодіють у визначеному співвідношенні, що забезпечує ремедіаційний ефект за хімічного забруднення системи ґрунт – рослина.

Результатами фенологічних спостережень за дослідження впливу ХГП Смарагд на урожайність ячменю (*Hordeum vulgare*) та показники якості й екологічної безпеки зерна і соломи на хімічно забруднених ґрунтах, встановлено позитивний вплив ХГП Смарагд на показники структури врожаю – польової схожості та кущистості тест-культури на забруднених ґрунтах. Зокрема, польова схожість ячменю збільшилась на 4,5 % порівняно з контрольним варіантом, де цей показник становив 87,5 %; показник кущистості тест-культури зріс від 1,7 (контроль) до 2,3 (варіант застосування ХГП Смарагд); коефіцієнт кушіння підвищився до 1,5–1,7 порівняно з продуктивною кущистістю у 1,3 контролю.

На обраних дослідних ділянках (0–3 км, 3–10 км за середньорічною розою вітрів і найбільшого розсіювання викидів ВМ) визначено ступінь техногенного впливу Курахівської ТЕС на агрофітоценоз ячменю із урахуванням застосування ХГП Смарагд у системі ґрунт – рослина за умов впливу хімічного забруднення та мілітарного фактора.

Установлено позитивний вплив застосування ХГП Смарагд на показники приросту врожайності тест-культури порівняно з контролем (табл. 4.2), що свідчить про відновлення продуктивності культур фітоценозу, зокрема *Hordeum vulgare*.

Дослідженнями впливу ХГП Смарагд на акумуляцію ВМ тест-рослинами ячменю за умов впливу атмотехногенних емісій забрудню-

**Розділ 4. Відновлення і використання хімічно забруднених ґрунтів
земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів...**

вачів і мілітарного впливу (табл. 4.3) встановлено, що застосування ХГП Смарагд запропонованим способом у системі ґрунт – рослина за умов впливу викидів забруднювачів Курахівської ТЕС сприяло зниженню вмісту Cd у зерні ячменю на 18 %, вегетативній масі – на 28 %.

**Таблиця 4.2. Вплив застосування ХГП Смарагд на урожай
*Hordeum vulgare***

№ з/п	Варіант дослідів	Урожай тест-культури, т/га	Додатковий урожай відносно контролю, т/га (%)
1	Контроль (система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів Курахівської ТЕС)	2,88	–
2	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + ХГП Смарагд	3,40	+0,52 (18,1 %)
3	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + мілітарний фактор	2,73	-0,15 (- 5,2 %)
4	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + мілітарний фактор + ХГП Смарагд	3,33	+045 (15,6 %)

Таблиця 4.3. Вплив застосування ХГП Смарагд на вміст металів-токсикантів у рослинах *Hordeum vulgare*

№ з/п	Варіант дослідів	Вміст металів-токсикантів у тест-рослинах, мг/кг		
		Cd	Pb	Zn
1	Контроль (система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів Курахівської ТЕС)	0,11	0,59	50,5
		0,64	3,42	60,4
2	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + ХГП Смарагд	0,09	0,45	40,75
		0,46	2,60	45,9
3	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + мілітарний фактор	0,13	0,65	52,9
		0,69	3,8	56,9
4	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + мілітарний фактор + ХГП Смарагд	0,08	0,50	42,52
		0,49	2,80	47,2
Примітка: над рискою – вміст ВМ у зерні; під рискою – вміст ВМ у вегетативній масі тест-культури.				
ГДК ВМ у зерні		0,1	0,5	50,0
ГДК ВМ у вегетативній масі рослин		0,3	5,0	50,0

Виявлено, що за мілітарного впливу та хімічного забруднення системи ґрунт – рослина ВМ використання запропонованого методу хімічної ремедіації сприяло зниженню вмісту Cd у зерні ячменю на 27 %, у вегетативній масі – на 23 %. За забруднення ВМ використання ХГП Смарагд забезпечило зниження вмісту Pb у зерні ячменю на 24 %, вегетативній масі – на 24 %; за мілітарного впливу – зниження вмісту Pb відповідно становило 15 і 18 %.

Вміст Zn у тест-рослинах також зменшився за застосування ХГП Смарагд у зонах емісій забруднювачів енергетичного виробництва. Зокрема, встановлено зниження вмісту Zn у зерні на 19,3 та на 24 % у вегетативній масі ячменю ярого. За впливу мілітарного фактора використання ХГП Смарагд досягнуто зменшення вмісту Zn на 16 % у зерні, на 22 % у вегетативній масі тест-культури.

Отже, завдяки отриманим результатам з апробації нового методу поліпшення екологічного стану системи ґрунт – рослина за воєнно-техногенних впливів у зоні Курахівської ТЕС встановлено:

- удобрювально-стимулювальний і ремедіаційний ефекти ХГП Смарагд завдяки використанню нової ефективної композиції препарату із забезпеченням планованого ресурсозбереження на 10–15 %;
- нове добриво не має обмеження на жорсткість води; є придатним до використання на карбонатних ґрунтах;
- рідинна форма препарату та добра розчинність у воді складників запропонованої композиції дає можливість споживачам отримати його робочі розчини в широкому діапазоні співвідношення хелат – гумат у польових умовах у необхідних дозах залежно від складу ґрунту і потреби рослин у поживних речовинах із одночасним спрощенням транспортування та здешевленням його використання;
- забезпечення поліпшення адаптогенних властивостей та відновлення продуктивності рослин за умов забруднення ВМ і мілітарного впливу завдяки зменшенню надходження ВМ і оптимізації мікроелементного складу тест-рослин;
- поліпшення екологічного стану системи ґрунт – рослина за мінімізації хімічного забруднення воєнно-техногенних впливів;

- придатність методу на чорноземних ґрунтах порушених земельних ділянок внаслідок обстрілів з установок «Град», польових і самохідних гаубиць; калібр 120 мм і мінометів з осколковими снарядами 82 мм та осколково-фугасними мінами, калібр 82 мм за виявлених діаметрів вирв від 1 до 4 м для мінімізації комплексних негативних впливів мілітарного фактора та хімічного забруднення на систему ґрунт – рослина та для зниження інтенсивності процесів хімічної і біологічної деградації ґрунтів.

Апробовано новий патенто захищений метод активізації біологічного потенціалу ґрунту для біоремедіації хімічно забрудненої системи ґрунт – рослина [15] за нових умов воєнно-техногенних впливів у зоні Курахівської ТЕС. Апробацію здійснено ДДСДС НААН (Договір № 2 від 10.04.2023 р.).

За результатами досліджень з апробації нового методу встановлено, що рівень забруднення ВМ зменшується за віддалення від центра емісій забруднювачів ТОВ «ДТЕК Курахівська ТЕС», досягаючи фонового вмісту на відстані від 10–15 до 30–40 км. По інтенсивності транслокації із ґрунту в рослини пшениці озимої і ячменю ярого елементи розташовуються в ряд $Zn > Cu > Pb > Cd$.

Застосований метод біологічної ремедіації забруднення ВМ у системі ґрунт – рослина ґрунтується на активізації біологічного (мікробіологічний, біохімічний) потенціалу техногенно забруднених ґрунтів, використанні нової властивості біологічного препарату Гаупсин БТ; на створенні і використанні специфічних мікробно-рослинних асоціацій за посилення біологічної ефективності застосованого біопрепарату і відновлення продуктивності вирощуваних рослин за умов хімічного забруднення.

Результатами фенологічних спостережень за дослідження впливу Гаупсин БТ на урожайність пшениці озимої (*Triticum aestivum*) та показники якості і екологічної безпеки зерна на хімічно забруднених ґрунтах встановлено позитивний вплив запропонованого алгоритму використання Гаупсин БТ на хімічно забруднених ґрунтах на показники структури урожаю – польової схожості та куцистості тест-культури. Зокрема, польова схожість пшениці збільшилась на 3,5 % порівняно з контролем, де цей показник становив 86,7 %; показник куцистості тест-культури зріс від 1,9 (контроль) до 2,8

(варіант застосування Гаупсин БТ); коефіцієнт кущіння підвищився до 1,6–1,8 порівняно з продуктивною кущистістю у 1,4 контрольного варіанта.

На дослідних ділянках (0–3 км, 3–10 км за середньорічною розою вітрів і найбільшого розсіювання викидів ВМ) визначено ступінь техногенного впливу Курахівської ТЕС на агрофітоценоз *Triticum aestivum* із урахуванням застосування Гаупсин БТ у системі ґрунт–рослина за умов впливу хімічного забруднення та мілітарного фактора (табл. 4.4, 4.5).

Установлено позитивний вплив застосування біопрепарату на показники приросту врожайності тест-культури порівняно з контролем, що свідчить про відновлення продуктивності культур фітоценозу (табл. 4.4).

Установлено, що застосування біопрепарату Гаупсин БТ запропонованим способом у системі ґрунт – рослина за умов впливу викидів забруднювачів Курахівської ТЕС сприяло зниженню вмісту Cd у зерні пшениці на 36,4 %, вегетативній масі – на 42 %. Виявлено, що за мілітарного впливу та хімічного забруднення системи ґрунт – рослина ВМ використання запропонованого методу біологічної ремедіації сприяло зниженню вмісту Cd у зерні ячменю на 27,3 %, у вегетативній масі – на 29 % (табл. 4.5).

Таблиця 4.4. Вплив застосування Гаупсин БТ на урожай *Triticum aestivum*

№ з/п	Варіант досліджу	Урожай тест-культури, т/га	Додатковий урожай відносно контролю, т/га (%)
1	Контроль (система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів)	3,38	–
2	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + Гаупсин БТ	3,98	+0,6 (17,8 %)
3	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + мілітарний фактор	3,05	-0,33 (9,7 %)
4	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + мілітарний фактор + Гаупсин БТ	3,90	+0,52 (15,4 %)

Таблиця 4.5. Вплив застосування Гаупсин БТ на вміст металів-токсикантів у рослинах *Triticum aestivum*

№ з/п	Варіант досліджу	Вміст металів-токсикантів у тест-рослинах, мг/кг		
		Cd	Pb	Zn
1	Контроль (система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів Курахівської ТЕС)	$\frac{0,11}{0,9}$	$\frac{0,80}{5,2}$	$\frac{59,5}{62,4}$
2	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + Гаупсин БТ	$\frac{0,07}{0,52}$	$\frac{0,55}{3,22}$	$\frac{39,75}{50,9}$
3	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + мілітарний фактор	$\frac{0,10}{0,92}$	$\frac{0,75}{5,9}$	$\frac{60,9}{67,92}$
4	Система ґрунт – рослина зон впливу атмотехногенних емісій забруднювачів + мілітарний фактор + Гаупсин БТ	$\frac{0,08}{0,64}$	$\frac{0,52}{3,59}$	$\frac{45,3}{42,5}$
Примітка: над рискою – вміст ВМ у зерні; під рискою – вміст ВМ у вегетативній масі.				
ГДК ВМ у зерні рослин		0,1	0,5	50,0
ГДК ВМ у вегетативній масі рослин		0,3	5,0	50,0

За хімічного забруднення ВМ використання біопрепарату Гаупсин БТ забезпечило зниження вмісту Pb у зерні ячменю на 31 %, вегетативній масі – на 38 %; за мілітарного впливу – зниження вмісту Pb відповідно становило 35 і 31 %.

Вміст металу-токсиканту Zn у тест-рослинах також зменшився за застосування біопрепарату Гаупсин БТ в досліджених зонах емісій забруднювачів енергетичного виробництва. Зокрема, встановлено зниження вмісту у зерні на 33 % та на 18,4 % у вегетативній масі пшениці озимої. За впливу мілітарного фактора використання запропонованого біопрепарату Гаупсин БТ досягнуто зменшення вмісту Zn на 24 % у зерні та на 32 % у вегетативній масі тест-культури.

Отже, результатами з апробації методу встановлено:

- біоремедіаційний ефект біопрепарату у забрудненій системі ґрунт – рослина за інтенсифікації процесів біоремедіації і відновлення продуктивності рослин за показниками приросту врожайності тест-культури та на зниження акумуляції ВМ тест-рослинами порівняно з контролем;

- відновлення якості хімічно забрудненої системи ґрунт – рослина за мінімізації впливу хімічного забруднення і мілітарного фактора;
- зниження ресурсовитратності за зменшення доз препарату для досягнення біоремедіаційного ефекту;
- придатність методу на чорноземних ґрунтах порушених земельних ділянок внаслідок обстрілів з установок «Град», польових і самохідних гаубиць; калібр 120 мм, мінометів з осколковими снарядами 82 мм та осколково-фугасними мінами, калібр 82 мм за виявлених діаметрів вирв від 1 до 4 м.

Методи рекомендовано до впровадження у господарствах різних форм власності Донецької області, що спеціалізуються на виробництві зернових культур на територіях з ризиками забруднення та комплексних негативних впливів мілітарного фактора, хімічного забруднення для зниження інтенсивності процесів хімічної деградації ґрунтів, відновлення їхньої родючості за воєнно-техногенних впливів, повернення ґрунтів земельних ділянок у господарський обіг.

4.4. Обговорення результатів

Розроблені нами концептуальні положення щодо ремедіації забруднених ґрунтів за воєнно-техногенних впливів ураховують специфіку мілітарного впливу та хімічного забруднення чорноземних ґрунтів.

Отримані нами результати теоретичних та емпіричних досліджень щодо відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів, розроблення концептуальних положень та нових методів контролю за деградацією відповідають загальній стратегії розвитку сучасних концептів управління, стратегій і методів ремедіації забруднених ґрунтів у країнах світу.

Зокрема, аналізування сучасних концептів управління і стратегій відновлення та їхніх складників – ефективних методів і технологій ремедіації забруднених ґрунтів країн ЄС та світу [33–40], засвідчило створення на їхній основі онлайн бази даних, що містить докладнішу інформацію про алгоритми прийняття рішень і чинні ефективні технології управління та відновлення забруднених ґрунтів [41].

ФАО та ЮНЕП у 2021 р. оприлюднили Глобальну оцінку ґрунту у форматі доповіді про забруднення [42]. Базові положення документа розроблено Глобальним ґрунтовим партнерством (GSP) ФАО та його міждержавною технічною Комісією з питань ґрунтів (ITPS) щодо загрози забруднення ґрунтів для здоров'я та добробуту населення світу.

Доповідь охоплює масштаби та майбутні тенденції забруднення ґрунту, ризики та наслідки впливу забруднення ґрунту на здоров'я довілля та продовольчу безпеку. Вагомими складниками доповіді є концепція відновлення ґрунтів забруднених територій і природних ресурсів із зобов'язаннями дотримання соціальної відповідальності, фінансової і юридичної відповідності; концепт «стійкості» у процесі відновлення забрудненого ґрунту через визначення збалансованості екологічного, соціального й економічного факторів позитивного та негативного впливу, усуваючи неприйнятні рівні ризиків для здоров'я людини, води, ґрунту, біорізноманіття тощо. Стійкість ремедіації ґрунту (відновлення та регенерація функціонування) визначено головним фактором у процесі прийняття рішень щодо моніторингу, проектування і впровадження стратегій ремедіації забруднених ґрунтів.

Ремедіація ґрунту розглядається як процес відновлення забрудненого ґрунту до початкового стану або зниження концентрації забруднювальних речовин до прийнятного рівня. Передбачає етапність, що потребує ретельного планування та виконання розроблених алгоритмів для гарантування ефективності відновлення ґрунту за впливу забруднення.

У доповіді ФАО та ЮНЕП визначено загальні процедури відновлення ґрунту для оцінювання доцільності, проектування, застосування та оцінювання ефективності дій за ремедіації забрудненого ґрунту; необхідність залучення громади і зацікавлених сторін щодо ремедіації ґрунтів забруднених територій як базового компонента впровадження сталих дій на етапі проектування, впровадження та аудиту результативності ремедіації ґрунту забруднених територій.

Представлено розроблений загальний алгоритм ремедіації ґрунтів забруднених територій без урахування специфіки забруднення: (1) визначення потенційно забруднених територій; (2) попередні дослідження; (3) детальні дослідження; (4) оцінювання ризику; (5) план відновлення за ремедіації ґрунтів; (6) впровадження заходів

ремедіації забруднених ґрунтів земельних ділянок (заходи зі зменшення ризику забруднення; заходи з відновлення ґрунтів; технології рекультивації забруднених ґрунтів; стратегії управління та адаптації до забруднення ґрунту); (7) моніторинг та відбір проб із верифікацією результатів; (8) оцінювання результативності та відповідності ремедіації; (9) реставрація та ремедіація рослинності; (10) оцінювання результатів ремедіації тощо.

Актуальний напрям наукових досліджень з питань стійкого відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів і хімічного забруднення ґрунту, системи ґрунт – рослина потребує подальшого розвитку та досліджень як в Україні, так і в країнах різних континентів. Зокрема, визначеними нами перспективами досліджень є такі: (1) подальше розроблення теоретичних та практичних аспектів стійкої ремедіації (відновлення та регенерація функціонування) забруднених ґрунтів різних типів; (2) розроблення положень управління забрудненими землями на основі оцінювання ризиків; (3) розроблення інструментів інтегрованого (багаторівневого) оцінювання, показників та оцінювання; систем оцінювання; (4) розроблення методів оцінювання та переліку показників сталого відновлення із урахуванням розроблення основних принципів і методичних підходів до сталої ремедіації та принципів прийняття рішень; (5) розроблення переліку індикаторних економічних, соціальних та екологічних показників для встановлення доцільності ремедіації забруднених ґрунтів; (6) розроблення інструментарію оцінювання сталої ремедіації.

4.5. Висновок

1. Розроблено концептуальні положення щодо відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок з урахуванням особливостей їхнього моніторингу за воєнно-техногенних впливів.

2. Апробовано нові методи щодо мінімізації впливу, поліпшення екологічного стану системи ґрунт – рослина і ремедіації хімічно забруднених ґрунтів за нових умов воєнно-техногенних впливів – (1.1) метод поліпшення екологічного стану системи ґрунт – росли-

на із використанням нового хелатно-гуматного препарату Смарагд (2019) і (1.2) метод активізації біологічного потенціалу ґрунту за біо-ремедіації забрудненої ВМ системи ґрунт – мікроорганізми ґрунту – рослина (2019).

3. Методи апробовано за комплексних негативних впливів хімічного забруднення та мілітарного фактора на систему ґрунт – рослина. Встановлено фактори воєнно-техногенних впливів на агроцепози в зоні впливу Курахівської ТЕС, визначено екологічний стан системи ґрунт – рослина; ідентифіковано види зброї у спряженні з окремими її ТТХ та діаметром обстежених вирв ділянок обстрілів з РСЗО та ракетних ударів. Встановлено переваги запропонованих розробок на підставі результатів оцінювання їхнього використання за умов воєнно-техногенних впливів. Розроблено пропозиції щодо можливого коригування апробованих методів з урахуванням отриманих хіміко-аналітичних даних та експертного оцінювання.

4. Визначено перспективи досліджень з питань відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів у контексті концепту сталої ремедіації забруднених ґрунтів для контролю за деградацією ґрунтів та на базі аналізування сучасних концептів управління і стратегій відновлення, та їхніх складників – ефективних методів і технологій ремедіації забруднених ґрунтів країн ЄС та світу.

Список використаних джерел

1. *Rodríguez-Eugenio N., McLaughlin M., Pennock D.* Soil Pollution: a hidden reality. Rome, FAO. 2018. 142 p.
2. *FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC.* State of knowledge of soil biodiversity – Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. 2020. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>
3. *FAO and UNEP.* Towards Zero pollution: Launch of the Global Assessment of Soil Pollution: Report. Rome. 2021. 846 p. <https://doi.org/10.4060/cb4894en>
4. *FAO and UNEP.* Global assessment of soil pollution. Summary for policy makers. Rome, FAO. 2021. 84 p. <https://doi.org/10.4060/cb4827en>
5. *Фатеев А. І., Самохвалова В. Л.* Детоксикація важких металів у ґрунтовій системі. Методичні рекомендації. Харків: КП «Міськдруку», 2012. 70 с.

6. *Екологічна реабілітація техногенно забруднених важкими металами ґрунтів*. Методика; за ред. А. І. Фатєєва, В. Л. Самохвалової. Харків: Смуґаста типоґрафія, 2016. 147 с.
7. *Фатєєв А. І., Самохвалова В. Л.* Концепція використання техногенно забруднених ґрунтів. Харків: Смуґаста типоґрафія, 2018. 57 с.
8. *Спосіб детоксикації важких металів у системі ґрунт – рослина*. Фатєєв А. І. (UA), Самохвалова В. Л. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 20299 UA, МПК (2006): A01B 79/02 (2006.01), C09K 17/00. № u200608310; заявл. 24.07.2006; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1. 5 с.
9. *Спосіб ремедіації техногенно забрудненого важкими металами ґрунту*. Самохвалова В. Л. (UA), Фатєєв А. І. (UA), Зуза С. Г. (UA), Зуза В. О. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 85002 UA, МПК (2013.01): A01B 79/00, A01N 63/00, B09C 1/00, C09K 17/00, G01N 33/24 (2006.01) № u201304849; заявл. 16.04.2013; опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21. 5 с.
10. *Спосіб екологічної реабілітації ґрунту техногенно забрудненого переважно кадмієм, свинцем, цинком та хромом*. Самохвалова В. Л. (UA), Фатєєв А. І. (UA), Зуза С. Г. (UA) та ін.; заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 85544 UA, МПК (2013.01): A01B 79/00, A01N 63/00, B09C 1/00, C09K 17/00, G01N 33/24 (2006.01) № u201305840; заявл. 07.05.2013; опубл. 25.11.2013, Бюл. № 22. 6 с.
11. *Спосіб екологічної реабілітації ґрунту, техногенно забрудненого переважно кадмієм, цинком та міддю*. Самохвалова В. Л. (UA), Погромська Я. А. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 92170 UA, МПК (2014.01): A01B 79/00, B09C 1/00, C09K 17/00. № u201314389; заявл. 09.12.2013; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15. 7 с.
12. *Спосіб фіторемердіації техногенно забруднених важкими металами ґрунтів для ефективного їх використання*. Самохвалова В. Л. (UA), Зуза С. Г. (UA), Погромська Я. А. (UA) та ін.; заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 96936 UA, МПК (2015.01): A01B 79/02 (2006.01), A01G 7/00, B09C 1/00, G01N 33/24 (2015.01). № u201409885; заявл. 08.09.2014; опубл. 25.02.2015, Бюл. № 4. 6 с.

13. *Спосіб* біоремедіації системи ґрунт–ґрунтова біота–рослина за забруднення важкими металами як фактора хімічної та біологічної деградації. Самохвалова В. Л. (UA), Гринченко Т. О. (UA), Журавльова І. М. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 100982 UA, МПК: A01B 79/02 (2006.01), A01C 1/02 (2006.01). № u201412126; заявл. 10.11.2014; опубл. 25.08.2015, Бюл. № 16. 8 с.
14. *Спосіб* визначення загального вмісту нафти та нафтопродуктів у ґрунтах для моніторингу забруднення та ефективності ремедіації. Самохвалова В.Л. (UA), Фатеев А. І. (UA), Мандрика О. В. (UA) та ін.; заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 103978 UA, МПК: G01N 33/24 (2006.01), G01N 30/12 (2006.01). № u201505970; заявл. 17.06.2015; опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1. 6 с.
15. *Спосіб* активізації біологічного потенціалу ґрунту за біоремедіації забрудненої важкими металами системи ґрунт – ґрунтова біота – рослина. Самохвалова В. Л. (UA), Найдьонова О. Є. (UA), Погромська Я. А. (UA) та ін.; заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 132724 UA, МПК: G01N 33/24 (2006.01) C12R 1/07 (2006.01) C12P 1/04 (2006.01) C05F 11/08 (2006.01) A01C 1/02 (2006.01) A01B 79/02 (2006.01). № u201809304; заявл. 12.09.2018; опубл. 11.03.2019, Бюл. № 5. 8 с.
16. *Спосіб* одержання хелатно-гуматного препарату Смарагд з удобрювально-стимулюючим ефектом для поліпшення екологічного стану системи ґрунт–рослина. Самохвалова В. Л. (UA), Бублик В. (UA), Скрильник Є. В. (UA) та ін.; заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 135145 UA, МПК (2006): C05B 11/02 (2006.01), G01N 33/24 (2006.01), C05D 11/00. № u201806925; заявл. 20.06.2018; опубл. 25.06.2019, Бюл. № 12. 7 с.
17. *Спосіб* оцінки токсичної дії важких металів. Фатеев А. І. (UA), Самохвалова В. Л. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): ДП на винахід 69953 А, МПК (2006): A01G 7/00, G01N 33/24 (2006.01). № 20031211756; заявл. 7.12.2003; опубл. 15.09.2004, Бюл. № 9. 4 с.
18. *Спосіб* прогнозування екологічного стану ґрунту в зоні техногенного забруднення. Самохвалова В. Л. (UA), Фатеев А. І. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат України на винахід 83563 UA, МПК

- (2006): A01B 79/02 (2006.01), C09K 17/00 G01N 33/24 (2006.01). № а200611387; заявл. 30.10.2006; опубл. 25.07. 2008, Бюл. № 14. 6 с.
19. *Спосіб* індикації та оцінки екологічного стану аерально забрудненої системи «рослина–ґрунт». Самохвалова В. Л. (UA), Ворон В. П. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 46554 UA, МПК (2009): G01N 33/00, G01N 33/24 (2006.01), A01G7/00. № u200907417; заявл. 15.07.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл. № 24. 7 с.
20. *Спосіб* оцінки забруднення та нестачі мікроелементів ґрунту за встановлення фонового вмісту різних їх форм. Самохвалова В. Л. (UA), Лучникова Є. В. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 50068 UA, МПК (2009): G01N 33/24, G01N 30/00. № u200911890; заявл. 20.11.2009; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10. 5 с.
21. *Спосіб* індикації та оцінки екологічного стану забрудненої важкими металами системи ґрунт – рослина за біохімічними показниками. Самохвалова В. Л. (UA), Фатєєв А. І. (UA), Журавльова І. М. (UA) та ін., заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. України на винахід 92476 UA, МПК (2009): G01N 33/24. № а200707619; заявл. 06.07.2007; опубл. 10.11.2010, Бюл. №21. 6 с.
22. *Спосіб* встановлення атестованих значень показників вмісту хімічних елементів/компонентів у системі ґрунт – рослина. Самохвалова В. Л. (UA), Філатов В. П. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 70345 UA, МПК: G01N 33/24 (2006.01). № u201113037; заявл. 7.11.2011; опубл. 11.06.2012, Бюл. №11. 6 с.
23. *Спосіб* прогнозування вмісту рухомих форм важких металів та мікроелементів у ґрунтовій системі для ефективності ремедіації і використання. Самохвалова В. Л. (UA); Лопушняк В. І. (UA); Фатєєв А. І. (UA); Горякіна В. М. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 95649 UA, МПК: (2014.01) A01B 79/00, A01N 63/00, B09C 1/00, C09K 17/00; G01N 33/24 (2014.01). №\ u201408753; заявл. 04.08.2014; 25.12.2014, Бюл. № 24. 7 с.
24. *Спосіб* прогнозування елементного статусу системи ґрунт – рослина для екологічного нормування та управління якістю у трофічних ланцюгах. Самохвалова В. Л. (UA), Лопушняк В. І. (UA), Фатєєв А. І. (UA) та ін.; заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну мо-

- дель 105444 UA, МПК (2016.01): G01N 33/24 (2006.01), A01B 79/00. № u201507444; заявл. 24.07.2015; опубл. 25.03.2016, Бюл. №6. 8 с.
25. *Спосіб* прогнозування рівнів вмісту мікроелементів і важких металів ґрунтів різного генезису для оцінювання їх екологічних та продукційних функцій. Самохвалова В. Л. (UA), Скрильник Є. В. (UA), Шедей Л. М. (UA) та ін.; заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 107854 UA, МПК: G01N 33/24 (2006.01). № u201512399; заявл. 15.12.2015; опубл. 24.06.2016, Бюл. № 12. 8 с.
26. *Спосіб* прогнозування вмісту цинку у ґрунтах різного генезису для оцінювання їх еколого-енергетичного стану. Самохвалова В. Л. (UA), Скрильник Є. В. (UA), Шедей Л. М. (UA), Лопушняк В. І. (UA) та ін.; заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. України на винахід 113828 UA, МПК (2006): G01N 33/24 (2006.01), C01G 21/00. № a201512847; заявл. 25.12.2015; опубл. 10.03.2017, Бюл. № 5. 8 с.
27. *Спосіб* визначення вмісту свинцю у ґрунтах різного генезису для оцінювання їх еколого-енергетичного стану. Самохвалова В. Л. (UA), Самохвалова П. А. (UA), Філатов В. П. (UA), Горякіна В. М. (UA); заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. України на винахід 115014 UA, МПК (2006): G01N 33/24 (2006.01), C01G 21/00. № a201612732; заявл. 14.12.2016; опубл. 28.08.2017, Бюл. № 16. 8 с.
28. *Спосіб* прогнозування родючості ґрунтів за їх макроелементним станом. Самохвалова В. Л. (UA), Христенко А. О. (UA), Шедей Л. О. (UA) та ін.; заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 120082 UA, МПК: G01N 33/24 (2006.01). № u201703324; заявл. 06.04.2017; опубл. 25.10.2017, Бюл. № 20. 6 с.
29. *Спосіб* визначення вмісту легкогідролізуємого азоту у ґрунтах різного генезису для оцінювання якості ґрунтів. Самохвалова В. Л. (UA), Христенко А. О. (UA), Шедей Л. О. (UA) та ін.; заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (UA): пат. на корисну модель 122442 UA, МПК: G01N 33/24 (2006.01). № u201707167; заявл. 07.07.2017; опубл. 10.01.2018, Бюл. № 1. 8 с.
30. *Спосіб* визначення елементного складу ґрунтів різного генезису за їх біохімічною складовою. Самохвалова В. Л. (UA), Старченко О. І. (UA), Чебанова В. В. (UA) та ін.; заявник та патентоутримувач ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» (UA):

- пат. на корисну модель 124819 UA, МПК: G01N 33/24 (2006.01). № u201710660; заявл. 02.11.2017; опубл. 25.04.2018, Бюл. № 8. 7 с.
31. *Земельний кодекс України*. Київ, 2024.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
 32. *Постанова КМУ від 19.01.2022 р. № 35 «Про затвердження Порядку консервації земель»*. Київ, 2022.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/35-2022-%D0%BF#Text>
 33. *Sustainable Management of Contaminated Land: An Overview. A report from the Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies*. Umweltbundesamt, 2002, Vienna, [viewed 18 September 2014]. Available from: http://www.commonforum.eu/Documents/DOC/Clarinet/rblm_report.pdf
 34. *TRC, Green and Sustainable Remediation: A Practical Framework*. [online], Interstate Technology and Regulatory Council (ITRC), report GSR-2, 2011, Washington, D.C. [viewed 4 September 2014]. Available from: <http://www.itrcweb.org/Guidance/GetDocument?documentID=34>
 35. *Holland K. S., Lewis R. E., Tipton K. et al. Framework for integrating sustainability into remediation projects. Remediation*. 2011. 21 (3). P. 7–38.
 36. *Holland K., Karnis S., Kasner D. A. et al. Integrating Remediation and Reuse to Achieve Whole-System Sustainability Benefits. Remediation*. 2013. 23 (2). P. 5–17.
 37. *Meuser H. Soil Remediation and Rehabilitation: Treatment of Contaminated and Disturbed Land. Environmental Pollution*. Springer Netherlands. 2013. 406 p.
 38. *US EPA*. (2019). Remediation technologies for cleaning up contaminated sites. In: US EPA. <https://www.epa.gov/remedytech/remediation-technologies-cleaning-contaminated-sites>
 39. *US EPA*. (2019). RE-Powering America's Land Initiative: Tracking Completed Projects on Contaminated Lands, Landfills, and Mine Sites. US EPA. https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-10/documents/re_tracking_matrix_final_508_100219.pdf
 40. *US EPA*. 2020. CLU-IN technologies: Bioremediation overview. In: CLU-IN [online]. [Cited 15 June 2020]. [https://clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/Bioremediation/cat/Anaerobic_Bioremediation_\(Direct\)/](https://clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/Bioremediation/cat/Anaerobic_Bioremediation_(Direct)/)
 41. *FAO*. Forthcoming. Online Database on Best Management and Remediation Techniques for Polluted Soils. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/soil-pollution/en/>
 42. *FAO and UNEP*. (2021). Global assessment of soil pollution: Report. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4894en>

Застосування донних відкладень для підвищення родючості ґрунтів і відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій

**С. А. Балюк, Л. І. Воротинцева, М. А. Захарова, Є. В. Скрильник,
А. В. Кучер, В. А. Гаврилюк, В. В. Шимель, Г. Ф. Момот**
ГО «Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків»
ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

E-mail: vorotyntseva_ludmila@ukr.net

Анотація. Нині актуальними є питання, пов'язані з охороною та підвищенням родючості ґрунтів, усуненням розвитку деградаційних процесів, післявоєнним відновленням земель, пошкоджених внаслідок бойових дій. Мета розділу – визначення потенційної ефективності застосування донних відкладень з рибогосподарських водойм для підвищення родючості ґрунтів та відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій. Методи досліджень – польовий, аналітичних досліджень, узагальнення та аналізування отриманих даних щодо хімічного складу донних відкладень об'єктів досліджень і напрямів потенційного їх використання. Об'єктами досліджень є 4 рибогосподарських ставки: два ставки на території Чкаловської ТГ та два ставки на території Городищенської ТГ. Проведено обстеження рибогосподарських водойм пілотних об'єктів щодо потужності донних відкладень і власне відбір проб донних відкладень для визначення їх хімічного складу та оцінювання придатності використання у сільськогосподарському виробництві як ґрунтополіпшувачів і меліорантів для підвищення родючості ґрунтів і відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій. У результаті досліджень на прикладі рибогосподарських ставок пілотних об'єктів за основними показниками хімічного складу донних відкладень досліджено їх агрономічну цінність та напрями можливого використання у сільському господарстві. Визначено потенційну ефективність застосування донних відкладень рибогосподарських водойм для підвищення родючості ґрунтів та відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій з урахуванням агрономічної цінності складу та властивостей. Отже, видалення донних відкладень з рибогосподарських водойм є одним із важливих механізмів регулювання екологічного стану

водних екосистем та якості води в них. Напрямок їх використання визначається на підставі аналізу фізичних, фізико-хімічних, хімічних властивостей та ступеня забруднення. На прикладі пілотних об'єктів окреслено напрями потенційного використання донних відкладень в аграрному виробництві, зокрема для підвищення родючості ґрунтів і відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій.

Ключові слова: донні відкладення, рибогосподарські водойми, ґрунт, агрономічна цінність, родючість, економічна ефективність, поживні речовини, відновлення земель.

5.1. Вступ

Нині на міжнародному рівні однією із головних проблем є зростання площ деградованих земель, погіршення якісного стану ґрунтів та зниження їх родючості. Україна має унікальний ґрунтовий покрив, понад 60 % її площі зайнято чорноземними ґрунтами, які за властивостями і потенціалом родючості не мають собі рівних [1]. Крім чорноземних ґрунтів, поширені малопродуктивні (до 15 млн га), деградовані (до 10–12 млн га) і техногенно забруднені ґрунти (до 5–6 млн га), які потребують проведення додаткових заходів з охорони і відтворення родючості. Однак в Україні донині немає цілісної Державної програми раціонального використання та охорони земель від різних негативних природних і антропогенних впливів [2].

В Україні впродовж останніх років домінувала незбалансована дефіцитна система землеробства, що призвело до втрати ґрунтом значної частини гумусу (до 20–30 %), застосовувалися невеликі дози внесення гною (менше 1 т/га) і мінеральних добрив (менше 100 кг/га діючої речовини), які не забезпечують відтворення родючості ґрунтів, а баланс азоту, фосфору, калію та інших елементів був від’ємний. Врожаї останніх років є переважно результатом вичерпування природної родючості, збіднення потенційної її частини. Збитки тільки через недобір сільськогосподарської продукції становлять близько 35–40 млрд грн за рік [3].

Інтенсивне сільськогосподарське використання ґрунтів призводить до зниження родючості внаслідок розвитку процесів ущільнення (особливо чорноземів), знеструктурення (втрати грудкувато-зернистої структури), послаблення водопроникності й аераційної здатності.

На сьогодні воєнні дії внаслідок російської збройної агресії є потужним руйнівним чинником [4–6]. Під впливом воєнних дій перебуває понад 15 млн га земель, що призводить до розвитку низки деградаційних процесів та погіршення фізичних, фізико-хімічних, хімічних, біологічних властивостей, зниження рівня надання екосистемних послуг та якості ґрунту. Тому для відновлення ґрунтового покриву, рекультиватії порушених і деградованих ґрунтів актуальним та вкрай необхідним є застосування меліоративних заходів. Одним із

можливих заходів з відновлення родючості ґрунтів та рекультивациі пошкоджених під час воєнних дій земель є використання місцевих сировинних ресурсів, зокрема донних відкладень як джерела вуглецю (органічної речовини), азоту, фосфору, калію, кальцію, мікроелементів та матеріалу для виготовлення ґрунтосумішей, для проведення робіт з рекультивациі і структурної меліораціі земель [3, 7–9].

Донні відкладення є невід’ємною складовою водного середовища. Вони є продуктом процесів, що відбуваються у водоймі внаслідок життєдіяльності аквакультури, мікробіоти та ін. Їх склад та властивості є відображенням усієї сукупності біологічних, хімічних та фізичних процесів, що відбуваються у водоймі. Накопичення речовин на дні водойм та видалення донних відкладень – один із важливих механізмів регулювання вмісту цих речовин у водній товщі, що впливає на продуктивність водних екосистем та якість води в них. Їх надмірне накопичення негативно впливає на економічну ефективність аквакультури, здоров’я риби внаслідок прогресуючого обміління водойм та зменшення життєвого простору [10, 11]. Крім того, накопичення відкладень викликає зниження концентраціі розчиненого кисню у разі його споживання нітрифікувальними бактеріями, а також продукціі токсичних сполук, таких як H_2S і NO_2 [12].

За оцінками FAO [13], до 2030 р. світове виробництво аквакультури збільшиться на 32 %, що визначає високий рівень утворення донних відкладень. Згідно з даними мережі European SedNet, щороку в Європі видаляють 200 млн m^3 відкладень [14]. Однак напрям використання видобутих матеріалів визначають на підставі аналізу їх фізико-хімічних властивостей та ступеня забруднення [15]. Донні відкладення ставків суттєво відрізняються за своїм хімічним складом залежно від типу аквакультури, видів риби, що вирощується, кормів.

Повторне використання відкладень аквакультури у сільському господарстві має свої переваги. Дослідженнями [16–19] встановлено ефективність їх застосування у сільському господарстві для удобрення сільськогосподарських культур і поліпшення якості ґрунту завдяки високому вмісту поживних та органічних речовин.

В Україні ставковий фонд становить понад 40 000 ставків, у них щороку накопичується від 45 до 60 млн т донних відкладень. Екологічно безпечно їх видалення можливе на рівні 30–35 млн т [3].

Метою наших досліджень є визначення потенційної ефективності застосування донних відкладень рибогосподарських водойм для підвищення родючості ґрунтів і відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій.

5.2. Об'єкти (матеріали) і методи досліджень

За даними паспортизації ставкового фонду, в Україні є 11 тис. придатних для риборозведення водойм загальною площею близько 110 тис. га. Найбільшу кількість і площу водойм мають Дніпропетровська, Вінницька, Кіровоградська і Харківська області. Із загальної кількості спеціалізовані рибницькі стави, які використовують тільки за своїм основним призначенням, переважно за інтенсивною або напівінтенсивною технологією, становлять 45 % і займають площу 49100 га.

Дослідження проводили у двох природно-кліматичних зонах: Лісостепу (Харківська обл.) та Полісся (Волинська обл.). Карти рибогосподарських водних об'єктів Харківської та Волинської областей наведено на рис. 5.1, 5.2.

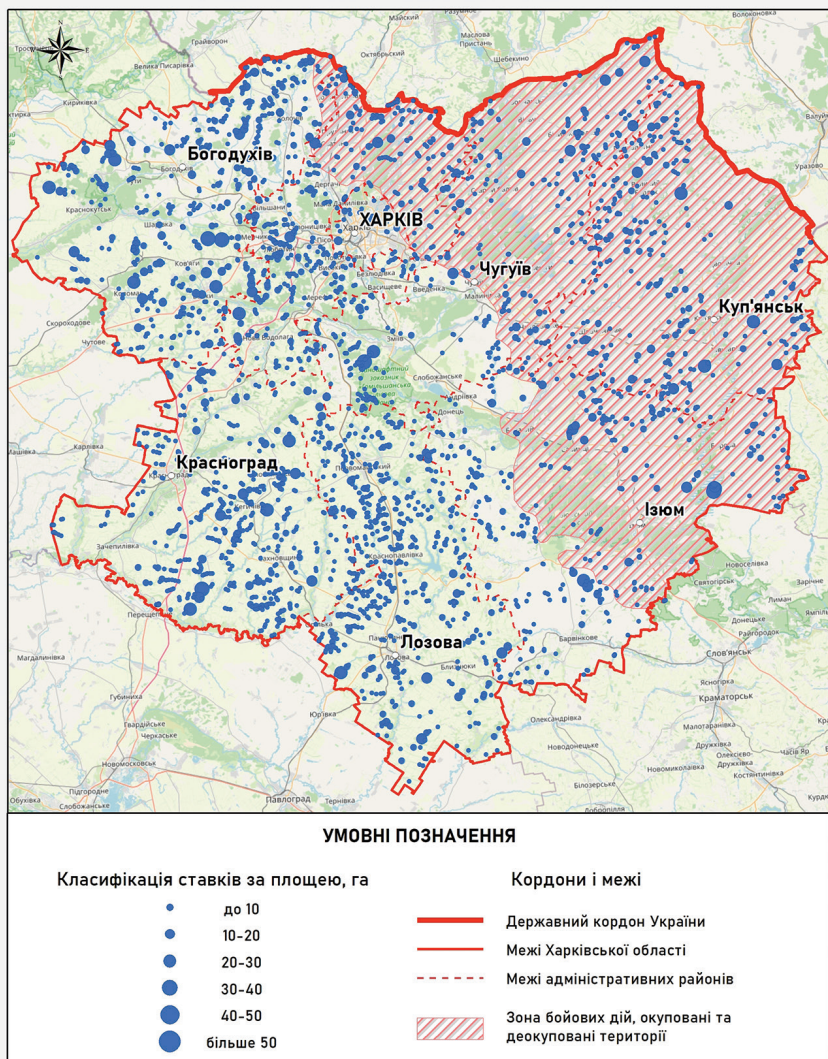
У Харківській області обліковують 2538 ставків загальною площею 13174 га та об'ємом 228,6 млн м³. У Волинській області – 1250 ставків, загальною площею водного дзеркала 5577,8 га.

Питання використання ставків у риборозведенні щороку набуває більшої актуальності, оскільки, на протигагу безперервному спаду виробництва продукції аквакультури 90-х років ХХ ст., нині намітилася деяка тенденція до створення нових і реконструкції старих рибоводних підприємств.

Об'єктами досліджень були чотири рибогосподарських ставка: два ставка на території Чкаловської територіальної громади (ТГ, Харківська обл., Чугуївський р-н) та Городищенської ТГ (Волинська обл., Луцький р-н). Ставки мають паспорт водогосподарського об'єкта, який містить інформацію щодо його характеристик.

Польовий етап досліджень включав обстеження рибогосподарських водойм пілотних об'єктів щодо потужності донних відкладень та власне відбір проб донних відкладень для визначення їх хімічного складу й оцінювання придатності використання у

СТАВКИ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ



МАСШТАБ 1 : 1 250 000

Рис. 5.1. Рибогосподарські водні об'єкти Харківської області

СТАВКИ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ



МАСШТАБ 1 : 1 000 000

Рис. 5.2. Рибогосподарські водні об'єкти Волинської області

сільськогосподарському виробництві як ґрунтополіпшувачів і меліорантів для підвищення родючості ґрунтів та відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій. З кожного ставка було відібрано по 10 індивідуальних проб для аналізування.

У Чкаловській ТГ ставок № 1 розташований у с. Коробочкине. Загальна площа ставка становить 24,68 га, площа дзеркала – 8,55 га, глибина ставка – від 1,50 до 3,50 м. Шар донних відкладень на території ставка становить від 0,35 до 0,70 м. Схему відбору проб донних відкладень наведено на рис. 5.3.

Ставок № 2 розташований у с. Нова Гнилиця. Загальна площа ставка становить 50,2 га, площа дзеркала – 39,8 га, глибина ставка – від 2,5 до 7,5 м. Шар донних відкладень становить від 0,2 до 0,6 м. Схему відбору проб донних відкладень наведено на рис. 5.4.

У Городищенській ТГ ставок № 3 розміщений поблизу с. Угринів. Загальна площа ставка 35,0 га, його глибина – 2,5 м, шар донних відкладень – до 1 м. Ставок № 4 знаходиться поблизу с. Несвіч. Площа ставка становить 17,495 га, глибина – 1,2–3,0 м, шар донних відкладень – 0,5–1,0 м.

Проби донних відкладень відбирали згідно з ДСТУ ISO 5667-12-2001. Якість води. Відбирання проб. Ч. 12. Настанови щодо відбирання проб донних відкладів (ISO 5667-12:1998, IDT) [20]. Відбір проб проводили ручним пробовідбірником у поліпропіленові посудини. Після висушування проб та відповідної їх підготовки в аналітичній лабораторії виконували хімічні аналізи згідно з чинними нормативними документами.

У пробах донних відкладень визначали такі показники:

- масову частку сухої речовини за ДСТУ EN 12048:2005;
- масову частку органічної речовини за ДСТУ 8454:2015;
- загального вуглецю (Сзаг) за ДСТУ 4289:2004;
- масову частку гумінових кислот за ДСТУ 7083:2009;
- масову частку загального азоту за ДСТУ 7911:2015;
- масову частку амонійного та нітратного азоту за ДСТУ 4729:2007;
- масову частку загального фосфору за МВ 31-497058-028:2019;
- масову частку рухомого фосфору за ДСТУ 4114-2002;
- масову частку загального калію за ДСТУ 7949:2015;

Розділ 5. Застосування донних відкладень для підвищення родючості ґрунтів і відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій



Рис. 5.3. Точки відбору проб донних відкладень зі ставка у с. Коробочкине (Чкаловська ТГ)



Рис.5.4. Точки відбору проб донних відкладень зі ставка у с. Нова Гнилиця (Чкаловська ТГ)

- масову частку рухомого калію за ДСТУ 4114-2002;
- масову частку кальцію і магнію за ДСТУ 7945:2015;
- масову частку сірки, цинку, міді, заліза, марганцю, свинцю, хрому, кадмію за ДСТУ 4770.1-9:2007;
- рН за ДСТУ EN 13037:2005;
- масову частку фізичного піску, фізичної глини за ДСТУ 4730:2007.

5.3. Результати досліджень та їх обговорення

Пілотні рибогосподарські водойми об'єктів досліджень – Чкаловської ТГ та Городищенської ТГ різнилися за хімічним складом і відповідно за агрономічною цінністю, виходячи з умісту в них органічної речовини, поживних макро- та мікроелементів. Відкладення аквакультури складаються переважно з фекалій риби, недоїденої їжі, органічних речовин і мінеральних елементів, що утворюються в результаті розкладання водних організмів [21]. Залежно від типу виробництва, наприклад, аквакультури, фізико-хімічний склад відкладень у ставках може дуже різнитися [22]. Важливим показником за використання донних відкладень є визначення екотоксикологічних показників, наприклад, вмісту важких металів.

5.3.1. Нормативні вимоги до хімічного складу донних відкладень за використання їх як складових добрив, ґрунтополішувачів і рекультивантів

За використання донних відкладень як добрив або складових добрив, ґрунтополішувачів і рекультивантів необхідним є дотримання нормативних вимог до їх складу та контроль впливу на довкілля. Їхні якість і властивості, вміст у них токсичних елементів можуть істотно вплинути на зміни у всіх складових системи «донні відкладення – ґрунт – рослина». Тому необхідно дотримуватися таких вимог якості донних відкладень:

- за фізико-хімічними показниками якості донні відкладення повинні відповідати нормам, наведеним у *табл. 5.1*;
- санітарно-бактеріологічні показники якості донних відкладень повинні відповідати вимогам і нормам, наведеним у *табл. 5.2*;

- вміст забруднювальних речовин (важких металів) у донних відкладеннях повинен відповідати вимогам і нормам придатності, наведеним у *табл. 5.3*.

Вміст важких металів слід контролювати і в ґрунтах, адже їх надлишкові концентрації можуть спричинити зниження продуктивності сільськогосподарських культур та погіршення якості отримуваної продукції.

Оцінювання ступеня забруднення ґрунтів важкими металами слід проводити за такими показниками, як фоновий вміст рухомих форм важких металів; гранично допустимі концентрації валового вмісту й рухомих форм важких металів. Нормативи гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також перелік таких речовин затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 15 грудня 2021 р. № 1325 «Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин» [23].

Таблиця 5.1. Нормативні показники якості донних відкладень [3]

Показник	Норма
Масова частка:	
сухої речовини, %, не менше	40
органічної речовини, %, не менше	10
Масова частка макроелементів, %, не менше:	
• азот (N)	0,10
• фосфор (P ₂ O ₅)	0,10
• калій (K ₂ O)	0,20
Масова частка мікроелементів, %, не більше:	
• залізо (Fe)	1,0
Масова частка мезоелементів:	
• кальцій (CaO), %, не менше	1,5
• сірка (SO ₃), %, не більше	3,0
Кислотність (pH), од.	6,0–8,0

Таблиця 5.2. Санітарно-бактеріологічні показники якості донних відкладень [3]

Показник	Норма
Наявність життєздатних яєць та личинок гельмінтів	Не допускається
Наявність патогенної мікрофлори	Не допускається
Кількість бактерій групи кишкових паличок (Індекс БГКП), клітин/г, не більше	3
Цисти кишкових патогенних найпростіших	Не допускається
Індекс ентерококів, клітин/г, не більше	3

Таблиця 5.3. Класи придатності донних відкладень для виробництва добрив за вмістом важких металів [3]

Елемент	Норма, мг/кг сухої речовини, не більше	
	1-го класу придатності	2-го класу придатності
Кадмій	3	3–9
Молібден	20	20–200
Нікель	50	50–150
Цинк	300	300–600
Свинець	50	50–150
Мідь	100	100–300
Кобальт	20	20–60
Хром	100	100–260
Ртуть	1	1–6

Примітка: 1-й клас без обмежень; 2-й клас – доза обмежується до 80 т/га.

Таблиця 5.4. Гранично допустимі концентрації важких металів у рослинній продукції (продуктивній частині), мг/кг*

Елемент	Зернові	Овочеві
Цинк	50,0	10,0
Кобальт	1,0	1,0
Марганець	44,0	20,0
Мідь	10,0	5,0
Залізо	50,0	50,0
Свинець	0,3	0,5
Хром	0,2	0,2
Кадмій	0,03	0,03
Нікель	0,5	0,5
Ртуть	0,03	0,02

* Зернові на суху речовину; овочеві – на сиру речовину.

Обов'язковим є також контроль якості отримуваної рослинницької продукції щодо вмісту важких металів. Для гігієнічного оцінювання вмісту важких металів у зернових та овочевих культурах розроблено гранично допустимі концентрації (табл. 5.4), у кормових культурах – максимально допустимі рівні (табл. 5.5).

Таблиця 5.5. Тимчасові максимально допустимі рівні вмісту деяких хімічних елементів у кормах для сільськогосподарських тварин, мг/кг корму [24]

Хімічний елемент	Корма		
	зерно та зернофураж	грубі та соковиті корма	коренеплоди та бульби
Ртуть	0,1	0,05	0,05
Кадмій	0,3	0,3	0,3
Свинець	5,0	5,0	5,0
Миш'як	0,5	0,5	0,5
Мідь	30,0	30,0	30,0
Цинк	50,0	50,0	100,0
Залізо	100,0	100,0	100,0
Сурма	0,5	0,5	0,5
Нікель	1,0	3,0	3,0
Селен	0,5	1,0	1,0
Хром	0,5	0,5	0,5
Фтор	10,0	20,0	200,0
Йод	2,0	2,0	5,0
Молібден	2,0	2,0	2,0
Кобальт	1,0	1,0	2,0

5.3.2. Хімічний склад донних відкладень та оцінювання їх потенційної агрономічної цінності (на прикладі рибогосподарських водойм територіальних громад Харківської і Волинської областей)

На підставі проведеного хімічного аналізу донних відкладень із рибогосподарських ставків двох пілотних територіальних громад – Чкаловської та Городищенської отримано дані щодо їх агрохімічного, фізико-хімічного, фізичного складу і виконано оцінювання їх потенційної агрономічної цінності при застосуванні в аграрному виробництві для підвищення родючості та відновлення пошкоджених внаслідок воєнних дій ґрунтів.

Аналіз донних відкладень із рибогосподарських ставків Чкаловської ТГ свідчить про те, що вони характеризуються переважно важкосуглинковим та легкоглинистим гранулометричним складом; слаболужною (7,5–8,0) і лужною (8,0–8,1) реакцією ґрунтового розчину (рН водний) і є незасоленими за катіонно-аніонним складом водної витяжки. Донні відкладення з рибогосподарських ставків Городищенської ТГ вирізняються супіщаним та легкосуглинковим гранулометричним складом; переважно слаболужною реакцією ґрунтового розчину і є незасоленими за катіонно-аніонним складом водної витяжки. Вміст важких металів (свинець, хром, кадмій) не перевищував гранично допустимих концентрацій, і донні відкладення рибогосподарських водойм пілотних територій можуть слугувати джерелом мікроелементів, що матиме позитивний вплив на ріст і розвиток сільськогосподарських культур.

На підставі проведеного аналізу встановлено коливання значень показників якісного складу донних відкладень у межах одного ставка. Це пов'язано з різною глибиною ставка на різних ділянках, коливанням потужності відкладень, окисно-відновними і лужно-кислотними умовами, діяльністю мікроорганізмів та донної біоти. На підставі аналізування хімічного складу донних відкладень пілотних об'єктів визначимо їх поживну та агрономічну цінність.

5.3.2.1. Хімічний склад донних відкладень Чкаловської ТГ

Згідно з даними *табл. 5.6* щодо хімічного складу донних відкладень *ставка № 1* (Чкаловська ТГ, с. Коробочкине) вміст органічної речовини становив від 90 до 235 г/кг. Як показали розрахунки, з 1 т проаналізованих сухих донних відкладень до ґрунту може надходити від 90 до 235 кг органічної речовини, зокрема від 18 до

Таблиця 5.6. Хімічний склад донних відкладень ставка № 1 (Чкаловська ТГ, с. Коробочкине), коливання значень показників з 10 точок відбору проб

Показник	Фактичний вміст на суху речовину	
	%	г/кг
Масова частка: золи	76,50–91,00	765,0–910,0
органічної речовини	9,00–23,50	90,0–235,0
загального вуглецю (C _{заг})	1,81–4,79	18,1–47,9
гумінових кислот	0,14	1,4
фульвокислот	0,65	6,5
гумусових речовин	0,79	7,9
загального азоту (N)	0,10–0,33	1,0–3,3
мінерального азоту (N), мг/кг	52,5–111,6	
загального фосфору (P ₂ O ₅)	0,10–0,17	1,0–1,7
рухомого фосфору (P ₂ O ₅) мг/кг	60,5–82,7	
загального калію (K ₂ O)	0,29–0,69	2,9–6,9
рухомого калію (K ₂ O) мг/кг	243,4–498,8	
кальцію (Ca)	3,28–6,32	32,8–63,2
магнію (Mg)	0,42–0,78	4,2–7,8
цинку (Zn), мг/кг	33,20–69,05	
міді (Cu), мг/кг	10,25–42,65	
заліза (Fe), мг/кг	15533,85–37794,75	
марганцю (Mn), мг/кг	915,70–1384,95	
нікелю (Ni), мг/кг	22,65–52,30	
кобальту (Co), мг/кг	10,20–19,10	
свинцю (Pb) мг/кг	18,80–30,80	
кадмію (Cd), мг/кг	1,65–2,80	
хромуму (Cr), мг/кг	22,90–57,75	
Співвідношення C:N	15–18	

47 – загального вуглецю, 1,4 – гумінових кислот, 6,5 – фульвокислот (7,9 кг гумусових речовин), від 1 до 3,3 – загального азоту, від 1 до 1,7 – загального фосфору, від 2,9 до 6,9 – загального калію, від 32 до 63 – кальцію, від 4,2 до 7,8 – магнію.

Донні відкладення мають поживну цінність, а внесення у ґрунт сприятиме підвищенню забезпеченості його макро- та мікроелементами. Сумарно до ґрунту з донними відкладеннями ставка № 1 може надходити від 4,9 до 11,9 кг азоту, фосфору і калію. Співвідношення N: P: K при цьому становить 1: 0,5–1: 2,9–2,1. Крім того, буде внесено від 15533 до 37794 г заліза, від 10 до 19 – кобальту, від 915 до 1384 – марганцю, від 23 до 52 – нікелю, від 33 до 69 – цинку, від 10 до 43 г міді. Відношення вуглецю до азоту (C:N) дорівнює від 15 до 18.

Визначення вмісту поживних речовин свідчить, що донні відкладення мають дуже високий вміст мінерального азоту (аміачна і нітратна форма) – від 52,2 до 111,6 мг/кг (за ДСТУ 4362:2004 дуже висока забезпеченість – понад 35 мг/кг), дуже високий вміст рухомих сполук фосфору – від 60,5 до 82,7 мг/кг (за ДСТУ 4362:2004 дуже висока забезпеченість – понад 60 мг/кг), від підвищеного до дуже високого вмісту обмінного калію – від 243,4 до 498,8 мг/кг (за ДСТУ 4362:2004 – підвищена забезпеченість 201–300 мг/кг, дуже висока – понад 400 мг/кг).

Норми органічних добрив встановлюють, як правило, виходячи з потреби удобрюваних культур в азоті і вмісту його в добривах, оскільки азот здебільшого впливає на величину врожаю. Але при цьому слід також враховувати коефіцієнти використання основних поживних елементів.

Із розрахунку надходження у ґрунт 50 кг/га азоту, потрібно внести від 15 до 50 т сухої сировини донних відкладень ставка № 1 (за 60 % вологості відповідно 32 і 105 т/га). Нами розраховано надходження до ґрунту органічної речовини та макроелементів при застосуванні зазначених доз (табл. 5.7).

З 15 т сировини у ґрунт надійде від 1350 до 3525 кг органічної речовини, зокрема від 272 до 718 – загального вуглецю, 21 – гумінових кислот, 97 – фульвокислот (118 кг гумусових речовин). Крім того, буде внесено від 15 до 25,5 кг загального фосфору, від 43,5 до 103,5 – загального калію, від 492 до 948 – кальцію, від 63 до 117 – магнію.

Таблиця 5.7. Надходження поживних речовин до ґрунту за рекомендованих доз донних відкладень (ставок № 1, с. Коробочкине)

Показник	Надходження до ґрунту, кг	
	за норми донних відкладень 15 т/га	за норми донних відкладень 50 т/га
Органічна речовина	1350–3525	4500–11750
Загальний вуглець	272–718	906–2393
Гумінові кислоти	21	70
Фульвокислоти	97	323
Загальний вміст: фосфору	15–26	50–85
калію	44–104	145–345

З 50 т донних відкладень у ґрунт надійде від 4500 до 11750 кг органічної речовини, зокрема від 906 до 2393 – загального вуглецю, 70 – гумінових кислот, 323 – фульвокислот (393 кг гумусових речовин). Крім того, буде внесено від 50 до 85 кг загального фосфору, від 145 до 345 – загального калію, від 1640 до 3160 – кальцію, від 210 до 390 кг – магнію.

Якщо порівняти донні відкладення та гній за поживною цінністю, то з 1 т гною великої рогатої худоби 75 %-ї вологості (умовний стандарт) у ґрунт вносять 5 кг загального азоту, 2,5 – фосфору та 6 кг – калію, сума NPK – 13,5 кг, співвідношення N:P:K – 1:0,5:1,2.

Згідно з даними хімічного аналізу донних відкладень *ставка № 2* (с. Нова Гнилиця) з 1 т проаналізованих сухих донних відкладень до ґрунту може надходити від 140 до 210 кг органічної речовини, зокрема від 26 до 34 – загального вуглецю, 1,4 – гумінових кислот, 6,3 – фульвокислот (7,7 кг гумусових речовин), від 1,2 до 4,1 – загального азоту, від 1,1 до 2,1 – загального фосфору, від 3,5 до 5,8 – загального калію, від 60 до 85 – кальцію, від 4,4 до 6,1 – магнію. Сумарно до ґрунту надійде від 5,8 до 12 кг азоту, фосфору й калію. Співвідношення N:P:K становить 1:0,9–0,5:2,9–1,4. Крім того, буде внесено від 19375 до 29066 г заліза, від 12 до 19 – кобальту, від 525 до 703 – марганцю, від 28 до 39 – нікелю, від 32 до 53 – цинку, від 9 до 13 г – міді, що сприятиме збагаченню ґрунту мікроелементами та матиме позитивний вплив на розвиток рослин. Співвідношення вуглецю до азоту дорівнює 8:22 (табл. 5.8).

Таблиця 5.8. Хімічний склад донних відкладень ставка № 2 (Чкаловська ТГ, с. Нова Гнилиця), коливання значень показників із 10 точок відбору проб

Показник	Фактичний вміст на суху речовину	
	%	г/кг
Масова частка: золи	79,00–86,00	790,0–860,0
органічної речовини	14,00–21,00	140,0–210,0
загального вуглецю (Сзаг)	2,59–3,38	25,9–33,8
гумінових кислот	0,14	1,4
фульвокислот	0,63	6,3
гумусових речовин	0,77	7,7
загального азоту (N)	0,12–0,41	1,2–4,1
мінерального азоту (N), мг/кг	54,1–116,5	
загального фосфору (P ₂ O ₅)	0,11–0,21	1,1–2,1
рухомого фосфору (P ₂ O ₅), мг/кг	95,0–119,3	
загального калію (K ₂ O)	0,35–0,58	3,5–5,8
рухомого калію (K ₂ O), мг/кг	168,7–306,0	
кальцію (Ca)	6,09–8,47	60,9–84,7
магнію (Mg)	0,44–0,61	4,4–6,1
цинку (Zn), мг/кг	32,95–53,35	
міді (Cu), мг/кг	9,15–12,75	
заліза (Fe), мг/кг	19375,50–29066,50	
марганцю (Mn), мг/кг	525,55–703,10	
нікелю (Ni), мг/кг	28,75–39,35	
кобальту (Co), мг/кг	12,35–19,70	
свинцю (Pb), мг/кг	13,20–24,30	
кадмію (Cd), мг/кг	1,80–3,10	
хромю (Cr), мг/кг	18,80–36,95	
Співвідношення C:N	8:22	

За результатами аналізів, донні відкладення мають дуже високий вміст мінерального азоту (аміачна і нітратна форма) – від 54,1 до 116,5 мг/кг (за ДСТУ 4362:2004 дуже висока забезпеченість – понад 35 мг/кг), дуже високий вміст рухомих сполук фосфору – від 95,0 до 119,3 мг/кг (за ДСТУ 4362:2004 дуже висока забезпеченість – понад 60 мг/кг), від середнього до підвищеного вмісту обмінного калію – від 168,7 до 306,0 мг/кг (за ДСТУ 4362:2004 – середня забезпеченість 101–200 мг/кг, підвищена – 201–300 мг/кг).

Для внесення у ґрунт 50 кг/га азоту, дози сухих донних відкладень зі ставка № 2 становитимуть від 12 до 42 т сухої сировини (за 60 %-ї вологості – відповідно 26 і 86 т/га). З 12 т сировини у ґрунт надійде від 1680 до 2520 кг органічної речовини, зокрема від 311 до 406 – загального вуглецю, 17 – гумінових кислот, 76 – фульвокислот (93 кг гумусових речовин). Крім того буде внесено від 13,2 до 25,2 кг загального фосфору, від 42 до 69,6 – загального калію, від 723,6 до 1016,4 – кальцію, від 52,8 до 73,2 кг – магнію (табл. 5.9).

З 42 т донних відкладень у ґрунт надійде від 5880 до 8820 кг органічної речовини, зокрема від 1088,5 до 1421 – загального вуглецю, 59,5 – гумінових кислот, 266 – фульвокислот (325,5 кг гумусових речовин). Крім того, буде внесено від 46,2 до 88,2 кг загального фосфору, від 147 до 243,6 – загального калію, від 2532,6 до 3557,4 – кальцію, від 184,8 до 256,2 кг – магнію.

Таблиця 5.9. Надходження поживних речовин до ґрунту за рекомендованих доз донних відкладень (ставок № 2, с. Нова Гнилиця)

Показник	Надходження до ґрунту, кг	
	за норми донних відкладень 12 т/га	за норми донних відкладень 42 т/га
Органічна речовина	1680–2520	5880–8820
Загальний вуглець	311–406	1089–1421
Гумінові кислоти	17	60
Фульвокислоти	76	266
Загальний вміст: фосфору	13–25	46–8
калію	42–70	147–244

5.3.2.2. Хімічний склад донних відкладень Городищенської ТГ

Хімічний аналіз донних відкладень, відібраних у рибогосподарських ставках Городищенської ТГ, свідчить про вищу їх агрономічну цінність порівняно з попередніми об'єктами. На основі хімічного аналізу донних відкладень ставка № 3 (с. Несвіч), з 1 т сухих донних відкладень до ґрунту може надходити від 340 до 625 кг органічної речовини, зокрема від 135 до 264 – загального вуглецю, від 9,8 до 20,9 – загального азоту, від 1,9 до 4,2 – загального фосфору, від 2,8 до 4,4 – загального калію (табл. 5.10).

**Розділ 5. Застосування донних відкладень для підвищення родючості ґрунтів
і відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій**

Таблиця 5.10. Хімічний склад донних відкладень ставка № 3 (Городищенська ТГ, с. Несвіч), коливання значень показників із 10 точок відбору проб

Показник	Фактичний вміст на суху речовину	
	%	г/кг
Масова частка: золи	37,50–66,00	375,0–660,0
органічної речовини	34,00–62,50	340,0–625,0
загального вуглецю (C _{заг})	13,53–26,44	135,3–264,4
загального азоту (N)	0,98–2,09	9,8–20,9
загального фосфору (P ₂ O ₅)	0,19–0,42	1,9–4,2
рухомого фосфору (P ₂ O ₅), мг/кг	41,6–111,0	
загального калію (K ₂ O)	0,28–0,44	2,8–4,4
рухомого калію, K ₂ O, мг/кг	137,3–243,4	
кальцію, Ca	1,72–5,44	17,2–54,4
магнію, Mg	0,30–0,46	3,0–4,6
Співвідношення C:N	13:14	
Масова частка: цинку (Zn), мг/кг	12,20–57,15	
міді (Cu), мг/кг	6,75–13,85	
заліза (Fe), мг/кг	10828,70–17017,40	
марганцю (Mn), мг/кг	178,40–211,55	
нікелю (Ni), мг/кг	16,10–23,50	
кобальту (Co), мг/кг	5,90–14,55	
свинцю (Pb), мг/кг (важкий метал)	10,77–78,57	
кадмію (Cd), мг/кг (важкий метал)	0,05–0,65	
хрому (Cr), мг/кг (важкий метал)	13,90–23,95	

Сумарно до ґрунту надійде від 14,5 до 29,5 кг азоту, фосфору й калію. Співвідношення N:P:K становить 1:0,2:0,3–0,2. Крім того, буде внесено від 10828 до 17017 г заліза, від 6 до 15 – кобальту, від 178 до 212 – марганцю, від 16 до 24 – нікелю, від 12–57 – цинку, від 7 до 14 – міді. Співвідношення вуглецю до азоту дорівнює 13:14. За результатами аналізів, донні відкладення мають від підвищеного до дуже високого вмісту рухомих сполук фосфору – від 41,6 до 111,0 мг/кг (за ДСТУ 4362:2004 – підвищена забезпеченість 31–45 мг/кг, дуже висока – понад 60 мг/кг), від середнього до підвищеного вмісту обмінного калію – від 137,3 до 243,4 мг/кг (за ДСТУ 4362:2004 – середня забезпеченість – 101–200 мг/кг, підвищена – 201–300 мг/кг).

Із розрахунку, щоб у ґрунт надійшло 50 кг/га азоту, дози сухих донних відкладень зі ставка № 3 становитимуть від 2,4 до 5,1 т (за 60 %-ї вологості відповідно 6 і 12 т/га). Із 2,4 т сировини у ґрунт надійде від 816 до 1500 кг органічної речовини, зокрема від 324 до 634 кг – загального вуглецю (*табл. 5.11*). Крім того, буде внесено від 5 до 10 кг загального фосфору, від 7 до 11 кг – загального калію. З 5,1 т сухої сировини у ґрунт надійде від 1734 до 3187 кг органічної речовини, зокрема від 688 до 1346 кг – загального вуглецю. Буде внесено також від 10 до 21 кг загального фосфору, від 14 до 22 кг – загального калію.

Таблиця 5.11. Надходження поживних речовин до ґрунту за рекомендованих доз донних відкладень (ставка № 3, с. Несвіч)

Показник	Надходження до ґрунту, кг	
	за норми донних відкладень 2,4 т/га	за норми донних відкладень 5,1 т/га
Органічна речовина	816–1500	1734–3187
Загальний вуглець	324–634	688–1346
Загальний вміст: фосфору	5–10	10–21
калію	7–11	14–22

Хімічний склад донних відкладень зі ставка № 4 (с. Угринів) наведено у *табл. 5.12*. Як показали проведені розрахунки, з 1 т проаналізованих сухих донних відкладень (с. Угринів) до ґрунту може надходити від 335 до 420 кг органічної речовини, зокрема від 52 до 111 – загального вуглецю, від 5,3 до 10,9 – загального азоту, від 1,8 до 2,6 – загального фосфору, від 1 до 3,2 – загального калію. За внесення донних відкладень з цього ставка до ґрунту надійде від 8,1 до 16,7 кг азоту, фосфору й калію. Співвідношення N:P:K становить 1:0,3–0,2:0,2–0,3. Крім того, буде внесено від 8789 до 20614 г заліза, від 4 до 15 – кобальту, від 160 до 276 – марганцю, від 18 до 27 – нікелю, від 8 до 40 – цинку, від 5 до 8 – міді. Співвідношення C:N становить 10.

Визначення вмісту поживних речовин у донних відкладеннях ставка № 4 показало, що вони мають дуже високий вміст рухомих сполук фосфору – у середньому 151,9 мг/кг (за ДСТУ 4362:2004 дуже висока забезпеченість – понад 60 мг/кг), середній вміст рухо-

Таблиця 5.12. Хімічний склад донних відкладень ставка № 4 (Городищенська ТГ, с. Угринів), коливання значень показників із 10 точок відбору проб

Показник	Фактичний вміст на суху речовину	
	%	г/кг
Масова частка: золи	58,00–66,50	580,0–665,0
органічної речовини	33,50–42,00	335,0–420,0
загального вуглецю (Сзаг)	5,23–11,07	52,3–110,7
загального азоту (N)	0,53–1,09	5,3–10,9
загального фосфору (P ₂ O ₅)	0,18–0,26	1,8–2,6
рухомого фосфору (P ₂ O ₅), мг/кг	91,8–182,9	1,0–3,2
загального калію (K ₂ O)	0,10–0,32	173,2–93,2
рухомого калію (K ₂ O), мг/кг	98,8–195,2	3,9–4,9
кальцію (Ca)	17,32–29,32	
магнію (Mg)	0,39–0,49	
Співвідношення C:N	10	
Масова частка: цинку (Zn) мг/кг	8,10–39,80	
міді (Cu), мг/кг	4,55–8,50	
заліза (Fe), мг/кг	8789,80–20614,70	
марганцю (Mn), мг/кг	160,05–276,30	
нікелю (Ni), мг/кг	17,45–26,65	
кобальту (Co), мг/кг	3,60–15,25	
свинцю (Pb), мг/кг (важкий метал)	16,55–33,77	

мих сполук калію – 160 мг/кг (за ДСТУ 4362:2004 середня забезпеченість – 101–200 мг/кг).

Для забезпечення внесення на 1 га 50 кг азоту потрібно внести від 4,6 до 9 т сухої сировини (за 60 %-ї вологості – відповідно 7 і 20 т/га) донних відкладень ставка № 4. Із 4,6 т сировини у ґрунт надійде від 1541 до 1932 кг органічної речовини, зокрема від 239 до 511 кг загального вуглецю (табл. 5.13). Крім того, буде внесено від 8 до 12 кг загального фосфору, від 4,6 до 15 – загального калію. Із 9 т сировини у ґрунт надійде від 3015 до 3780 кг органічної речовини, зокрема від 468 до 999 кг – загального вуглецю. Крім того, буде внесено від 16 до 23 кг загального фосфору, від 9 до 29 кг – загального калію.

Таблиця 5.13. Надходження поживних речовин до ґрунту за рекомендованих доз донних відкладень (ставок № 4, с. Угринів)

Показник	Надходження до ґрунту, кг	
	за норми донних відкладень 4,6 т/га	за норми донних відкладень 9,0 т/га
Органічна речовина	1541–1932	3015–3780
Загальний вуглець	239–511	468–999
Загальний вміст: фосфору	8–12	16–23
калію	5–15	9–29

5.3.3. Напрями використання донних відкладень у сільському господарстві

Донні відкладення характеризуються різним хімічним, механічним складом та якістю, що визначає можливі напрями їх використання. Серед основних у сільському господарстві є застосування:

- органічних добрив для підвищення урожайності вирощуваних культур, якості продукції та родючості ґрунтів;
- ґрунтополіпшувачів і рекультивантів для відновлення родючості ґрунтів, поліпшення деградованих, малопродуктивних та інших порушених ґрунтів, зокрема внаслідок воєнних дій, для засипання вирв, траншей та кратерів;
- сировини для виготовлення компостів, ґрунтосумішей (для культур захищеного та відкритого ґрунту);
- сировини для виготовлення ферментованих органічних та органо-мінеральних добрив, гумінових препаратів та ін.

Видалені донні відкладення водою є сировиною для приготування органічних та органо-мінеральних добрив, ґрунтополіпшувачів тощо. Високоєфективними вони стають тільки після біологічної активізації, яка відбувається у процесі висушування, провітрювання та проморожування. За виконання цих технологічних процесів вологість донних відкладень знижується від 85–95 до 45–60 %, окиснюються закисні форми сполук, активізуються мікроорганізми, внаслідок чого змінюються і фізико-механічні властивості донних відкладень. Використання останніх у чистому вигляді є малоефективним засобом, оскільки основні елементи живлення знаходяться у малодоступній для рослин формі, що призводить до пригнічення біохімічних та мікробіологічних процесів.

5.3.3.1. Виготовлення компостів на основі донних відкладень

Компостування є одним із важливих прийомів виготовлення повноцінних добрив, який використовують для зменшення втрат поживних речовин в одних видах органічних добрив при їх розкладанні (гній, пташиний послід тощо) та для збільшення доступності елементів живлення у складі інших (донні відклади, торф) інертних матеріалів.

Для компостування придатні всі донні відкладення з вологістю не вище 60 %. На відміну від торфу, компости на основі гною та донних відкладень не ущільнюються, що забезпечує кращий доступ повітря в товщу бурта, завдяки чому інтенсивніше протікають мікробіологічні процеси. Виготовляють компости, як правило, безпосередньо на полі, де передбачається їх внесення, укладаючи бурти на межах та біля доріг, а якщо площа не зайнята під посівами, то і на середині поля.

Для виготовлення компостів застосовують такі способи:

- пошаровий;
- гніздовий (кучковий);
- майданчиковий.

Виготовляють такі типи компостів:

- на основі донних відкладень та гноївки;
- амонізовані донні відкладення;
- на основі донних відкладень і пташиного посліду.

Для виготовлення компостів на основі донних відкладень та гноївки на попередньо відведений майданчик розміром 20×40–60 м привозять донні відкладення. Потім їх підгортають з боків до середини, у результаті чого утворюються два суміжні вали з коритоподібним поглибленням. Товщина донних відкладів у місцях їх сходження 90–100 см. Торцеві стінки також формуються з них. У поглиблення заливають рідкий гній (гноївку) з розрахунку по 1 т на 1 т донних відкладень. Після повного вбирання гноївки донними відкладеннями масу підгортають у бурти розмірами 6–7×2,5–2,0×40–60 м і залишають для компостування. Такі компости краще виготовляти у літньо-осінній період, коли поглинальна здатність донних відкладень вища, а мікробіологічні процеси протікають інтенсивніше, скорочуючи період компостування до 1,5–2,0 міс.

Амонізовані донні відкладення отримують у разі обробки їх аміачною водою або зрідженим аміаком. Технологія приготування полягає у вивезенні донних відкладень до місць внесення, формування бурта (6–7×2,3–3,0×40–60 м) та рівномірного внесення за допомогою спеціальних пристроїв-штирів аміачної води або зрідженого аміаку в середину бурта.

У разі більш низької або підвищеної вологості поглинання аміаку зменшується. За оптимальних інтервалів вологості поглинання азоту становить 35–40 % вихідної кількості. Органічна речовина також впливає на рівень поглинання аміаку: чим вищим є її вміст, тим більше поглинається аміаку. Максимальна кількість поглинутого аміаку за вмістом органічної речовини 75–90 % на суху речовину становить за азотом 35–50 % його вихідної кількості, або 1,2–1,4 % на суху речовину.

Компости на основі донних відкладень і пташиного посліду виготовляють там, де є достатні запаси посліду та донних відкладень. Співвідношення між компонентами може бути різним, проте слід пам'ятати, що у разі перевищення частки пташиного посліду відбувається прискорене наростання температур у буртах, а це призводить до втрат органічних та поживних речовин.

Виготовленню високоякісних компостів та їх зберіганню сприяють ґноєсховища (заглибленого чи поверхневого типів), що поліпшують, крім того, санітарні умови на фермах і зменшують витрати праці на їх виготовлення та вивезення.

Компостування донних відкладень з ґноєм і пташиним послідом є перспективним засобом зниження втрат азоту та підвищення ефективності добрив, стимулює аеробний розклад органічних складових у більш засвоєвані рослинами форми, адсорбує азотні сполуки у вигляді аміаку, знешкоджує неприємний запах. Крім того, донні відкладення частково адсорбують і знешкоджують шкідливі для життєдіяльності рослин сполуки, жирні, пропіонові, валер'янові та мурашину кислоти. Завдяки біохімічним та мікробіологічним перетворенням у процесі компостування такі компости являють собою якісно новий вид органічного добрива.

5.3.3.2. Застосування донних відкладень як добрив або складників добрив і ґрунтополіпшувачів

Одним із напрямів використання донних відкладень є виготовлення добрив та ґрунтополіпшувачів на їх основі. Технологія виготовлення органо-мінеральних добрив передбачає окрему стадію компостування органічної сировини різного походження, під час якої відбувається їх знезараження і стабілізація. Цей продукт є так званим поживним гумусом із переважанням органо-мінеральних зв'язків, які лише після внесення у ґрунт (близько 30 %) перетворюються на власне ґрунтовий лабільний гумус, мінералізація якого (а відтак і забезпечення елементами живлення рослин) триває роки. За виготовлення органо-мінеральних добрив органічна складова добрив мінералізується за наявності азоту, фосфору і калію значно швидше, а отже, і швидше відбувається повернення вкладених коштів. Недоліком цих добрив є те, що всі елементи живлення в них недостатньо захищені від вимивання і пов'язаної з цим явищем ретроградації (зв'язування) вимитих поживних речовин у важкодоступну форму.

На основі досліджень процесів трансформації та взаємодії гетерогенних систем розроблено технологію одержання твердих органо-мінеральних добрив зі змінним співвідношенням поживних і гумінових речовин, що досягається завдяки модернізації формули добрива [3]. Запропоновано єдиний підхід до перероблення органічної сировини різного походження. В основу розробки покладено концептуальну модель формування гумусових сполук у процесі біокондиціонування органічної сировини та концептуальні положення одержання комплексних органо-мінеральних добрив.

Розроблено технологію виробництва твердих органо-мінеральних добрив (рис. 5.5).

Технологічний процес складається з кількох основних етапів: кондиціонування та синхронізація вихідної органічної сировини; кероване аерокондиціонування органо-мінеральної пульпи; збагачення органічного компонента стартовою дозою комплексу поживних речовин.



Рис. 5.5. Принципова схема технології виробництва твердих ОМД

В основу технології покладено процес регульованого аерокондиціонування орґано-мінеральної пульпи з використанням сучасного обладнання та метричних приладів для контролю процесу. Задача аерокондиціонування – одержання стабільної маси, збагаченої фізіологічно активними речовинами та біогенними елементами, значна частина яких зв’язана з високогуміфікованою органічною речовиною в орґано-мінеральному комплексі, що перешкоджає вимиванню та подальшій ретроградації поживних речовин у ґрунті після внесення добрив.

Суть удосконалення технології полягає у зменшенні непродуктивних втрат поживних речовин та вуглецю на всіх етапах приготування орґано-мінеральних добрив. Як вихідні компоненти для виготовлення орґано-мінеральних добрив бажано використовувати мінеральні добрива з умістом діючої речовини біогенних елементів (близько 50 %). Після додавання висококонцентрованих додатків до стабілізованої органічної основи зводиться до мінімуму ефект «розбавлення», коли високий вміст «баласту» мінеральних додатків суттєво зменшує загальний вміст органічної речовини в орґано-мінеральних добривах.

Оскільки донні відкладення за агрохімічними та деякими фізико-хімічними характеристиками подібні до ґрунту важкого гранулометричного складу, то їх можна використовувати для виготовлення ґрунтосумішей і субстратів для культур захищеного ґрунту. Частка донних відкладень у ґрунтосумішах та субстратах може становити від 10 до 50 %.

Для одержання ґрунто-сумішей оптимального гранулометричного складу, використовуючи як основний компонент донні відкладення, слід до нього додавати пісок у співвідношенні донні відкладення : пісок як 1 : 0,6. Саме за такого співвідношення цю суміш можна використовувати замість ґрунту для приготування тепличних та парникових ґрунтосумішей. Для одержання тепличних ґрунтосумішей з гарними фізичними властивостями також застосовують такі компоненти: торф 60–80 % (за об’ємом), суглинковий ґрунт (1:0,6) – 30–40 %, пісок – 20–40 %. Тож, на основі цього розраховано базові рецептури парникових і тепличних ґрунтосумішей для основних культур захищеного ґрунту (табл. 5.14).

Одним із напрямів використання донних відкладень є виготовлення гумінових препаратів. Найпоширенішим методом отримання гумінових препаратів є «вилуговування» гумусових речовин. Основною сировиною для одержання гуматвмісних препаратів вважається торф, леонардит, буре вугілля, але вже доведено, що донні відкладення можуть слугувати джерелом гумусових речовин (гумінові кислоти та фульвокислоти) і що вони не мають принципової різниці з гуміновими кислотами ґрунту, хоча і різняться будовою залежно від біохімічних факторів. Варто відмітити, що не менш важливою причиною є висока вартість транспортування сировини – торфу або бурого вугілля в центральні, східні та південні райони України. Технологічний процес виготовлення гумінових препаратів із донних відкладень ставків з додаванням сировини з високим вмістом органічного вуглецю представлено на рис. 5.6.

Таблиця 5.14. Співвідношення компонентів для виготовлення тепличних і парникових ґрунтосумішей з використанням донних відкладень, % за об’ємом

Компонент	Співвідношення компонентів
<i>Огірок, кабачок, диня, кавун</i>	
Донний мул з піском (1:0,6)	60–40
Перегній	40–60
<i>Томат, баклажан, перець солодкий</i>	
Донний мул з піском (1:0,6)	50
Перегній	30
Торф	20
<i>Білокачанна та цвітня капуста, кольрабі, редис, салатні рослини та зелень</i>	
Донний мул з піском (1:0,6)	40
Перегній	40
Торф низинний	20

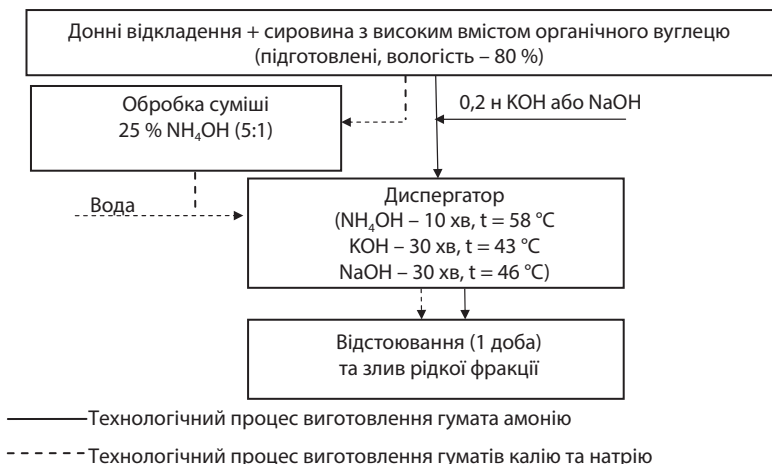


Рис. 5.6. Технологічний процес виготовлення гумінових препаратів із донних відкладень ставків з додаванням сировини з високим вмістом органічного вуглецю

5.3.3.3. Використання донних відкладень із рибогосподарських ставків для рекультивациї і структурної меліорації земель

Одним із можливих напрямів використання донних відкладень рибогосподарських ставків є застосування для рекультивациї і структурної меліорації земель. Було оцінено придатність донних відкладень рибогосподарських ставків Чкаловської ТГ та Городищенської ТГ для використання як рекультивацийного шару з позицій агроекологічних умов вирощування сільськогосподарських культур.

За гранулометричним складом, забезпеченістю поживними речовинами та органічною речовиною, кислотністю ґрунтового розчину донні відкладення Чкаловської ТГ можуть бути доцільними для створення ґрунтової суміші з визначеними діагностичними показниками та параметрами для проведення рекультивациї порушених ґрунтів сільськогосподарського призначення окремих агровиробничих груп з метою подальшого залучення їх до сільськогосподарського використання у сівозміні за традиційними технологіями вирощування сільськогосподарських культур.

Для створення ґрунтової суміші пропонується поєднання донних відкладень з ґрунтоутворюючою породою заданого мінералогічного та гранулометричного складу, притаманною для чорноземів типових. При цьому слід враховувати водно-фізичні, фізико-хімічні та агрохімічні властивості, наявність мікроелементів і важких металів з урахуванням їх гранично допустимої концентрації, забезпеченість рухомими формами елементів живлення рослин та вірогідність їх екологічнобезпечної пролонгованої дії.

Після технічної рекультивациі порушених земель проводять біологічну рекультивацию, що передбачає включення до сівозмін сільськогосподарських культур фітомеліоративної дії, які забезпечують покращення передусім агрофізичних властивостей, таких як щільність будови, структурно-агрегатний склад та ін., які є провідними для росту і розвитку сільськогосподарських культур.

Донні відкладення Городищенської ТГ за гранулометричним складом можуть формувати оптимальні та допустимі умови росту і розвитку сільськогосподарських культур, мають сприятливу реакцію ґрунтового розчину. Але постає питання щодо доцільності його використання як матеріалу для структурної меліорації через дуже високий вміст органічної речовини. Слід враховувати, що ефективність землювання буде тим вища, чим легший гранулометричний склад ґрунту. Доза, потрібна для землювання, становить від 100 до 400 т/га. Оптимальна доза залежить від властивостей ґрунту, в який будуть вносити донні відкладення, та інших чинників, зокрема економічних.

Для корінного поліпшення малопродуктивних, деградованих та порушених земель, за умови що вони безпосередньо прилягають до водойми, з метою зменшення витрат на будівництво відстійників, транспортування добрив, вантажно-розвантажувальні роботи, а також зменшення терміну їх проведення використовують спосіб наміву донних відкладень безпосередньо на поле. Здійснюють його після виконання комплексу культуртехнічних робіт, пов'язаних із ліквідацією кущів, дерев, вирівнюванням і наданням йому нахилу до 0,03°. Мулову пульпу на поле наминають по борознах, в яких і відбувається її зневоднення. Обробіток ґрунту можна проводити через місяць після наміву.

Донні відкладення можливо використовувати для структурної меліорації малопродуктивних земель. Для структурної меліорації піщаних та супіщаних ґрунтів слід змінити водно-повітряний та поживний режими ґрунту, підвищити ємність поглинання, а також вміст гумусу як резервуара макро- і мікроелементів. Тому застосування донних відкладень рибогосподарських ставків в орний та підорний шари ґрунту на землях сільськогосподарського призначення, крім агроеліоративного, має ще й агроекологічне значення. Вони не лише оптимізують водний режим і трансформацію органічних речовин, а й слугують ефективним заходом для збереження різних форм азоту на тривалий період, зменшуючи надходження амонійного азоту в приземний шар атмосферного повітря та вимивання біогенних елементів за межі ґрунтового профілю. Проведення структурної меліорації піщаних та супіщаних ґрунтів потребує значної кількості донних відкладень. Тому раціональним підходом є створення сипучих гомогенізованих ґрунтосумішей на основі поєднання донних відкладень рибогосподарських ставків з лесами або лесоподібними суглинками та їх внесення під основний обробіток ґрунту.

Для структурної меліорації глинистих ґрунтів потрібно змінити водно-повітряний режим, підвищити ОВП ґрунту, що сприятиме поліпшенню поживного режиму ґрунту, підвищенню вмісту гумусу, доступності для рослин макро- і мікроелементів. Застосування донних відкладень рибогосподарських ставків супіщаного складу та/або гомогенної суміші цих відкладень легкосуглинкового складу з піщаними відкладеннями у певному співвідношенні в орний та підорний шари ґрунту під основний обробіток ґрунту на землях сільськогосподарського призначення забезпечить покращення агрофізичних властивостей ґрунтів, водно-повітряного, поживного режимів ґрунту, що, своєю чергою, сприятиме підвищенню врожайності сільськогосподарських культур.

Отже, структурна меліорація з використанням донних відкладень рибогосподарських ставків забезпечує оптимізацію водного режиму, агрофізичних та фізико-хімічних властивостей ґрунтів і елементами живлення сільськогосподарські культури.

5.3.4. Оцінювання вартості й прогнозованої економічної ефективності видалення донних відкладень та їх реалізації як добрив

Оцінювання прогнозованої економічної ефективності видалення донних відкладень та реалізації як добрив або ґрунтополіпшувачів здійснено за допомогою методичного підходу, що передбачає 1) оцінювання вартості донних відкладень на основі їх реальної якості й актуальних ринкових цін на мінеральні та органічні добрива; 2) оцінювання ефективності за впливом на потенційну родючість ґрунтів (вміст гумусу та поживних речовин у ґрунті). Оцінювання вартості донних відкладень на основі реальної їхньої якості й актуальних ринкових цін можна вважати скоріше ринковою, ніж нормативною (фактичною) собівартістю, тому різницю між ними можна визнати економічним ефектом, який виражається економією витрат (ефектом заміщення), що формується завдяки використанню донних відкладень замість традиційних мінеральних і/або органічних добрив.

На першому етапі дослідження здійснено експертний розрахунок прогнозованої (орієнтовної) вартості донних відкладень, результати якого показали (*табл. 5.15*), що прогнозна вартість 1 т цього добрива, з урахуванням органічної речовини, NPK, кальцію та магнію, становить 2580 грн (оптимістичний варіант), без урахування кальцію та магнію (реалістичний варіант) – 1030 грн. Якщо ж до уваги брати лише вміст NPK (песимістичний варіант), то вартість вказаного добрива становить лише 482 грн/т. Близько 53 % у структурі розрахунково-еквівалентної вартості донних відкладень належить кальцію, близько 21,2 % – гумусу.

У розрахунках прийнято:

- середню вартість гумусу – 9300 грн/т;
- середню вартість нітроамофоски 16-16-16 – 26000 грн/т;
- середню вартість 1 кг поживної речовини – 54,2 грн;
- середню вартість 1 кг кальцію та магнію – 27 грн.

Аналогічні розрахунки прогнозованої (орієнтовної) вартості донних відкладень на прикладі усереднених даних 10 зразків, відібраних у с. Нова Гнилиця (*табл. 5.16*) показали, що прогнозна вартість 1 т цього добрива з урахуванням органічної речовини, NPK, кальцію та

Таблиця 5.15. Розрахунок прогнозної (орієнтовної) вартості донних відкладень станом на 15.09.2023 р. (об'єкт – с. Коробочкине, Чкаловська ТГ, Чугуївський р-н, Харківська обл.)

Показник	Фактичний уміст на суху речовину*		Вартість органічної речовини та поживних речовин	
	%	кг/т	грн/т	%
Масова частка: органічної речовини	17,25	172,5	548	21,2
загального азоту (N)	0,17	1,7	92	3,6
загального фосфору (P ₂ O ₅)	0,15	1,5	81	3,2
загального калію (K ₂ O)	0,57	5,7	309	12,0
кальцію (Ca)	5,07	50,7	1369	53,0
магнію (Mg)	0,67	6,7	181	7,0
Загальна вартість, усього, грн/т	Оптимістичний варіант		2580	100,0
У тому числі: без вартості кальцію та магнію	Реалістичний варіант		1030	–
без вартості кальцію, магнію та органічної речовини	Песимістичний варіант		482	–

* Тут і в табл. 5.16–5.18 усереднені дані протоколу випробувань із 10 зразків (місць відбору).

Таблиця 5.16. Розрахунок прогнозної (орієнтовної) вартості донних відкладень станом на 15.09.2023 р. (об'єкт – с. Нова Гнилиця, Чкаловська ТГ, Чугуївський р-н, Харківська обл.)

Показник	Фактичний уміст на суху речовину		Вартість органічної речовини та поживних речовин	
	%	кг/т	грн/т	%
Масова частка: органічної речовини	16,60	166,0	487	15,5
загального азоту (N)	0,19	1,9	103	3,3
загального фосфору (P ₂ O ₅)	0,16	1,6	87	2,8
загального калію (K ₂ O)	0,48	4,8	260	8,3
кальцію (Ca)	7,61	76,1	2055	65,5
магнію (Mg)	0,54	5,4	146	4,6
Загальна вартість, усього, грн/т	Оптимістичний варіант		3138	100,0
У тому числі: без вартості кальцію та магнію	Реалістичний варіант		937	–
без вартості кальцію, магнію та органічної речовини	Песимістичний варіант		450	–

магнію становить 3138 грн (оптимістичний варіант), без урахування кальцію та магнію (реалістичний варіант) – 937 грн. Якщо ж до уваги брати лише вміст NPK (песимістичний варіант), то вартість вказаного добрива становить лише 450 грн/т. Близько 65,5 % у структурі розрахунково-еквівалентної вартості донних відкладень належить кальцію, близько 15,5 % – гумусу.

Дещо інші результати здобуто за розрахунками прогнозової (орієнтовної) вартості донних відкладень на прикладі усереднених даних 10 зразків, відібраних у с. Несвіч (табл. 5.17).

Так, прогнозна вартість 1 т цього добрива з урахуванням органічної речовини, NPK, кальцію та магнію становить 5774 грн (оптимістичний варіант), без урахування кальцію та магнію (реалістичний варіант) – 4569 грн. Якщо ж до уваги брати лише вміст NPK (песимістичний варіант), то вартість вказаного добрива становить 1279 грн/т. Близько 57,0 % у структурі розрахунково-еквівалентної вартості донних відкладень належить гумусу, близько 19,1 % – кальцію.

Ще більшу величину прогнозової (орієнтовної) вартості донних відкладень одержано на прикладі усереднених даних 10 зразків,

Таблиця 5.17. Розрахунок прогнозової (орієнтовної) вартості донних відкладень станом на 15.09.2023 р. (об'єкт – с. Несвіч, Городищенська ТГ, Луцький р-н, Волинська обл.)

Показник	Фактичний вміст на суху речовину		Вартість органічної речовини та поживних речовин	
	%	кг/т	грн/т	%
Масова частка: органічної речовини	47,40	474,0	3290	57,0
загального азоту (N)	1,71	17,1	927	16,1
загального фосфору (P ₂ O ₅)	0,30	3,0	163	2,8
загального калію (K ₂ O)	0,35	3,5	190	3,3
кальцію (Ca)	4,09	40,9	1104	19,1
магнію (Mg)	0,37	3,7	100	1,7
Загальна вартість, усього, грн/т	Оптимістичний варіант		5774	100,0
У тому числі: без вартості кальцію та магнію	Реалістичний варіант		4569	–
без вартості кальцію, магнію та органічної речовини	Песимістичний варіант		1279	–

відібраних у с. Угринів (табл. 5.18). Так, прогнозна вартість 1 т цього добрива з урахуванням органічної речовини, NPK, кальцію та магнію становить 8194 грн (оптимістичний варіант), без урахування кальцію та магнію (реалістичний варіант) – 1903 грн. Якщо ж до уваги брати лише вміст NPK (песимістичний варіант), то вартість вказаного добрива становить 667 грн/т. Найбільша частка у структурі розрахунково-еквівалентної вартості донних відкладень у цьому випадку належить кальцію (75,4 %), другу позицію посідає гумус (15,1 %).

Таблиця 5.18. Розрахунок прогнозної (орієнтовної) вартості донних відкладень станом на 15.09.2023 р. (об'єкт – Угринів, Городищенська ТГ, Луцький р-н, Волинська обл.)

Показник	Фактичний вміст на суху речовину		Вартість гумусу та поживних речовин	
	%	кг/т	грн/т	%
Масова частка: органічної речовини	38,90	389,0	1236	15,1
загального азоту (N)	0,77	7,7	417	5,1
загального фосфору (P ₂ O ₅)	0,23	2,3	125	1,5
загального калію (K ₂ O)	0,23	2,3	125	1,5
кальцію (Ca)	22,87	228,7	6175	75,4
магнію (Mg)	0,43	4,3	116	1,4
Загальна вартість, усього, грн/т	Оптимістичний варіант		8194	100,0
У тому числі: без вартості кальцію та магнію	Реалістичний варіант		1903	–
без вартості кальцію, магнію та органічної речовини	Песимістичний варіант		667	–

Зважаючи на те, що в сучасних реаліях сільськогосподарські товаровиробники в основному купують мінеральні добрива, то логічно припустити оцінку за вмістом NPK найбільш імовірною ринковою ціною. Водночас з екологічного погляду для оцінювання еколого-економічної ефективності застосування донних відкладень доцільним є використання загальної вартості за оптимістичним варіантом, тобто з урахуванням не лише NPK, а й гумусу, кальцію та магнію.

Згідно з результатами проведеного опитування (рис. 5.7), орієнтовна вартість робіт щодо видалення донних відкладень становить до 1500 грн/м³ (50 % відповідей), 1501–2000 грн/м³ (25 %

відповідей), 2001–4000 грн/м³ (12,5 відповідей), понад 4000 грн/м³ (відповідей). Отже, середньозважена вартість робіт щодо видалення донних відкладень становить 1940 грн/м³. Це відповідає попереднім нашим розрахункам, згідно з якими станом на 2023 р. орієнтовна вартість видалення та первинної доробки донних відкладень становила близько 40 дол. США/м³ (або 1520 грн/м³). Із консервативних припущень для розрахунку прогнозованої ефективності використано собівартість на рівні 1940 грн/т (табл. 5.19).

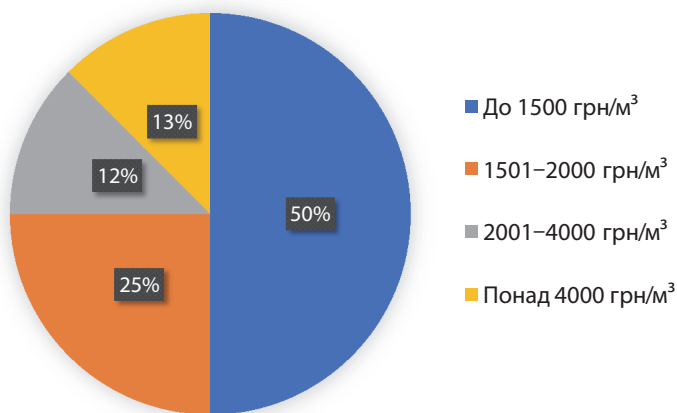


Рис. 5.7. Розподіл відповідей респондентів стосовно орієнтовної вартості робіт щодо видалення донних відкладень, 2023 р.

Отже, за оптимістичним варіантом, якщо фактична собівартість 1 т донних відкладень менша, ніж 2580 грн (с. Коробочкине), 3138 грн (с. Нова Гнилиця), 5774 грн (с. Несвіч) і 8194 грн (с. Угринів), то можна припустити, що його реалізація та/або застосування може бути економічно ефективним. Установлено, що прогнозований умовний прибуток від реалізації 1 т донних відкладень може становити 640–6254 грн за оптимістичного варіанта для всіх об'єктів дослідження, а за реалістичним варіантом прибуток очікується лише для донних відкладень зі ставок с. Несвіч, інші варіанти є збитковими. Відповідно прогнозований умовний рівень рентабельності може досягнути 33,0–322,4 %. У випадку, якщо сільськогосподарські товаровиробники будуть готові платити за вказане добриво вищу ціну

Таблиця 5.19. Розрахунок прогнозної (орієнтовної) економічної ефективності реалізації або застосування донних відкладень (станом на 15.09.2023 р.)

Показник	Показник за орієнтовної собівартості за варіантами		
	оптимістичний	реалістичний	песимістичний
<i>Ціна реалізації, грн/т*</i>			
Мул зі ставків: с. Коробочкине, Чкаловська ТГ	2580	1030	482
с. Нова Гнилиця, Чкаловська ТГ	3138	937	450
с. Несвіч, Городищенська ТГ	5774	4569	1279
с. Угринів, Городищенська ТГ	8194	1903	667
<i>Умовний прибуток (збиток), грн/т</i>			
Мул зі ставків: с. Коробочкине, Чкаловська ТГ	640	-910	-1458
с. Нова Гнилиця, Чкаловська ТГ	1198	-1003	-1490
с. Несвіч, Городищенська ТГ	3834	2629	-661
с. Угринів, Городищенська ТГ	6254	-37	-1273
<i>Умовний рівень рентабельності, %</i>			
Мул зі ставків: с. Коробочкине, Чкаловська ТГ	33,0	-46,9	-75,2
с. Нова Гнилиця, Чкаловська ТГ	61,8	-51,7	-76,8
с. Несвіч, Городищенська ТГ	197,6	135,5	-34,1
с. Угринів, Городищенська ТГ	322,4	-1,9	-65,6

* За ціну реалізації 1 т прийнято розраховану в табл. 5.15–5.18 вартість. У разі детального ТЕО проекту потребує уточнення на основі маркетингового дослідження.

з урахуванням його меліоративних властивостей, то економічний ефект зростатиме. Однак це потребує експериментальної перевірки ефективності цього добрива та маркетингового дослідження готовності сільгоспвиробників його купувати.

5.4. Висновок

Видалення донних відкладень з рибогосподарських водойм є одним із важливих механізмів регулювання вмісту цих речовин у водній товщі, що впливає на продуктивність водних екосистем та якість води в них. Напрямок використання видобутих матеріалів визначається на підставі аналізу їх фізичних, фізико-хімічних, хімічних властивостей та ступеня забруднення.

На прикладі пілотних об'єктів у Харківській (Чкаловська ТГ) та Волинській областях (Городищенська ТГ) визначено агрономічну цінність донних відкладень із рибогосподарських водойм. На підставі основних показників їх складу визначено поживну цінність та напрями можливого їх використання у сільському господарстві для покращення стану ґрунтів та підвищення врожайності вирощуваних культур. Визначено потенційну ефективність застосування донних відкладень рибогосподарських водойм для підвищення родючості ґрунтів та відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій з урахуванням їх агрономічної цінності.

На підставі проведених досліджень встановлено, що застосування їх збагатить ґрунт органічною речовиною, підвищить вміст загального вуглецю, рухомих сполук азоту, фосфору, калію. Донні відкладення можуть використовуватися як складові добрив, ґрунтополіпшувачі або рекультиванти.

Здійснено оцінювання вартості й прогностичної економічної ефективності видалення донних відкладень та їх реалізації як добрив. За впливом на потенційну родючість (уміст гумусу в ґрунті) використання донних відкладень як добрива можна визнати ефективним. Для підвищення економічної ефективності використання донних відкладень як добрива доцільно збільшувати вміст елементів живлення у разі додавання відповідних мінеральних добрив.

Застосування їх у сільськогосподарському виробництві сприятиме покращенню якісного стану ґрунту. Меліорація ґрунтів з використанням донних відкладень рибогосподарських ставків забезпечує оптимізацію водного режиму, агрофізичних та фізико-хімічних властивостей ґрунтів і покращення поживного режиму.

Подяка. Дослідження виконано за проектом «Рекомендації для аграріїв і громад щодо добування та використання мулу та інших донних відкладень для поліпшення стану сільськогосподарських угідь та відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій» з компанією Кімонікс Інтернешнл Інк. у межах Програми USAID з аграрного і сільського розвитку (АГРО).

Список використаних джерел

1. *Global status of black soils*. FAO, Rome, 2022. 200 p. <https://doi.org/10.4060/cc3124en>
2. *Програма використання та охорони земель (грунтово-агрохімічні аспекти)*; за наук. ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошниченка, Р. С. Трускавцького. Київ: Аграрна наука, 2023. 96 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-594-8>
3. *Балюк С. А., Воротинцева Л. І., Скрильника Є. В. та ін.* Рекомендації з використання донних відкладень із рибогосподарських водойм для поліпшення стану сільськогосподарських угідь та відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій. Харків: ДІСА ПЛЮС, 2023. 136 с. <https://doi.org/10.4060/10.31073/issar9786178122799>
4. *Стан і завдання наукового забезпечення управління ґрунтовими ресурсами на етапі збройної агресії та повоєнного відновлення: монографія*; за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера. Київ: Аграрна наука, 2023. 168 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-590-0>
5. *Балюк С. А., Кучер А. В., Солоха М. О. та ін.* Вплив збройної агресії та воєнних дій на сучасний стан ґрунтового покриву, оцінка шкоди та збитків, заходи з відновлення: наук. доп. Харків: ФОП Бровін О. В., 2022. 102 с. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15740.41608>
6. *Балюк С. А., Кучер А. В., Солоха М. О., Соловей В. Б.* Оцінювання впливу збройної агресії рф на ґрунтовий покрив України. *Український географічний журнал*. 2024. № 1. С. 7–18. <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.007>
7. *Renella G.* Recycling and reuse of sediments in agriculture: where is the problem? *Sustainability*. 2021. 13 (4). 1648. <https://doi.org/10.3390/su13041648>
8. *Szara-Bąk M., Baran A., Klimkowicz-Pawlas A.* Recycling of bottom sediment to agriculture: effects on plant growth and soil properties. *Journal of Soils and Sediments*. 2022. No. 23(1). P. 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03363-0>
9. *Tarnawski M., Baran A., Koniarz T.* The effect of bottom sediment supplement on changes of soil properties and on the chemical composition of plants. *Geology Geophysics & Environment*. 2015. V. 41. No. 3. P. 285–292. <https://doi.org/10.7494/geol.2015.41.3.285>
10. *Drózdź D., Malińska K., Mazurkiewicz J. et al.* Fish pond sediment from aquaculture production – Current practices and the potential for nutrient recovery: A Review. *International. Agrophysics*. 2020. № 34 (1). P. 33–41. <https://doi.org/10.31545/intagr/116394>

11. *Burducea M., Lobiuc A., Dirvariu L. et al.* Assessment of the Fertilization Capacity of the Aquaculture Sediment for Wheat Grass as Sustainable Alternative Use. *Plants*. 2022. No. 11(5). 634.
<https://doi.org/10.3390/plants11050634>
12. *Drózdź D., Malińska K., Kacprzak M.* Potential of Fish Pond Sediments Composts as Organic Fertilizers. *Waste and Biomass Valorization*. 2020. V. 11. P. 5151–5163. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01074-6>
13. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. FAO: Rome, Italy, 2020. 244 p.
URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca9229en>
14. *Contaminated sediments in European river basins*. European sediment research network. 2004. 46 p.
15. *Baran A., Jasiewicz C., Tarnawski M.* Effect of bottom sediment supplement to light soil on the content and uptake of macroelements by maize. *Ecological Chemistry and Engineering A*. 2012. No. 19(8). P. 863–872. [https://doi.org/10.2428/ecea.2012.19\(08\)084](https://doi.org/10.2428/ecea.2012.19(08)084)
16. *Burducea M., Lobiuc A., Asandulesa M. et al.* Effects of Sewage Sludge Amendments on the Growth and Physiology of Sweet Basil. *Agronomy*. 2019. V. 9. Is. 9. P. 548. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090548>
17. *Marval S., Hejduk T., Zajiček A.* An Analysis of Sediment Quality from the Perspective of Land Use in the Catchment and Pond Management. *Soil Sediment Contamination An International journal*. 2020. V. 29. Is. 4. P. 397–420. <https://doi.org/10.1080/15320383.2020.1729091>
18. *Brigham R.D., Pelini S., Xu Z., Vázquez-Ortega A. J.* Assessing the effects of lake-dredged sediments on soil health: Agricultural and environmental implications for northwestern Ohio. *Journal of Environmental Quality*. 2021. V. 50. Is. 2. P. 494–503. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20199>
19. *Thi Da C., Anh Tu P., Livsey J. et al.* Improving Productivity in Integrated Fish-Vegetable Farming Systems with Recycled Fish Pond Sediments. *Agronomy*. 2020. V. 10. Is. 7. 1025.
<https://doi.org/10.3390/agronomy10071025>
20. ДСТУ ISO 5667-12-2001. Якість води. Відбирання проб. Частина 12. Настанови щодо відбирання проб донних відкладів (ISO 5667-12:1998, IDT).
21. *Avnimelech Y., Ritvo G.* Shrimp and fish pond soils: Processes and management. *Aquaculture*. 2003. V. 220, Is. 1–4. P. 549–567.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00641-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00641-5)
22. *Verdegem M.C.J.* Nutrient discharge from aquaculture operations in function of system design and production environment. *Reviews in Aquaculture*. 2013. V. 5. Is. 3. P. 158–171. <https://doi.org/10.1111/raq.12011>

23. *Про затвердження* нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин : Постанова Кабінету Міністрів України від 15.12.2021 р. № 1325. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>
24. *Сланов В. П., Високос М. П.* Зооекологія. Київ: Аграрна наука, 1997. 118 с.

Відновлення Каховського водосховища та залучення водних ресурсів р. Дунай – основа планів повоєнної відбудови південних регіонів України

**М. І. Ромащенко^{1,2}, Б. О. Файбишенко³, А. М. Шевченко²,
Л. Г. Усата², Р. В. Сайдак², В. А. Сташук⁴, О. А. Никитюк¹,
Є. М. Мацелюк², О. П. Музика², С. В. Усатий², В. В. Книш²**

¹ Київський аграрний університет НААН, м. Київ, Україна

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ, Україна

³ Національна лабораторія Лоуренса Берклі, м. Берклі, штат Каліфорнія, США

⁴ Інститут садівництва НААН, м. Київ, Україна

E-mail: mi.romashchenko@gmail.com

Анотація. У розділі представлено концептуальне бачення вирішення питання водозабезпечення південних регіонів України через відновлення Каховського водосховища та залучення для цього водних ресурсів р. Дунай, які мають стати основою Планів повоєнної відбудови південних регіонів України з вирішення питань господарсько-питного водопостачання міст і сільських населених пунктів Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької, частини Дніпропетровської і Донецької областей та АР Крим, а також відновлення зрошення в цих регіонах як основи для відтворення і збереження екологічних та продуктивних функцій ґрунтів. Оцінено стан забезпечення водними ресурсами та вологозабезпечення ґрунтів до і під час повномасштабної збройної агресії російської федерації та доведено важливість і пріоритетність розв'язання проблеми покращення водності південних регіонів. Проаналізовано дані щодо змін клімату та виконано прогнози їх впливу на водозабезпеченість регіонів, за якими встановлено, що поступове потепління клімату в Україні, яке розпочалося у 40-х роках минулого століття, змінилося у 1979–1994 рр. на «гарячу фазу» і посилюється зростанням середньорічної температури повітря зі швидкістю 0,45 °C/10 років, у подальшому погіршуватиме забезпечення сприятливих умов для життєдіяльності населення і розвитку зрошення, які потребуватимуть одночасної наявності значної кількості водних ресурсів у реалізації

планів повоєнної відбудови України в частині покращення виробництва сільськогосподарської продукції. Доведено, що відновлене Каховське водосховище без залучення водних ресурсів р. Дунай не зможе розв'язати проблему розвитку зрошення як основи сталого розвитку аграрного сектору південних регіонів країни, забезпечення екологічної стабільності і рівноваги навколишнього середовища на півдні країни та мінімізації проблеми зневоднення ґрунтів, зниження ризику їх деградації й опустелювання. Обґрунтовано необхідність реалізації проєкту залучення водних ресурсів з р. Дунай для покращення водозабезпечення південних регіонів України завдяки будівництву водогонів зі склокомпозитних труб українського виробництва за результатами відповідних наукових і техніко-економічних обґрунтувань (ТЕО) з урахуванням необхідності реконструкції та нового будівництва зрошувальних систем і систем водопостачання населених пунктів, джерелом води для яких буде Каховське водосховище та водні ресурси р. Дунай.

Ключові слова: відновлення, Каховське водосховище, р. Дунай, водозабезпеченість, ґрунти, розвиток зрошення, повоєнна відбудова України.

6.1. Вступ

«Грунт і вода – джерело життя»

Однією з найважливіших складових планів повоєнної відбудови України будуть заходи з відновлення пошкодженого внаслідок військової агресії російської федерації ґрунтового покриву, зокрема й зрошуваних ґрунтів. У розділі представлено концептуальне бачення та обґрунтовано доцільність відновлення Каховського водосховища із залученням водних ресурсів р. Дунай як основи планів повоєнної відбудови південних регіонів для вирішення питань господарсько-питного водопостачання міст і сільських населених пунктів Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької, частини Дніпропетровської і Донецької областей та АР Крим, а також відновлення зрошення у цих регіонах як основи для відтворення і збереження екологічних та продуктивних функцій ґрунтів.

Автори цього розділу, підготовленого на основі доповіді, що була озвучена на Міжнародній науково-практичній конференції «Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення» [1], свідомо обрали епіграфом девіз Всесвітнього дня ґрунту 2023 р. – «Ґрунт і вода – джерело життя» [2]. Усвідомлення того, що ґрунт і вода взаємодіють як природні партнери, які потребують системного інтегрованого управління, за якого ефективні методи управління вологою в ґрунті стають основою для інновацій у розвиток сільського господарства та стратегічним завданням у боротьбі з голодом в умовах війни і швидких змін клімату, стало підґрунтям для виконання наукової роботи, присвяченої питанням забезпечення водою південних регіонів України. На переконання авторів, саме рівень забезпечення цих регіонів водою буде визначати можливість, напрями та зміст планів повоєнної їх відбудови, а у більш широкому розумінні їх придатність для життєдіяльності населення. Така постановка питання для цих регіонів певною мірою була актуальною завжди, свідченням чого є унікальний комплекс «Асканія Нова», але особливої гостроти вона набула в останні десятиліття у зв'язку з прогресуючими змінами клімату (наглядна ілюстрація – деградація степових районів АР Крим після його анексії РФ і припинення подачі дніпровської води), а після знищення Каховського водосховища без

його відновлення ці регіони не мають перспектив для повноцінного розвитку. Більше того, відновлення Каховського водосховища вже недостатньо для належного забезпечення водою південних регіонів України. На переконання авторів, в умовах прогресуючих змін клімату, що зумовили появу та розвиток процесу зневоднення території України [3], вирішити це питання буде можливо тільки завдяки спільній реалізації проєктів з відновлення Каховського водосховища та залучення водних ресурсів р. Дунай, які до цього часу Україна практично не використовує. Тільки за умови реалізації цих проєктів південні регіони отримають можливість подальшого розвитку, передусім через відновлення порушеного воєнними діями рф потенціалу сільськогосподарського виробництва, що ґрунтувався на високій родючості ґрунтів, достатньому потенціалі теплової енергії та використанні зрошення як основного засобу посилення продуктивної функції ґрунтів. Відновлення та подальше нарощування потенціалу зрошення дасть змогу перетворити ці регіони в потужний кластер виробництва продовольства – основу забезпечення продовольчої безпеки не лише України, а й усього світу. Такий напрям дій чітко гармонізується із загальним курсом Стратегічної програми ООН (ФАО) на період 2022–2031 рр. [4], де визначено бачення розвитку світу, яке передбачає спільні зусилля для досягнення Цілей сталого розвитку до 2030 року через перехід до більш ефективних, інклюзивних, стійких і сталих агропродовольчих систем, де основний акцент зосереджено на поліпшенні якості виробництва, забезпеченні кращого харчування, збереженні навколишнього середовища та підвищенні якості життя для всіх.

Світ стурбований глобальною проблемою збереження ґрунтів і води, які є своєрідною «віртуальною» ціллю сталого розвитку, глибоко поєднаною в більшості формальних завдань, що підкреслюють численні баланси і взаємозв'язки, на яких ґрунтується основа здорових наземних екосистем [2]. ФАО акцентує значущість ґрунту і води для життя на планеті, поєднуючи їх у масштабну ініціативу «Ґрунт і вода – джерело життя» [2, 5], наголошуючи, що перед світом стоїть глобальна, колективна та невідкладна проблема збереження ґрунтів і води. Розв'язання цієї проблеми має стати пріоритетом і у планах відновлення України у повоєнний період, що відбуватиметься

в умовах зміни клімату. Заклик до збереження здоров'я ґрунтів та покращення якості водних ресурсів ототожнюється з виконанням невідкладних і скоординованих заходів щодо пом'якшення впливу кліматичних змін та забезпечення сталої продовольчої безпеки [2, 5], серед яких важлива роль покладається на глобальні агропродовольчі системи, які, за висновками ООН, ФАО і Міжнародного фонду сільськогосподарського розвитку (IFAD), матимуть рушійну силу в адаптації до зміни клімату та пом'якшенні його наслідків, захисті і збереженні біорізноманіття та створенні інклюзивних і стійких засобів до існування [6–9]. Першочерговими заходами з формування агропродовольчих систем має стати розширення масштабів відновлення продуктивності ґрунтів завдяки зрошенню, які дадуть можливість зменшити вразливість виробників сільськогосподарської продукції, зміцнити інтегроване управління водними ресурсами і мінімізувати кліматичні та екологічні ризики. Зрошувані агропродовольчі системи в Україні можуть стати ефективним інструментом адаптації землеробства південних регіонів до нових реалій воєнного часу та подальшого розвитку в умовах масштабних руйнувань інженерної меліоративної інфраструктури водогосподарського комплексу, які забезпечуватимуть продовольчу безпеку країни та світу і протидіятимуть деградації ґрунтового покриву та її наслідків, пов'язаних з воєнними діями РФ та кліматичними змінами. З урахуванням принципів сталого розвитку зрошувані агропродовольчі системи у південних регіонах України зможуть функціонувати як потужні засоби пом'якшення зміни клімату, де їх трансформація відіграватиме ключову роль у досягненні глобальних екологічних цілей та Цілей сталого розвитку. Але вирішення цього завдання неможливе без достатньої кількості води.

6.2. Об'єкти (матеріали) і методи досліджень

Програма досліджень передбачала комплексне аналізування, узагальнення та оцінювання із різних джерел інформації з метою ретельного аналізу стану водних ресурсів і вологозабезпечення ґрунтів південних регіонів України, постраждалих через повномасштабну військову агресію російської федерації та зміни клімату. Для цього

використано фондові та сучасні матеріали Інституту водних проблем і меліорації НААН та Державного агентства водних ресурсів України за період 1901–2023 рр., а також історичні дані відділу кліматичних досліджень (CRU) Університету Східної Англії [10–11]. У роботі з даними застосовано платформу Rstudio та різноманітні бібліотеки, такі як zoo, hts, caTools, HydroTSM, pals, anytime, SPEI, dplyr, strucchange, ecdfHD, factoextra, maps, hydroTools [12–18] та ін. Для візуального та кількісного вираження розповсюдження чорноземних ґрунтів у зоні Степу та в межах дії Каховського водосховища, які потребують покращення вологозабезпечення, використано відкриті дані ННЦ «ІА імені О. Н. Соколовського» та карту «Чорноземні ґрунти України» [19].

Прогнозоване оцінювання впливу змін клімату на стан природного вологозабезпечення ґрунтів та забезпеченість території України водними ресурсами на середньо- (до 2050 р.) і довгострокову перспективу (до 2100 р.) виконано за результатами прогнозу змін середньорічної температури повітря та річних сум опадів для різних регіонів в Україні на основі результатів прогнозу Українського гідрометеорологічного інституту за сценарієм А1В [20] та прогнозних класифікаційних кліматичних карт Кеппена-Гейгера на період 1980–2016 рр. і 2071–2100 рр. [21].

Ідею водозабезпечення південних регіонів України представлено через відновлення Каховського водосховища із залученням та подачею води р. Дунай у відновлене Каховське водосховище, а не у Дніпро-Бузький лиман, як це передбачалося проектом міжбасейнового перекидання стоку (на прикладі каналу Дунай-Дніпро) [22], з урахуванням поточної кліматичної і воєнної ситуації в країні та появою нових технічних і технологічних можливостей на основі використання склокомпозитних труб великого діаметра (до 4 м), що дасть змогу подавати воду під тиском до 25 атм.

6.3. Результати досліджень

6.3.1. Стан забезпечення водними ресурсами та вологозабезпечення ґрунтів південних регіонів України до початку повномасштабної збройної агресії РФ

Водні ресурси є стратегічно важливим природним ресурсом, що займає особливе місце у розвитку суспільства, забезпечуючи природну складову соціально-економічного розвитку півдня країни, сфер життя і господарської діяльності населення та надаючи можливості для інноваційного розвитку промисловості і сільського господарства зі збереженням та сталістю природних екосистем [23–26]. Важливість і пріоритетність проблеми забезпечення водними ресурсами були пов'язані також і з безпековими аспектами регіонального та національного рівня [23, 25].

Як відомо, південні регіони України завжди належали до найменш забезпечених власними водними ресурсами прісної води регіонів (*табл. 6.1*). Ресурси середньобагаторічного сумарного стоку у цих регіонах змінювалися в широкому діапазоні – від 0,91 км³/рік в АР Крим до 54,4 км³/рік у Херсонській області [23]. При цьому згідно з даними *табл. 6.1* найбільш забезпеченими ресурсами річкового стоку є території в басейні р. Дніпро, проте це лише за рахунок стоку Дніпра, а за обсягами місцевого стоку вони належали до маловодо-забезпечених. Як приклад, Херсонська область, що найбільш забезпечена стоком р. Дніпро, за водними ресурсами місцевого стоку є найменш забезпеченою серед усіх південних регіонів. У більшості південних регіонів приплив транзитного річкового стоку значно перевищує обсяги місцевого стоку: від 6 разів у Миколаївській області до 350 разів у Херсонській області. Винятком є АР Крим, де природний приплив із-за її меж відсутній.

В оцінюванні забезпеченості південних регіонів транзитним стоком необхідно також враховувати і стік р. Дунай по Кілійському рукаву (гирлу), до якої до 2015 р. надходило в середньому 123 км³ води в рік, а в дуже маловодні роки – 95,5 км³ [29]. На сьогодні стік Дунаю в Україні практично не використовується, хоча згідно з розрахунками водогосподарського балансу є можливість залучити до використання 30–35 км³ дунайської води [27]. При цьому залучення

Таблиця 6.1. Водні ресурси річкового стоку південних регіонів України [23]

Регіон (область)	Водні ресурси у різні за водністю роки, км ³ /рік					
	середньобагаторічні*		маловодні*		дуже маловодні*	
	місцеві	сумарні	місцеві	сумарні	місцеві	сумарні
АР Крим	<u>0,91</u> 0,91	<u>0,91</u> –	<u>0,65</u> 0,53	<u>0,65</u> 0,53	<u>0,43</u> 0,24	<u>0,43</u> 0,24
Запорізька	<u>0,62</u> –	<u>53,0</u> 54,0	<u>0,30</u> 0,44	<u>42,8</u> 41,6	<u>0,13</u> 0,23	<u>33,1</u> 30,0
Миколаївська	<u>0,57</u> –	<u>4,0</u> 4,14	<u>0,33</u> 0,23	<u>2,78</u> 2,72	<u>0,16</u> 0,08	<u>1,71</u> 1,61
Одеська**	<u>0,35</u> –	<u>12,9</u> 12,8	<u>0,17</u> 0,25	<u>10,1</u> 9,45	<u>0,076</u> 0,12	<u>7,41</u> 6,70
Херсонська	<u>0,14</u> –	<u>54,4</u> 54,5	<u>0,06</u> 0,07	<u>42,8</u> 41,7	<u>0,02</u> 0,01	<u>32,0</u> 30,0

* Над ризикою – значення наведено за даними [27]; під ризикою – за даними [28];

** значення стоку для Одеської області наведено без вод р. Дунай.

10 км³ води не перевищуватиме 10 % середньобагаторічного стоку і перебуватиме в екологічно допустимих межах.

Величина питомої забезпеченості місцевим багаторічним стоком для південних регіонів коливалась у межах 4,9–33,7 тис. м³/рік на 1 км² за середньої забезпеченості території України загалом близько 90 тис. м³/рік на 1 км². У дуже маловодні роки забезпеченість місцевим річковим стоком на 1 км² знижувалася до 0,7–15,9 тис. м³/рік [28]. Ще більш значимими є відмінності у величинах питомої водозабезпеченості 1 км² території середньобагаторічним сумарним річковим стоком: від 33,7 тис. км³/рік для АР Крим до майже 1950 тис. м³/рік для Запорізької області із середньою величиною для України близько 150 тис. м³/рік.

Стан питомої водозабезпеченості південних регіонів України з урахуванням сумарного і місцевого річкового стоку в розрахунок на одну людину, наведено у *табл. 6.2*. За величиною питомої забезпеченості населення України місцевими водними ресурсами (0,13–0,49 тис. м³ на 1 людину в середній за водністю рік) усі південні регіони згідно з класифікацією Європейської економічної комісії ООН (ЄЕК ООН) належали до катастрофічно низьководозабезпечених регіонів з питомою водозабезпеченістю менше 1 тис. м³/рік на 1 особу. У дуже маловодні роки на 1 людину в цих регіонах припадало власних

Таблиця 6.2. Питома водозабезпеченість південних регіонів України [23]

Регіон (область)	Чисельність населення станом на 01.01.2016, тис. чол.	Забезпеченість річковим стоком на 1 людину залежно від водності року, тис. м ³ /рік*					
		середньобагаторічний		маловодний		дуже маловодний	
		місцевий	сумарний	місцевий	сумарний	місцевий	сумарний
АРК	2354,5**	<u>0,38</u> 0,38	<u>0,38</u> 0,38	<u>0,28</u> 0,22	<u>0,28</u> 0,22	<u>0,18</u> 0,10	<u>0,18</u> 0,10
Запорізька	1753,6	<u>0,35</u> –	<u>30,22</u> 30,79	<u>0,17</u> 0,25	<u>24,40</u> 23,72	<u>0,07</u> 0,13	<u>18,88</u> 17,11
Миколаївська	1158,2	<u>0,49</u> –	<u>3,45</u> 3,57	<u>0,28</u> 0,20	<u>2,40</u> 2,35	<u>0,14</u> 0,07	<u>1,48</u> 1,39
Одеська	2390,3	<u>0,15</u> –	<u>5,40</u> 5,35	<u>0,07</u> 0,10	<u>4,22</u> 3,95	<u>0,03</u> 0,05	<u>3,10</u> 2,80
Херсонська	1062,4	<u>0,13</u> –	<u>51,20</u> 51,30	<u>0,06</u> 0,07	<u>40,29</u> 39,25	<u>0,02</u> 0,01	<u>30,12</u> 28,24

* Над рискою – значення наведено за даними [27], під рискою – за даними [28];

** значення наведено станом на 01.04.2014 р.

водних ресурсів від 20–30 м³/рік (Херсонська, Одеська області) до 140–180 м³/рік (Миколаївська область, АР Крим). Питома забезпеченість сумарними ресурсами річкового стоку в межах регіонів коливалась від 0,4 до 51,2 тис. м³ на 1 людину в середній за водністю рік та від 0,2 до 30,1 тис. м³ – у дуже маловодний рік.

Отже, південні регіони України за місцевими водними ресурсами річкового стоку до 2015 р. належали до катастрофічно низькозабезпечених регіонів, а за сумарними ресурсами річкового стоку – змінювалися від катастрофічно низькозабезпечених до високозабезпечених. Через це південним регіонам була притаманна територіальна неоднорідність рівня забезпеченості поверхневими водами не лише між регіонами чи областями, а й у межах самих територіальних одиниць. Найменш забезпеченими місцевими поверхневими водними ресурсами були райони, розташовані у південній частині Миколаївської, Херсонської та Донецької областей, а також північній і центральній частині АР Крим, де середній багаторічний модуль стоку річок становив менше 0,2 дм³/с/км². Північна та центральна частини території Одеської області також характеризувалися обмеженими запасами води, тоді як південь і захід, що примикають до річок Дністер

і Дунай, мають значні запаси води. Те саме стосується Запорізької і Херсонської областей.

Не кращий стан і в частині забезпечення південних регіонів ресурсами підземних вод. Прогнозні ресурси підземних вод (ПРПВ) півдня України становлять 3,28 км³/рік, або 9000,6 тис. м³/добу, з них 2,73 км³/рік, або 7473,6 тис. м³/добу мінералізовані до 1,5 г/дм³. Су-марні розвідані обсяги експлуатаційних запасів підземних вод (ЕЗПВ) станом на 2015 р. становили 1,09 км³/рік (2987,8 тис. м³/добу), або 32,2 % ПРПВ [30]. При цьому понад 55 % ПРПВ було зосереджено в Херсонській області, де на 1 мешканця припадало 4,68 м³/добу, або 1,7 тис. м³/рік, тоді як в Одеській області – 0,3 м³/добу [30].

Загалом експлуатаційні запаси прісних та слабомінералізованих підземних вод південних регіонів України, за винятком території Олешківських пісків у Херсонській області та незначних територій західного Криму і півночі Керченського півострова, вирізнялися вкрай низьким (менше 1 дм³/с/км²) модулем експлуатаційних запасів (рис. 6.1), що робить їх практично недоступними для промислового використання.

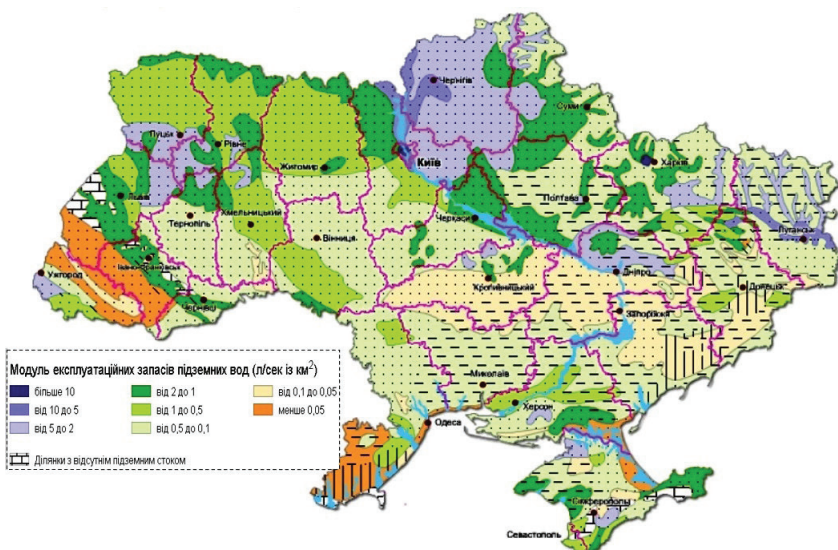


Рис. 6.1. Експлуатаційні запаси підземних вод України [31]

Типізацію південних регіонів України за забезпеченістю водними ресурсами наведено на рис. 6.2 [23]. Згідно з цією типізацією за рівнем природної забезпеченості місцевими та загальними водними ресурсами АР Крим, Миколаївська та Одеська області належать до маловодозабезпечених регіонів, а Запорізька і Херсонська – до достатньоводозабезпечених. З урахуванням диференціації забезпеченості місцевими водними ресурсами та величини припливу транзитних вод АР Крим є катастрофічно низькозабезпеченою і місцевими, і сумарними водними ресурсами. Миколаївська та Одеська області (без урахування стоку р. Дунай) катастрофічно низькозабезпечені місцевими водними ресурсами і помірнозабезпечені за сумарними водними ресурсами (проміжна за класифікацією ЄЕК ООН), тоді як Херсонська, Запорізька та Одеська (з урахуванням стоку р. Дунай) області катастрофічно низькозабезпечені місцевими водними ресурсами і високозабезпечені за сумарними водними ресурсами.

Отже, результати типізації природної забезпеченості місцевими та загальними водними ресурсами свідчать про низьку забезпеченість усіх південних регіонів власними водними ресурсами, що зумовлювало необхідність залучення до використання транзитних вод, зокрема через їх акумуляцію та перерозподіл у межах певного регіону чи басейну, а також про наявність потреби у перекиданні з іншого регіону чи басейну за відсутності припливу вод зовні (АР Крим).

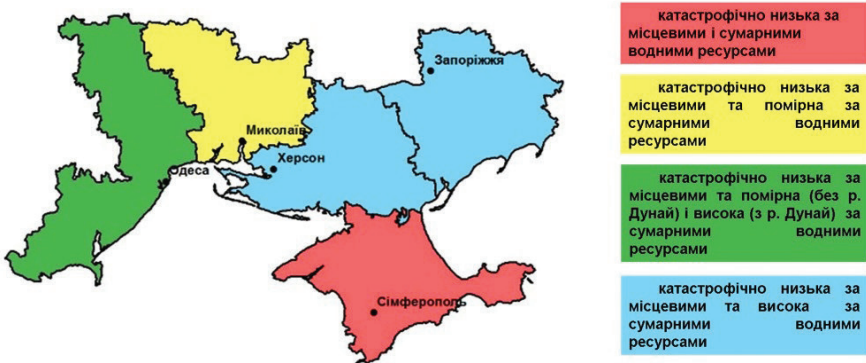


Рис. 6.2. Забезпеченість південних регіонів України водними ресурсами [23]

На необхідність залучення додаткових водних ресурсів для забезпечення ними потреб населення та галузей економіки південних регіонів також вказує показник дисбалансу між потребою у водних ресурсах і забезпеченістю ними південних регіонів України станом на 2015 р. (рис. 6.3). У його визначенні враховано на той час існуючу структуру водоспоживання [23], яка у регіональному розрізі була представлена кількома його типами:

- переважним використанням води на виробничі потреби (характерний для промислово розвиненої Запорізької області);
- переважним використанням на зрошення (Херсонська область та АР Крим – до анексії рф у 2014 р.);
- змішаним використанням, зокрема й на господарсько-питні та виробничі потреби і зрошення (Миколаївська та Одеська області).

Щодо стану природного вологозабезпечення ґрунтів, то його оцінювання в межах України для періодів 1961–1990 рр. та 1991–2016 рр. виконано за величиною річного кліматичного водного

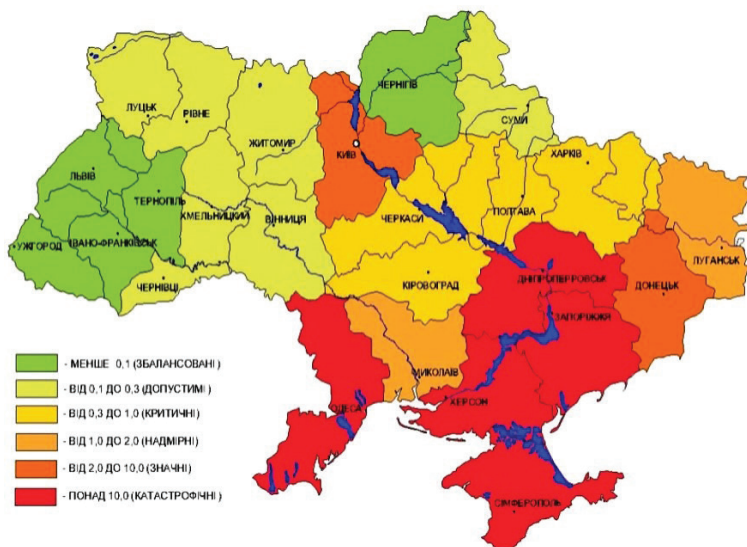


Рис. 6.3. Дисбаланс між потребою у водних ресурсах та забезпеченістю ними для різних регіонів України [32]

балансу (КВБ), за яким виділено шість основних зон – надмірно вологу, вологу, недостатньо вологу, посушливу, суху і дуже суху (табл. 6.3) [33].

Згідно з цим районуванням ґрунти всіх південних регіонів України за умовами природного вологозабезпечення належать до трьох зон: посушливої, сухої та дуже сухої як станом на 1990 р., так і на 2016 р. У 2016 р. у межах посушливої зони, що характеризувалася величиною річного кліматичного водного балансу в межах від -150 до -300 мм, зосереджувалося 12,5 % території Одеської області, 17 – Дніпропетровської і 44 % – Донецької області.

Таблиця 6.3. Шкала оцінювання річного кліматичного водного балансу та відносні площі зон України з різним рівнем вологозабезпечення ґрунтів [33]

№ зони	Шкала КВБ, мм	Якісна оцінка	Відносна площа зони, % загальної території України		
			1961–1990 рр.	1991–2016 рр.	1991–2016 рр. ± до 1961–1990 рр.
I	Понад 50	Надмірно волога	12,5	4,5	-8,0
II	-50–(50)	Волога	32,0	30,0	-2,0
III	-50–(-150)	Недостатньо волога	10,0	16,0	6,0
IV	-150–(-300)	Посушлива	23,0	20,0	-3,0
V	-300–(-450)	Суха	18,5	22,0	3,5
VI	Менше -450	Дуже суха	4,0	7,5	3,5

Суха зона з дефіцитом річного кліматичного водного балансу в межах від -300 до -450 мм охоплювала 50 % території Одеської області, 90 – Миколаївської, 40 – Херсонської, 83 – Донецької та майже 100 – Запорізької і 56 % – Донецької областей. Дуже суха зона займала південну частину Одеської (38 % території), Миколаївської (10 %), Херсонської (60 %) областей та майже всю територію АР Крим (81 %), за винятком гірських районів. За результатами цього районування, всі ґрунти південних регіонів України формувалися в умовах посушливої, сухої та дуже сухої зон, для яких характерним був значний дефіцит річного кліматичного водного балансу (понад -150 мм), що свідчив про проблематичність ведення сталого

землеробства без зрошення. Зміни клімату вплинули на вологозабезпечення ґрунтів, внаслідок чого площа сухої та дуже сухої зон зросла на 7 % у 2020 р. порівняно з 1990 р. (рис. 6.4). За таких умов дефіцит річного кліматичного водного балансу збільшився в середньому на 50 мм у посушливій і сухій зонах та на 85–95 мм – у дуже сухій зоні. При цьому формування дефіциту природного вологозабезпечення ґрунтів у посушливій зоні розпочинається з травня, а в сухій і дуже сухій зонах – з квітня, що свідчить про необхідність додаткового залучання вологи через зрошення для забезпечення високої продуктивності сільськогосподарських культур практично з початку періоду їх вегетації [33].

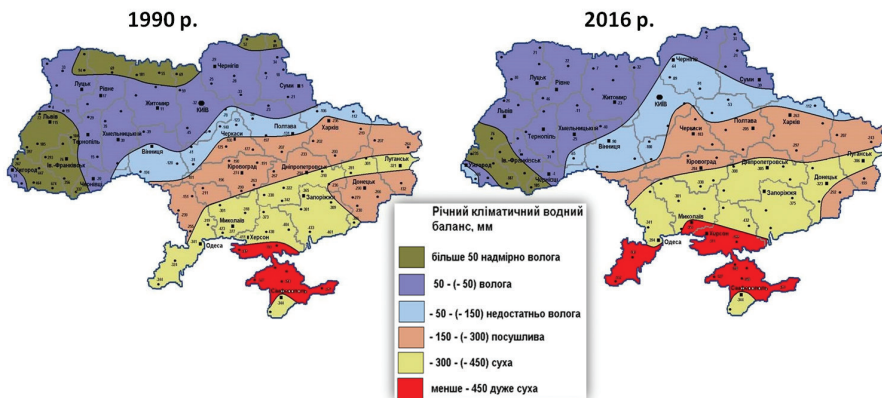


Рис. 6.4. Картосхеми районування території України за умовами природного вологозабезпечення [33]

За цього потреба в додатковому вологозабезпеченні для вирощування більшості ранніх культур за 90 %-го рівня забезпеченості кліматичного водного балансу має становити 3800 м³/га у дуже сухій зоні, 3700 – у сухій і 2400 м³/га – у посушливій зонах. Для пізніх культур у дуже сухій зоні ця потреба зростає до 5000 м³/га [33].

Для південних регіонів України (рис. 6.5) саме рівень природного вологозабезпечення став визначальним чинником ресурсного забезпечення технологій богарного землеробства, яке у цих регіонах через відсутність вологи і високі ризики недоотримання врожаю виконувалося за принципом «посяїв–зібрав» (рис. 6.6).

Рис. 6.5. Витрати на вирощування зернових культур залежно від коефіцієнта зволоження [34]

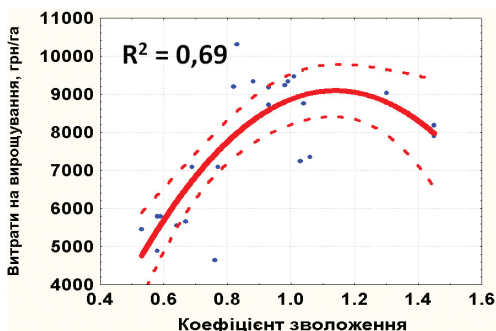
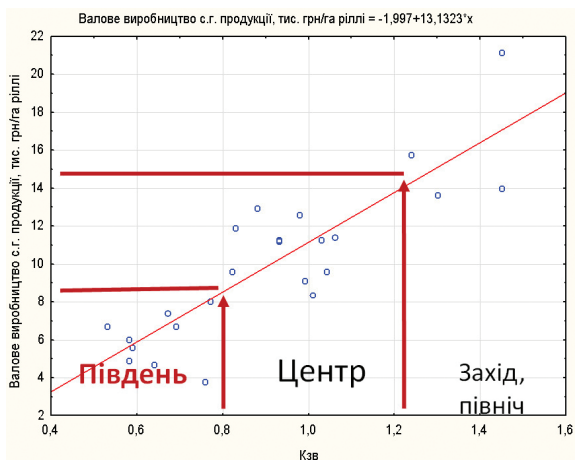


Рис. 6.6. Валове виробництво сільськогосподарської продукції (тис. грн/га ріллі) залежно від умов вологозабезпечення [34]



Отже, незважаючи на те, що ґрунтовий покрив південних регіонів України характеризується переважно чорноземними ґрунтами (black soils) (див. рис. 6.1), потенційна родючість яких за достатньої кількості вологи майже не обмежена, в умовах значного дефіциту вологи, що нині є характерним для зони Степу, їх використання вирізняється достатньо низькими показниками врожайності сільськогосподарських культур (рис. 6.7) порівняно із зонами Лісостепу і Полісся.

А відтак, за станом забезпечення водними ресурсами та рівнями природного вологозабезпечення ґрунтів, південні регіони України є вододефіцитними за запасами власних поверхневих і підземних вод, що потребують залучення значних обсягів водних ресурсів для

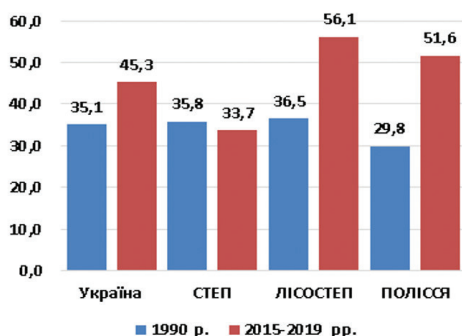


Рис. 6.7. Урожайність зернових і зернобобових культур в Україні [35]

завдяки акумуляції води р. Дніпро у каскаді дніпровських водосховищ, зокрема й Каховському водосховищі (табл. 6.4), з подальшим її транспортуванням каналами та водогонами у вододефіцитні райони. При цьому саме Каховське водосховище, що мало загальний і робочий об'єм 18,2 та 6,78 км³ відповідно, здійснювало регулювання стоку з водосховищ, розташованих вище по течії р. Дніпро, та слугувало основним джерелом води для Херсонської, Запорізької, Миколаївської, півдня правобережної частини Дніпропетровської і Донецької областей та АР Крим, а також забезпечувало потреби цих регіонів у воді для розвитку промисловості, енергетики, транспорту, комунального господарства з питним водопостачанням та сільського господарства, зокрема й зрошення.

Таблиця 6.4. Характеристика каскаду дніпровських водосховищ [36]

Характеристика	Назва водосховища					
	Київське	Канівське	Кременчуцьке	Кам'янське	Дніпровське	Каховське
Середній багаторічний об'єм стоку у створі ГЕС, км ³	33,1	43,9	47,8	52	52,2	52,2
Об'єм водосховища, км ³	3,73	2,50	13,52	2,46	3,32	18,18
Робочий об'єм, км ³	1,17	0,30	8,97	0,53	0,85	6,78
Тип регулювання стоку	Сезонне	Добове	Річне	Тижневе, добове	Тижневе, добове	Річне

Найбільшими каналами державного значення, якими дніпровську воду з Каховського водосховища транспортували до споживачів, були:

- Північно-Кримський канал з проектною витратою 295 м³/с, що забезпечував подачу води на потреби зрошення АР Крим та південних районів Херсонської області на загальній площі близько 500 тис. га і водопостачання міст Сімферополь, Севастополь, Судак, Феодосія, Керч та багатьох інших міських і сільських населених пунктів АР Крим та південних районів Херсонської області;
- Головний Каховський магістральний канал з проектною витратою 530 м³/с, що забезпечував (мав забезпечувати) подачу води на зрошення земель в Херсонській, Запорізькій та Донецькій областях на загальній площі 320 (750) тис. га і водопостачання міст Мелітополь, Бердянськ, у перспективі Маріуполь, інших міських та сільських населених пунктів Херсонської, Запорізької та Донецької областей.
- Канал Дніпро-Кривий Ріг з проектною витратою 44 м³/с, що забезпечував водою промислові райони Криворіжжя.

Безпосередньо з Каховського водосховища також здійснювався забір води для водопостачання міст Нікополя, Марганця, Покрова, Кам'янки-Дніпровської, Енергодара, населених пунктів Мар'янське, Апостолово, Томаківка та інших територій у Дніпропетровській та Запорізькій областях, а також на потреби зрошення Сірогозькою, Північно-Рогачицькою, Батумською, Рубанівською, Бериславською, Томаринською, Лиманецькою, Українською, Софіївською, Золотобалківською, Явкинською та іншими зрошувальними системами Дніпропетровської, Запорізької, Миколаївської та Херсонської областей.

До 1990 р. сумарний забір води з Каховського водосховища перевищував 12 км³/рік, зокрема понад 8 км³/рік використовувався на потреби зрошення [37]. Саме завдяки Каховському водосховищу у південних регіонах станом на 1990 р. було створено найбільший за площею кластер зрошуваних ґрунтів в Україні з понад 1,2 млн га, з яких понад 400 тис. га – це ґрунти Херсонської області, понад 350 – АР Крим, близько 200 – Запорізької, понад 100 тис. га – Миколаївської та Дніпропетровської областей. За умови реалізації проекту 2-ї черги Каховської ЗС та 3-ї черги Північно-Кримського каналу площа зрошуваних земель

мала зрости до 1960 тис. га. На жаль, після 1990 р. процес нарощування площ поливу призупинився. Більш того, на зміну прийшов процес стрімкого скорочення площ поливу на раніше зрошуваних землях, внаслідок чого до анексії рф АР Крим (станом на 01.01.2014 р.) фактично поливалося лише близько 500 тис. га земель. Не припинилося скорочення площ фактичного поливу і в наступні роки: у 2021 р. поливи проводили лише на 430,7 тис. га, у 2022 р. з початком повномасштабної агресії рф площа скоротилась до 246,3 тис. га, а з червня 2023 р. після руйнування греблі Каховської ГЕС і спорожнення Каховського водосховища – поливи взагалі припинилися, після чого сформувалася реальна загроза вилучення із сільськогосподарського використання значних площ з високою потенційною родючістю чорноземних ґрунтів. Унаслідок припинення функціонування Каховського водосховища без джерела води залишились не лише зрошувані землі, а й населення Дніпропетровської, Миколаївської, Запорізької та Херсонської областей, зокрема міст Кривий Ріг із населенням 635 тис. чол., Нікополь – 110, Марганець – близько 50, Покров – 40, Бердянськ – 110, Мелітополь – 155 тис. чол. та ін. З урахуванням сільських населених пунктів чисельність населення, що залишилася без централізованого питного постачання, перевищила 2 млн чол. Ось чому варварське руйнування російською федерацією греблі Каховської ГЕС, через що припинило існування Каховське водосховище, фактично сформувало загрозу водного геноциду для населення переважної більшості південних регіонів України, позбавивши ці регіони перспектив соціально-економічного розвитку після їх деокупації. Ця загроза, на жаль, посилюється внаслідок змін клімату, які вже вкрай негативно впливають і, що особливо тривожно, в майбутньому продовжуватимуть впливати на подальше погіршення стану забезпечення водними ресурсами та рівня вологозабезпечення ґрунтів і України загалом, і південних районів зокрема. Особливо постраждали зрошувані землі, ґрунтовий покрив яких у межах дії Каховського водосховища урізноманітнений чорноземними ґрунтами (black soils) (рис. 6.8), серед яких найродючішими є чорноземи звичайні (Calcic Chernozems), чорноземи південні (Calcic Chernozems) та темно-каштанові ґрунти (Haplic Kastanozems), які, за оцінкою ННЦ «ІА імені О. Н. Соколовського», у зоні Степу розповсюджені на площі 15,94 млн га.



Рис. 6.8. Карта «Чорноземні ґрунти України» [19]

Зрошувані ґрунти після руйнування Каховського водосховища продовжують своє функціонування в умовах наростаючого вологодефіциту і посушливості клімату, через що надання цими ґрунтами екосистемних послуг значно погіршилося. За цього родючість ґрунтів, що має важливе охоронне значення, потребує забезпечення умов для ґрунтоутворних процесів задля усунення появи негативних наслідків зневоднення, запобігання чи призупинення в них розвитку деградаційних процесів та опустелювання [38], а в основі ліквідації негативних явищ, пов'язаних з руйнуваннями Каховського водосховища та фізичним руйнуваннями ґрунтового покриву, має бути покращення вологозабезпечення ґрунтів як основи забезпечення екологічної стійкості агроландшафтів, зростання продуктивності сільськогосподарських культур, зміцнення фінансово-економічного стану аграрних підприємств та підвищення рівня благополуччя населення.

6.3.2. Зміни клімату та їх вплив на рівень забезпечення південних регіонів України водними ресурсами і природного вологозабезпечення ґрунтів

За результатами проаналізованих змін середньорічної температури в середньообласному розрізі за період 1901–2021 рр., розрахованих співавторами цього розділу з використанням платформи Rstudio, залученням багатofункціональних бібліотек (zoo, xts, caTools, HydroTSM, pals, anytime, SPEI, dplyr, strucchange, ecdffHD, factoextra, maps, hydroTools) [12–18] та історичних даних відділу кліматичних досліджень (CRU) Університету Східної Англії на порталі знань про зміну клімату [10–11] встановлено, що поступове потепління клімату в Україні, яке розпочалося у 40-х роках минулого століття, у 1979–1994 рр. змінилося на «гарячу фазу» (рис. 6.9), що характеризується зростанням середньорічної температури повітря зі швидкістю 0,45 °C/10 років у всіх регіонах України [39].

За практично незмінної кількості опадів таке поєднання процесів інтенсивного зростання середньорічної температури повітря на фоні незмінної або навіть дещо меншої кількості опадів спричинило

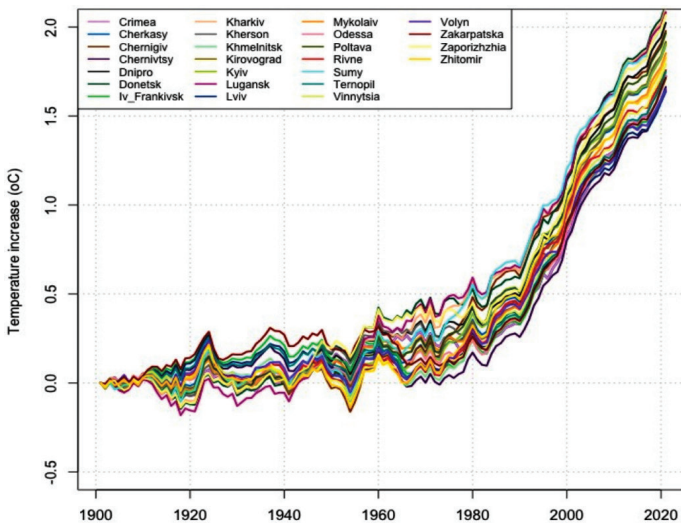


Рис. 6.9. Динаміка зростання температури повітря в регіонах України у період 1901–2021 рр. [39]

появу та розвиток процесу зневоднення території України (рис. 6.10). Виконані розрахунки засвідчили, що підвищення середньомісячної температури повітря на 1 °С/місяць зумовлює підвищення потенційного випаровування на 9–11 мм (рис. 6.11). Через потенційне випаровування у 2015 р. зросло на 59 мм порівняно з 1990 р., внаслідок

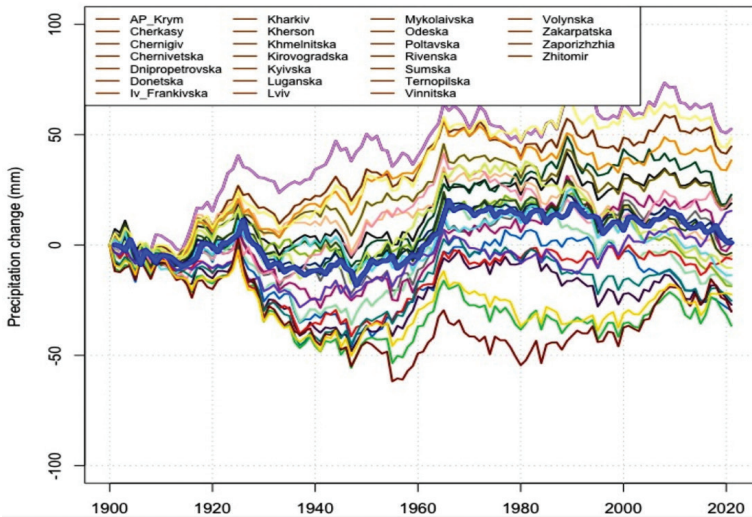
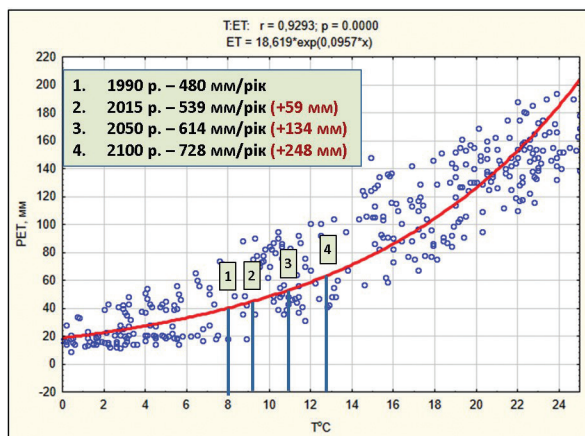


Рис. 6.10. Динаміка річної кількості опадів у регіонах України у період 1901–2021 рр. [39]

Рис. 6.11. Залежність потенційного випаровування (мм) від середньомісячної температури (°C) [40]



чого з території України у цей рік вилучалося на 35 км³ води більше, ніж у 1990 р., що спричинило процес зневоднення території, наслідком якого стали погіршення рівня природного вологозабезпечення ґрунтів України (див. рис. 6.5), зменшення річкового стоку (рис. 6.12, 6.13) та зменшення чи повне припинення інфільтраційного живлення підґрунтових вод (рис. 6.14).

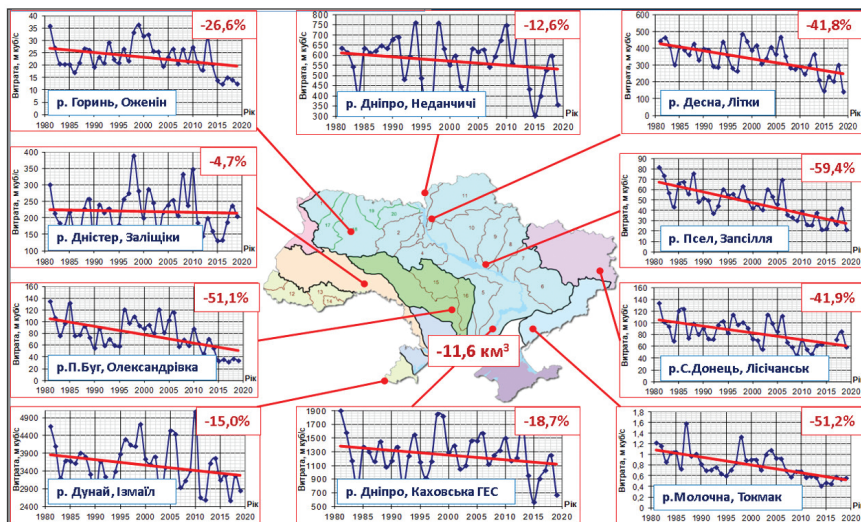


Рис. 6.12. Вплив змін клімату на середньорічні витрати річок України [41]

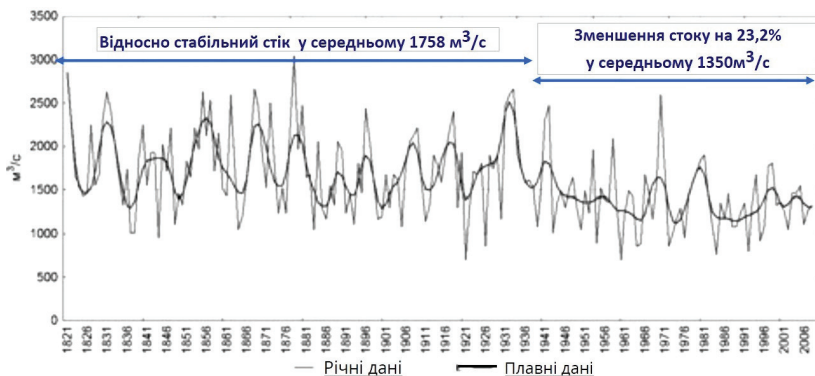


Рис. 6.13. Динаміка стоку р. Дніпро у період 1821–2008 рр. [42]

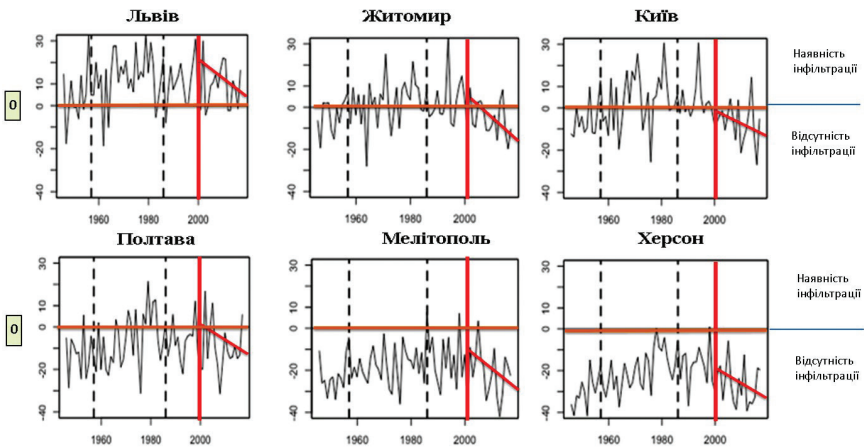


Рис. 6.14. Вплив змін клімату на наявність інфільтрації [40]

Наведені на цих рисунках дані дають підставу стверджувати, що зміни клімату вже спричинили зменшення доступних до використання запасів поверхневих (місцевих і транзитних) та підземних вод, яке, за експертними оцінками, продовжує зростати у напрямку з півночі на південь і наразі становить 10–20 %. Також погіршився і рівень природного вологозабезпечення ґрунтів, через що стале та ефективне ведення землеробства не лише в зоні Степу, а й на іншій території України, без зрошення стає практично неможливим.

З метою прогностичного оцінювання подальшого впливу змін клімату на стан природного вологозабезпечення ґрунтів та забезпеченість території України водними ресурсами загалом, і її південних регіонів зокрема, на середньострокову (до 2050 р.) та довгострокову (до 2100 р.) перспективу використано результати прогнозу змін середньорічної температури повітря та річних сум опадів (рис. 6.15) для різних регіонів в Україні, що виконані в Українському гідрометеорологічному інституті з використанням комплексу із 10 кліматичних моделей за сценарієм А1В [20]. Правомірність використання цих прогностичних даних певним чином підтверджується наведеними на рис. 6.9–6.10 даними про фактичну зміну температури та опадів в Україні, у тому числі й у період після 2010 р. Як свідчать ці дані, фактична швидкість зростання середньорічної температури повітря

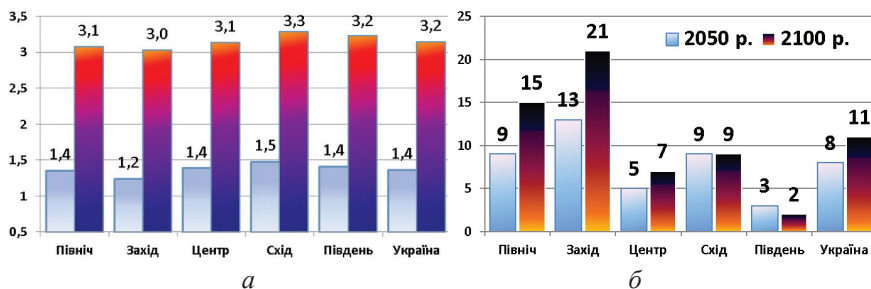


Рис. 6.15. Середньостроковий (до 2050 р.) та довгостроковий (до 2100 р.) прогноз змін температури повітря (а) та кількості опадів (б) для території України [20]

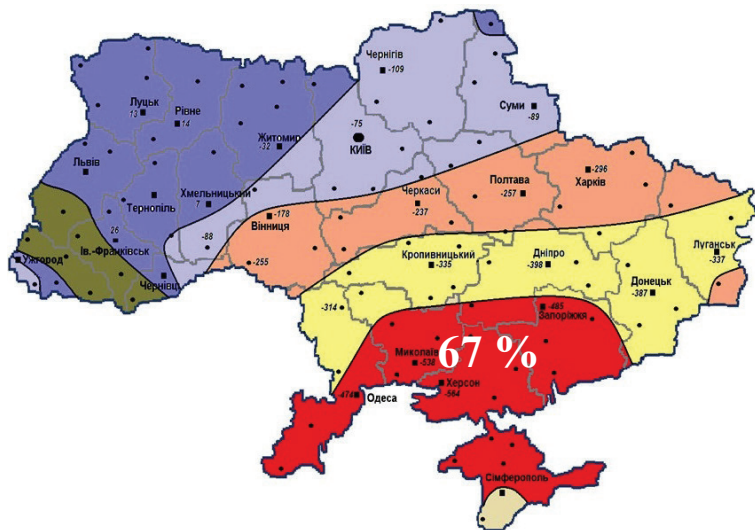
є вищою порівняно з прогнозом, а кількість опадів дещо меншою, згідно з чим можна припустити, що, отримані з використанням даних про прогнозні зміни температури та опадів на 2050 р. і 2100 р. (рис. 6.15) прогнозні зміни рівнів вологозабезпечення ґрунтів та доступних до використання запасів поверхневих і підземних вод у разі збереження темпів фактичного зростання середньорічної температури та деякого зменшення річної кількості опадів будуть вищими порівняно з тими, на які наразі очікуємо.

Результати районування оцінювання впливу прогнозних змін клімату на рівень природного вологозабезпечення ґрунтів за показником дефіциту річного кліматичного водного балансу станом на 2050 р. і 2100 р. (рис. 6.16) свідчать, що зміни клімату спричинять подальший розвиток процесу зневоднення території України, наслідком чого стане зростання площ ріллі з недостатнім рівнем природного вологозабезпечення від 18,65 млн га у 2015 р. до 20,60 млн га у 2050 р. і 25,00 млн га у 2100 р.

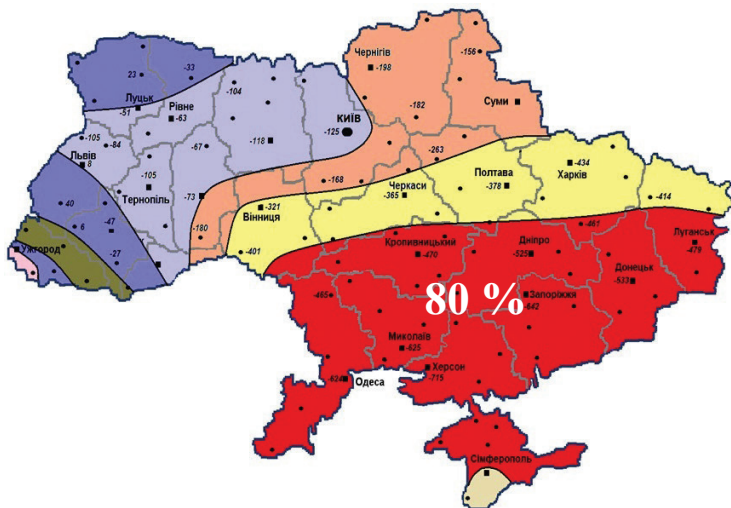
Прогнозні розрахунки також свідчать, що у 2050 р. практично вся територія, за винятком північного сходу та північного заходу, а у 2100 р. – вся територія південних регіонів України, буде належати до дуже сухої зони з величиною дефіциту річного кліматичного балансу понад 550 мм у 2050 р. і понад 700 мм – у 2100 р. (рис. 6.17).

Як свідчать дані формування помісячного, наростаючим підсумком дефіциту кліматичного водного балансу (рис. 6.17) і у 2050 р., і, тим більше, у 2100 р., дефіцит природного вологозабезпечення

Розділ 6. Відновлення Каховського водосховища та залучення водних ресурсів р. Дунай – основа планів повоєнної відбудови південних регіонів України



а



б

Рис. 6.16. Картосхеми прогнозного районування території України за дефіцитом річного кліматичного водного балансу на 2050 р. (а) та 2100 р. (б) [43]

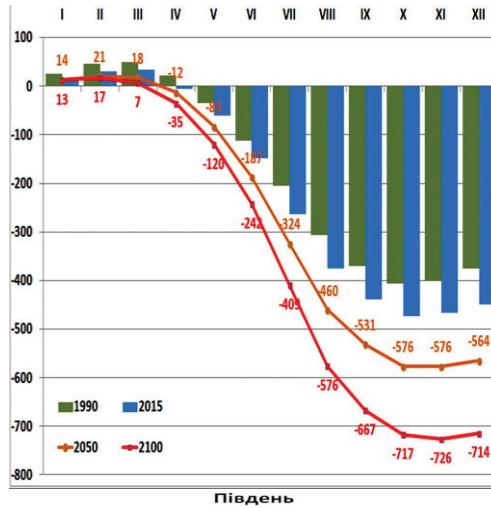


Рис. 6.17. Динаміка місячного кліматичного водного балансу наростаючим підсумком з початку року для південних регіонів України [43]

буде формуватись упродовж усього року, тому ведення землеробства в таких умовах буде можливим винятково в умовах зрошення. Такий апокаліптичний прогноз впливу змін клімату звичайно ж може і повинен викликати стурбованість щодо майбутнього південних регіонів взагалі, але не враховувати можливість такого розвитку подій ми, науковці, не маємо права. Тим більше, що практично аналогічні прогнозні дані отримано у США через складання для України кліматичних класифікаційних карт Кеппена-Гейгера на період 1980–2016 рр. і 2071–2100 рр. (рис. 6.18). Візуальне їх порівняння з картосхемами районування території України за дефіцитом кліматичного водного балансу (рис. 6.19) свідчить про практично повний збіг дуже сухої зони із зоною Сухого Степу (за картами Кеппена-Гейгера).

Отже, прогнозні оцінки впливу змін клімату на стан природного вологозабезпечення південних регіонів України однозначно свідчать, що реалізація планів повоєнної їх відбудови, зокрема і в частині відновлення потенціалу виробництва сільськогосподарської продукції, водночас потребуватиме наявності значної кількості водних ресурсів

Розділ 6. Відновлення Каховського водосховища та залучення водних ресурсів р. Дунай – основа планів повоєнної відбудови південних регіонів України

і для розвитку зрошення, і для забезпечення сприятливих умов для життєдіяльності населення. За цього вкрай важливо визначитись, якою кількістю водних ресурсів і яким чином південні регіони можуть бути забезпечені для реалізації планів повоєнної їх відбудови після деокупації.

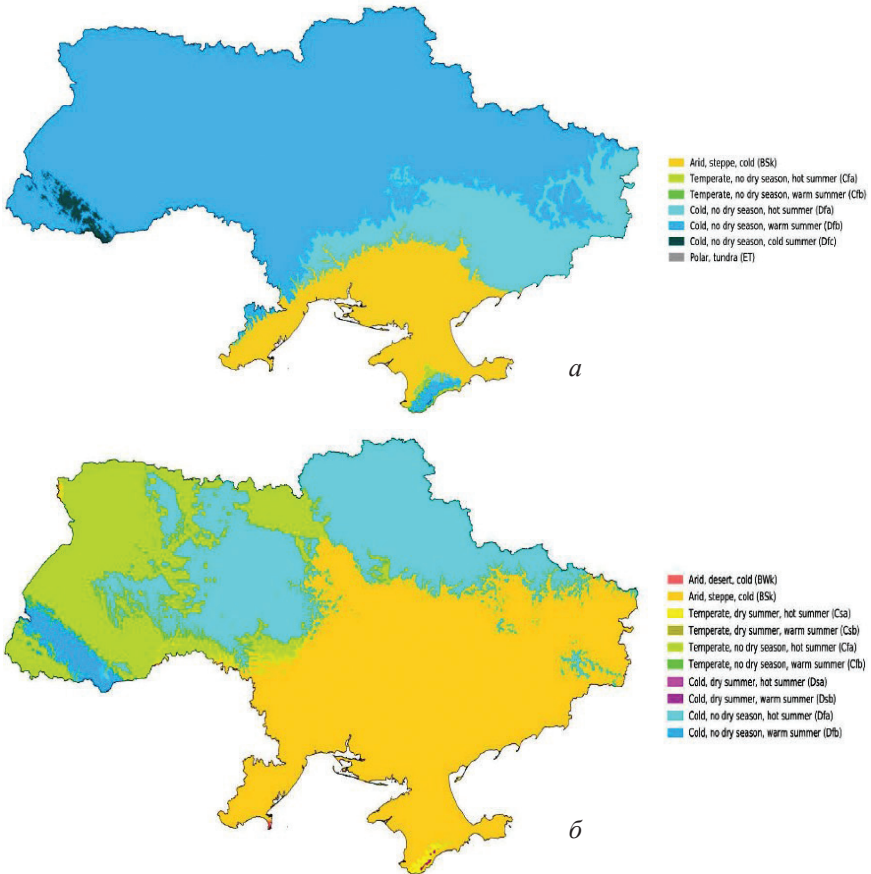


Рис. 6.18. Прогнозні класифікаційні кліматичні карти Кеппена-Гейгера для України на період 1980–2016 рр. (а) і 2071–2100 рр. (б) [21]

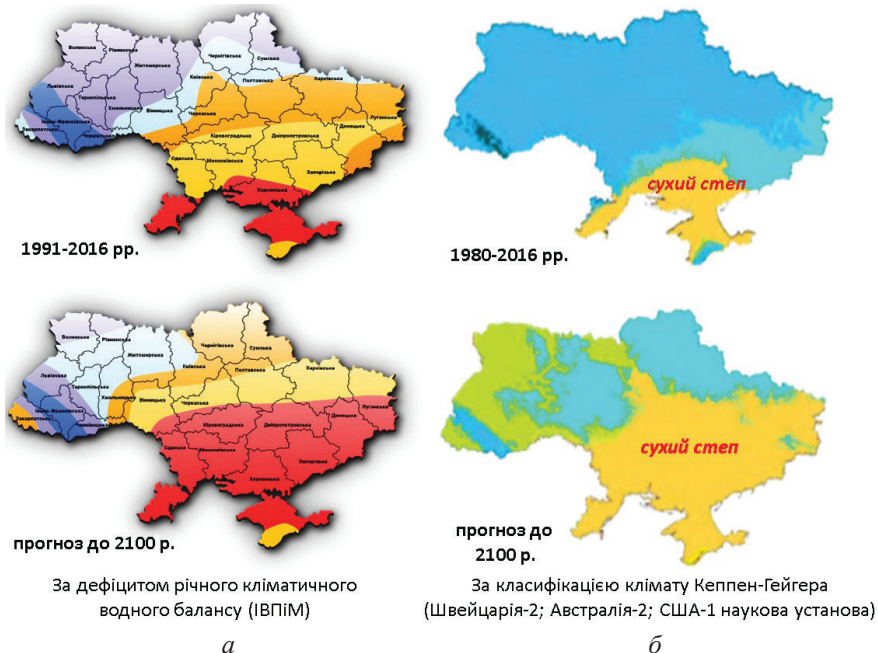


Рис. 6.19. Порівняння вітчизняних (а) та зарубіжних (б) прогнозів вологозабезпечення території України

6.3.3. Оцінювання потреби південних регіонів України у водних ресурсах для реалізації планів повоєнної їх відбудови

Оцінювання потреби південних регіонів виконано для умови першочергового забезпечення, відновлення та розвитку зрошення, яке було, і в перспективі має бути, основним споживачем води, а кількість водних ресурсів для задоволення комунальних потреб та потреб розвитку промисловості й енергетики має скоротитися мінімум на 30 % порівняно з довоєнним періодом передусім завдяки запровадженню систем оборотного та замкнутого водопостачання. Сільське ж господарство, яке буде потребувати зрошення як визначального елемента забезпечення його сталості та ефективності в умовах змін клімату, буде зорієнтоване на переважно безповоротне водоспоживання, саме

тому обсяги води, які потрібні для відновлення та розвитку зрошен-
ня у південних регіонах України, можна вважати визначальними.

При визначенні максимальної потреби у зрошенні земель, вико-
ристано критерій, встановлений дослідженнями Ю. Ю. Даниленко
[44], згідно з яким за умови доведення відносної площі зрошення
до 40–55 % від загальної площі сільгоспугідь та одночасного дове-
діння лінійної протяжності захисних лісосмуг до 1,2–1,4 км/км² тер-
иторії, застосування зрошення забезпечує можливість регулювання
не лише водного режиму ґрунтів, а й температури приземного шару
повітря. У разі доведення при реалізації планів повоєнної відбудови
до мінімального рівня цього критерію, а саме – до 40 % наяв-
них у цих регіонах площ сільгоспугідь, загальна потреба у площах
зрошення для південних регіонів України буде становити 4,9 млн га
(табл. 6.5). Відповідно об'єм води, що буде необхідний для поливу
таких площ зрошуваних земель за умови переважного застосування
краплинного, передусім підґрунтового його різновиду, становитиме
17,4 млрд м³. Зрозуміло, що такі обсяги водних ресурсів, як було по-
казано раніше, у південних регіонах відсутні. Підтвердженням цього
є дані табл. 6.6 про обсяги фактичного і прогнозного середньорічно-
го стоку та величини екологічно допустимого (10 % величини стоку)
водозабору. При цьому величини прогнозного річкового стоку
визначені із припущення, що його величина порівняно із 2020 р. у
2050 р. зменшиться на 10–15 %, а у 2100 р. – на 35–40 %.

Таблиця 6.5. Потреба у зрошенні та в обсягах води для відновлення
та розвитку зрошення у південних регіонах України

Область	Площа зрошення, тис. га	Потреба на 1 га, м ³	Загальна потреба, км ³
Херсонська	800	4000	3,20
Миколаївська	800	3800	3,04
Запорізька	900	3700	3,33
Одеська	1000	3500	3,50
Дніпропетровська	550	3400	1,87
Донецька	150	3700	0,56
АР Крим	500	3800	1,90
Усього	4900	–	17,40
50 % потреби	2450	–	8,70

Таблиця 6.6. Фактичний та прогнозний середньорічний стік і водозабір з основних річкових басейнів південних регіонів України

Річковий басейн	Фактичний стік, км ³	Фактичний забір води		Прогнозний стік, км ³		Прогнозний екологічно допустимий (10 %) забір, км ³	
		км ³	%	2050 р.	2100 р.	2050 р.	2100 р.
Дніпро	41,9	8,68	20,7	36,87	29,33	3,69	2,93
Дністер	8,66	0,62	7,1	6,93	5,20	0,69	0,52
Сіверський Донець	3,47	1,45	41,8	3,23	2,91	0,32	0,29
Південний Буг	2,83	0,39	13,8	2,26	1,70	0,23	0,17
Усього	56,86	11,14	-	49,29	39,14	4,93	3,91

Як свідчать дані *табл. 6.6*, у разі використання схем прямого забору води безпосередньо з русла основних річок ми маємо можливість використати близько 5 км³ води у 2050 р. і близько 4 км³ – у 2100 р. Порівняння цих величин із потребою у воді тільки на розвиток зрошення згідно з прийнятим критерієм дає підставу стверджувати, що забезпечити водою розвиток зрошення у південних регіонах України без проведення заходів з її акумуляції неможливо. Більше того, навіть розвиток зрошення на рівні 50 % потреби за прийнятим критерієм, тобто на площі 2450 тис. га (*табл. 6.5*), що практично відповідає рівню 1990 р., потребуватиме близько 9 км³ води. Можливість використання таких об'ємів води без акумуляції річкового стоку також неможлива. Якщо враховувати ще й потребу у воді на забезпечення комунального господарства, промисловості та енергетики, зокрема Запорізької АЕС, а також необхідність збереження витрат річкової води на рівні мінімального меженого стоку для підтримання сприятливого екологічного стану в нижніх течіях річок, то стає очевидним і практично безальтернативним питання про відновлення Каховського водосховища. За цього проєкт з його відновлення може і повинен передбачати менші площі затоплення через одамбування мілководь, передусім території так званого Великого Лугу. Зрозуміло, що корисний об'єм відновленого Каховського водосховища буде дещо меншим – близько 5,0–5,5 км³. Такого об'єму буде недостатньо для повноцінного забезпечення планів повоєнної відбудови південних регіонів України, включно з АР Крим, навіть з урахуванням

можливості залучення води з Кременчуцького водосховища. Вирішити це питання буде можливо тільки завдяки одночасній реалізації проекту залучення водних ресурсів р. Дунай, стік навіть Кілійського гирла якої значно перевищує стік р. Дніпро. Дотримуючись критерію щодо величини забору в межах екологічно допустимого (10 % величини мінімального стоку), Україна матиме можливість залучити на потреби водозабезпечення планів повоєнної відбудови південних регіонів України близько 10 км³ води. Ідея залучення водних ресурсів р. Дунай для цілей водозабезпечення південних регіонів України з подачею її відповідним каналом у Дніпро-Бузький лиман не є новою [22]. Реалізацію цього проекту розпочато в останнє десятиріччя існування СРСР, але було призупинено внаслідок допущених помилок при проектуванні, а саме – необґрунтованого включення у схему подачі води озера Сасик, що призвело до значного погіршення якості загалом придатної для потреб зрошення і питного водопостачання дунайської води. Акумуляування води в озері Сасик зумовило підвищення її мінералізації до 2,2 г/дм³ та насичення небезпечними для осолонцювання ґрунтів йонами, передусім, натрію та магнію [45]. Використання такої води для зрошення на побудованій у рамках реалізації цього проекту Дунай-Дністровській зрошувальній системі спричинило іригаційне осолонцювання ґрунтів на площі 19 тис. га із 21 тис. га зрошуваних земель [45], що стало основною причиною припинення реалізації цього вкрай необхідного для належного забезпечення водою Одеської та Миколаївської областей проекту. Від самого проекту на сьогодні залишилась ідея, побудований, але не функціонуючий канал Дунай-Сасик проектною потужністю 7 км³, та Дунай-Дністровська ЗС, яка вже понад 20 років не використовується за призначенням через відсутність джерела води.

6.4. Обговорення результатів

Повернення до ідеї реалізації проекту залучення водних ресурсів р. Дунай для водозабезпечення південних регіонів є актуальним, як ніколи раніше. Адже і в Одеській, і в Миколаївській областях, за винятком водних ресурсів р. Дністер, відсутні власні і транзитні водні ресурси, які могли б бути залучені для забезпечення постійно зро-

стаючих потреб цих регіонів у воді. Крім того, сьогодні реалізація цього проєкту може бути здійснена не завдяки будівництву каналу, а трубопроводам великого (до 4 м) діаметра з використанням склокомпозитних труб, що дають змогу транспортувати воду під тиском до 25 атм без її втрат на шляху транспортування. Застосування схеми водоподачі з використанням труб великого діаметра дає можливість реалізації цього проєкту декількома чергами з подачею води окремими трубопроводами для забезпечення потреб Одеської області (I черга), Миколаївської (II черга) та подачі від 3 до 5 км³ дунайської води у відновлене Каховське водосховище вище його греблі (III черга). Це забезпечить можливість додаткового зрошення у Херсонській, Запорізькій, Донецькій, Дніпропетровській областях та АР Крим на площі 750–1000 тис. га порівняно з використанням лише дніпровської води. А використання дунайської води для водозабезпечення Одеської та Миколаївської областей дасть змогу вирішити питання не лише питного водопостачання всіх населених пунктів разом із м. Одеса та м. Миколаїв, а й забезпечить потреби розвитку промисловості та сільського господарства завдяки створенню потужних кластерів зрошуваних земель в Одеській (500–550 тис. га) та Миколаївській (300–350 тис. га) областях. Зрозуміло, що реалізація проєкту залучення водних ресурсів р. Дунай потребуватиме розроблення, як це і передбачено Планом заходів з реалізації «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» [46], відповідних техніко-економічних обґрунтувань (ТЕО) та самого проєкту. Мають також якнайшвидше бути розроблені ТЕО та проєкти відновлення Каховського водосховища, зрошувальних систем і систем водопостачання населених пунктів, джерелом води для яких буде Каховське водосховище.

6.5. Висновок

Відновлене Каховське водосховище має стати ключовим джерелом води для зрошення, що сприятиме сталому розвитку аграрного сектору південних регіонів, забезпеченню екологічної стабільності та рівноваги навколишнього середовища на півдні України, мінімізації проблем зневоднення ґрунтів, а також зниженню ризику їх деградації та опустелювання постраждалих регіонів.

Велика кількість заперечень щодо доцільності та екологічної шкоди відновлення Каховського водосховища допоки не є конструктивною [47, 48]. Без відновлення Каховського водосховища та залучення водних ресурсів р. Дунай південні регіони в умовах прогресуючих змін клімату будуть поступово перетворюватись у напівпустельні та пустельні ландшафти і вже до 2050 р. стануть практично непридатними для життєдіяльності населення. Відповідно без належного водозабезпечення вони повністю втратять господарське значення для повоєнної економіки України. Ось чому відновлення Каховського водосховища із залученням водних ресурсів р. Дунай має бути однією з перспективних складових політики держави, спрямованої на забезпечення відновлення та сталого розвитку Херсонської, Миколаївської, Одеської, Дніпропетровської, Запорізької, Донецької областей та АР Крим у повоєнний період в умовах змін клімату, а розвиток зрошення дасть можливість не лише перетворити південні регіони у потужного виробника харчових продуктів для забезпечення продовольчої безпеки України та світу, а й зберегти структуру і відновити родючість ґрунтового покриву.

Список використаних джерел

1. *3 думками* про ґрунт. ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського». 2023.
URL: <https://issar.com.ua/z-dumkami-pro-%D2%91runt>
2. *World Soil Day 2023 «Soil and Water: are source of life»*. FAO. 2023.
URL: <https://www.fao.org/world-soil-day/about-wsd/en>
3. *Ромащенко М.* За 50–70 років Південь України може перетворитись на пустелю. URL: <https://uacouncil.org/uk/post/za-50-70-rokiv-pivden-ukraini-moze-peretvoritis-na-pustelu-naukovec>
4. *Strategic Framework 2022-31*. FAO. 2021.
URL: <https://www.fao.org/3/cb7099en/cb7099en.pdf>
5. *Global Symposium on Soils and Water: Soil and water, a source of life*. FAO. 2023.
URL: <https://www.fao.org/events/detail/symposium-soils-and-water/en>
6. *World Climate Summit COP28*. 2023
URL: <https://www.worldclimatefoundation.org/cop28>

7. *Agrifood* sector faces growing threat from climate change-induced loss and damage: FAO report. 2023 URL: <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-agrifood-sector-faces-growing-threat-from-climate-change-induced-loss-and-damage/en>
8. *Agrifood* Systems Transformation to Achieve Triple Wins: For People, for Climate and for Nature. 2023.
URL: <https://enb.iisd.org/cop28-agrifood-systems-transformation>
9. *COP28*: FAO spotlights agrifood systems' potential to address climate impacts and achieve 1.5°C goal. 2023.
URL: <https://www.fao.org/newsroom/detail/cop28--fao-spotlights-agri-food-systems--potential-to-address-climate-impacts-and-achieve-1.5-c-goal/en>
10. *Climate* Change Knowledge Portal.
URL: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/ukraine/climate-data-historical>
11. *DATA* SETS. Climatic Research Unit.
URL: <https://www.uea.ac.uk/web/groups-and-centres/climatic-research-unit/data>
12. *Posit* team. RStudio: Integrated Development Environment for R. Posit Software. PBC. Boston, MA. 2023. URL: <http://www.posit.co/>
13. *Zeileis A., Grothendieck G.* ZOO: S3 Infrastructure for Regular and Irregular Time Series. *Journal of Statistical Software*. 2005. 14(6). P. 1–27. <https://doi.org/10.18637/jss.v014.i06>
14. *Ryan J. A., Ulrich J.M.* XTS: eXtensible Time Series. R package version 0.13.1. 2023. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=xts>
15. *Tuszynski J.* CATOOLS: Tools: Moving Window Statistics. GIF. Base64. ROC AUC etc. R package version 1.18.2. 2021.
URL: <https://CRAN.R-project.org/package=caTools>
16. *Begueria S, Vicente-Serrano S.M.* (2023). SPEI: Calculation of the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index. R package version 1.8.1. 2023. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=SPEI>
17. *Eddelbuettel D.* ANYTIME: Anything to 'POSIXct' or 'Date' Converter. R package version 0.3.9. 2020.
URL: <https://CRAN.R-project.org/package=anytime>
18. *Wickham H., François R., Henry L. et al.* DPLYR: A, Grammar of Data Manipulation. R package version 1.1.2. 2023.
URL: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
19. *Карта* «Чорноземні ґрунти України». ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського». URL: https://drive.google.com/file/d/1NLjSfFgcG_I4SzJKCyHk7_MCIZCIiGfq/view

20. *Розроблення* деталізованих карт майбутніх кліматичних умов для території України за різними сценаріями зміни клімату з використанням геоінформаційних систем. Київ: УкрГМІ, 2013. 135 с.
URL: <https://uhmi.org.ua/project/rvndr/climate.pdf>
21. *Ukraine map of Köppen climate classification*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Ukraine#/media/File:Koppen-Geiger_Map_UKR_present.svg
22. *Пономаренко В. Д.* Вибір траси міжбасейнового перекидання стоку (на прикладі каналу Дунай-Дніпро). *Гідротехніка та меліорація*. 1982. № 8. С. 34–38.
23. *Ромащенко М. І., Шевченко А. М., Лютницький С. М.* Стан та шляхи підвищення водозабезпеченості південного регіону України водними ресурсами річки Дунай. *Меліорація і водне господарство*. 2017. № 105. С. 12–21.
24. *Дорогунцов С. І., Хвесик М. А., Головинський І. Л.* Водні ресурси України (проблеми теорії та методології): монографія. Київ: Вид. полігр. центр «Київський університет», 2002. 227 с.
25. *Водні ресурси на рубежі ХХ ст.: проблеми раціонального використання охорони та відтворення; за ред. М. А. Хвесика*. Київ: РВПС України НАН України, 2005. 568 с.
26. *Безпека водних ресурсів у глобальному вимірі: монографія; за заг. ред. М. А. Хвесика*. Київ: Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАНУ, 2013. 500 с.
27. *Довідник з водних ресурсів; за ред. Б. І. Стрільця*. Київ: Урожай, 1987. 304 с.
28. *Шерешевський А. І., Синицька Л. К.* Водні ресурси України. *Меліорація і водне господарство*. 2006. Вип. 93–94. С. 52–57.
29. *Вишневецький В. І.* Річки і водойми України. Стан і використання: монографія. Київ: Віпол, 2000. 376 с.
30. *Мінеральні ресурси України*. Щорічник. Київ: Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2014. С. 248–253. URL: http://geoinf.kiev.ua/M_R_2014.pdf
31. *Карти України*. Експлуатаційні запаси прісних та слабо мінералізованих підземних вод. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/water-4.html>
32. *Розробити наукові засади і методологію раціонального використання водоресурсного потенціалу, способи та методи управління водними ресурсами на сільських територіях. Звіт про науково-дослідну роботу (заключний)*. Інститут водних проблем і меліорації НААН; кер. А. М. Шевченко; вик. Ю. Ю. Даниленко [та ін.]. ДР № 0111U006039. Київ, 2016. 257 с.

33. Тараріко Ю. О., Сайдак Р. В., Сорока Ю. В., Вітвіцький С. В. Районування території України за рівнем забезпеченості гідротермічними ресурсами та обсягами використання сільськогосподарських меліорацій. Київ: ЦП «Компринт», 2015. 62 с.
34. Ромащенко М. І., Гусев Ю. В., Шатковський А. П. та ін. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 1. С. 5–22. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>
35. Тараріко Ю. О., Сайдак Р. В., Сорока Ю. В. Підсумки та перспективи досліджень з оцінки та раціонального використання агроресурсного потенціалу сільськогосподарських територій. *Меліорація і водне господарство*. 2019. № 2. С. 186–198. <https://doi.org/10.31073/mivg201902-194>
36. Вишневецький В. І. Ріка Дніпро: наукове видання. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2011. 384 с.
37. Ромащенко М. І., Балюк С. А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення. Київ: Світ, 2000. 112 с.
38. Дегтярьов В. В., Крохін С. В., Дегтярьов Ю. В., Гавва Д. В. Охорона ґрунтів: навч. посіб.; за ред. д-ра с.-г. наук, проф. В. В. Дегтярьова. Харків, 2023. 276 с.
39. Faybishenko B., Romashchenko M., Saydak R., Biraud S. Phenomena of Intense Climatic Changes over the Territory of Ukraine and a Vision for the Extension of the Climatic Monitoring System. *A European vision for hydrological observations and experimentation (Naples, Italy, 12–15 Jun 2023, GC8-Hydro-111)*. 2023. URL: <https://doi.org/10.5194/egusphere-gc8-hydro-111>
40. Ромащенко М. Вплив змін клімату на стан забезпечення водними ресурсами та умови ведення сільського господарства. 2020. URL: https://nmc-vfpo.com/wp-content/uploads/2020/06/myhajlo-romashhenko_compressed.pdf
41. *Встановити* закономірності, розробити методологію прогнозування змін водності річок під впливом господарської діяльності та можливих трансформацій глобальних змін клімату. Звіт про науково-дослідну роботу (остаточний). Інститут водних проблем і меліорації НААН; кер. С. А. Шевчук; вик. О. М. Козицький [та ін.]. ДР № 0116U002707. Київ, 2021. 153 с.
42. Лісецький Ф. Н., Столба В. Ф., Пічура В. І. Періодичність кліматичних, гідрологічних та озерних процесів осадконакопичення на півдні східно-впропейської Рівнини. *Регіональні проблеми навколишнього середовища*. 2013. № 4. С. 19–25.

43. Яцюк М. В., Адаменко Т. І., Ромащенко М. І. та ін. Концептуальні основи управління посухами в Україні. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2021. 48 с.
44. Danylenko Ju. Meliorative organization of agrolandscapes. *22nd International Congress on Irrigation and Drainage «Securing water for food and rural community under climate changes» (14–20 September 2014, Gwangju Metropolitan City, Republic of Korea)*. 2014. P. 65–68.
45. *Зрошувані землі Дунай-Дністровської зрошувальної системи: еволюція, екологія, моніторинг, охорона, родючість; за ред. С.А. Балюка*. Харків: ПФ «Антіква», 2001. 260 с.
46. *Про затвердження* Плану заходів з реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. № 1567-р.
URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-z-realizaciyi-strategiyi-zroshennya-ta-drenazhu-s211020>
47. Гелевера О. Чому не слід відновлювати Каховське водосховище і в чому користь земель, що з'явилися.
URL: <https://texty.org.ua/fragments/110143/chomu-ne-slid-vidnovlyuvaty-kahovske-vodoshovyshe-i-v-chomu-koryst-zemel-sho-zyavulyusy/#:~:text=На%20думку%20кандидатки%20географічних%20наук,Гелевери%2C%20відновлювати%20водосховище%20не%20потрібно>
48. Шварц К. Каховську ГЕС з водосховищем категорично не можна відновлювати: думка екологів.
URL: <https://www.unian.ua/ecology/kahovsku-ges-z-vodoshovishchem-vidnovlyuvati-kategorichno-ne-mozhna-prichini-12368295.html>

ВИСНОВКИ

У цій монографії з позицій між- і трансдисциплінарного підходів викладено результати дослідження стану, викликів і заходів з відновлення ґрунтового покриву та меліоративних систем, що зазнали впливу воєнних дій. Узагальнення представлених у роботі результатів дало змогу зробити такі висновки:

1. Розроблено й апробовано методика комплексного оцінювання пошкоджених війною ґрунтів, що передбачає три етапи досліджень: геопросторовий, польовий і лабораторний із подальшим синтезом усіх матеріалів. Комплексність оцінювання пошкоджених війною ґрунтів полягає в аналізі щонайменше фізичного, хімічного та фізико-хімічного впливу бойових дій на ґрунтовий покрив. Апробація вказаної методики на прикладі Харківської області показала можливість її практичного використання для комплексного оцінювання пошкоджених війною ґрунтів. Реалізація геопросторового етапу дала змогу на основі дешифрування космічних знімків високої просторової роздільної здатності ідентифікувати 420615 кратерів діаметром 0,5–26,1 м, 4112 га бомбтурбованих ґрунтів та 3412 га потенційно ущільнених ґрунтів унаслідок руху військової техніки. Для прогнозування вертикальної та латеральної міграції забруднювальних речовин здійснено моделювання потенціалу ґрунтів до утримання цих речовин та ерозійного ризику ґрунтів. У результаті реалізації головні морфологічні форми бомбтурбації ідентифіковано морфологічні та морфометричні параметри кратерів як імпактних форм рельєфу, зафіксовано динаміку екзогенних геоморфологічних процесів у кратерах. У результаті лабораторного етапу здійснено аналіз вмісту важких металів у 143 пробах, який показав нерівномірний характер забруднення внаслідок детонації боєприпасів різного калібру у різних ландшафтних умовах. Найвищі концентрації важких металів виявлено на місцях горіння та вибуху військової техніки. Основними індикаторами впливу бойових дій на ґрунти запропоновано вважати такі важкі метали: кадмій, мідь, цинк і свинець.

2. Розвинуто й апробовано методику проведення моніторингу пошкодження сільськогосподарських угідь унаслідок бойових дій за даними дистанційного зондування. Проведення повноцінного оперативного моніторингу постраждалих територій на основі аналізу космічних знімків дає можливість створити базу геоданих, яка містить інформацію про точне географічне розташування вирви, тип боєприпасу та його калібр (за можливості) і дату влучання. На основі аналізу цих даних створюють цифрові карти, що характеризують щільність бомбтурбації, ймовірність знаходження на території невибухнувших боєприпасів, ступінь ймовірного хімічного забруднення ґрунтів. Апробація вказаної методики, що передбачає використання методів дистанційного зондування Землі у поєднанні з геоінформаційними технологіями, на прикладі Харківського району Харківської області показала свою високу ефективність під час дослідження наслідків бойових дій, що вказує на можливість її практичного використання. Установлено, що основними дешифрувальними ознаками проявів бомбтурбації є: колоподібна форма, невеликий розмір, контрастне забарвлення з фоном, групова структура розташування вирв. Визначено специфічні методичні складнощі, що виникають під час проведення дешифрування. Створено базу геоданих пошкоджених земель, яка містить 15588 просторово зафіксованих місць влучань боєприпасів. Ця база може бути рекомендована як цифрова картографічна основа для кількісного просторового оцінювання боєприпасів, що не вибухнули, та прогнозування шляхів міграції хімічних забруднювальних речовин у ландшафті. Створено набір карт з фіксації проявів бомбтурбації, щільності вир, гідрологічного аналізу та потенційного забруднення території. Ці карти можуть бути використані для планування майбутніх досліджень стану довкілля та розробки стратегії і тактики відновлення та використання постраждалих територій.

3. Запропоновано методичні підходи до розрахунку репарацій за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям унаслідок збройної агресії. Методика включає види та порядок визначення шкоди, завданої землям сільськогосподарського призначення; ідентифікацію видів ушкодження, які підлягають економіко-екологічному оцінюванню; статті збитків прямої (засмічення та

псування земель, руйнування меліоративних споруд, власникам земель та землекористувачам) та непрямой дії (порушення ґрунтів, хімічне забруднення ґрунтів, збитки від небезпечних викидів в атмосферу під час обстрілів, об'єктам екологічної інфраструктури, збитки завдані екосистемним активам). Алгоритмізація розрахунків відповідає чинній в Україні нормативно-правовій базі. За результатами оцінювання збитку можна провести зонування та ранжування повоєнного стану земель сільськогосподарського призначення за обраним для розгляду фактором впливу, негативну дію якого можливо розрахувати, що може стати основою для судового позову щодо відшкодування завданих збитків. Водночас наведені у методиці алгоритми є розрахунковими, що формує необхідність їх апробації на основі документально зафіксованої інформації з подальшим визначенням можливості її практичного застосування.

4. Розроблено концептуальні положення щодо відновлення та використання хімічно забруднених ґрунтів земельних ділянок за воєнно-техногенних впливів й апробовано нові патентнозахищені методи контролю деградації та ремедіації чорноземних ґрунтів за нових умов комплексного впливу хімічного забруднення і мілітарного фактора на систему «ґрунт – рослина». Розроблені концептуальні положення щодо ремедіації забруднених ґрунтів ураховують специфіку мілітарного впливу та хімічного забруднення чорноземів і відповідають загальній стратегії розвитку сучасних концептів управління, стратегій і методів ремедіації забруднених ґрунтів у провідних країнах світу. Встановлено фактори воєнно-техногенних впливів на агроценози в зоні впливу Курахівської ТЕС, визначено індикаторні характеристики мілітарного впливу на ґрунти досліджених земельних ділянок та екологічний стан системи «ґрунт – рослина». У результаті апробації нових методів (поліпшення екологічного стану системи «ґрунт – рослина» із використанням нового хелатно-гуматного препарату Смарагд; активізації біологічного потенціалу ґрунту за біоремедіації забрудненої ВМ системи «ґрунт – мікроорганізми ґрунту – рослина») установлено переваги використання цих методів і розроблено пропозиції щодо можливого їх корегування з урахуванням отриманих хіміко-аналітичних даних та експертних оцінок. Апробовані методи хімічної та біологічної ремедіації хімічно

забруднених чорноземних ґрунтів рекомендовано для впровадження в аграрних підприємствах, що спеціалізуються на вирощуванні зернових культур на територіях із комплексною негативною дією мілітарного фактора та хімічного забруднення.

5. Обґрунтовано потенційну ефективність застосування донних відкладень із рибогосподарських водойм для підвищення родючості ґрунтів і відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій. Видалення донних відкладень із рибогосподарських водойм є одним із важливих механізмів регулювання екологічного стану водних екосистем та якості води в них. Напрямок їхнього використання визначають за результатами аналізу фізичних, фізико-хімічних, хімічних властивостей та ступеня забруднення. На прикладі пілотних об'єктів у Харківській (Чкаловська ТГ) і Волинській областях (Городищенська ТГ) визначено агрономічну цінність донних відкладень з рибогосподарських водойм. На підставі основних показників їх складу визначено поживну цінність і напрями можливого їх використання у сільському господарстві для покращення стану ґрунтів та підвищення врожайності вирощуваних культур. Визначено потенційну ефективність застосування донних відкладень рибогосподарських водойм для підвищення родючості ґрунтів і відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій з урахуванням їх агрономічної цінності. Установлено, що застосування донних відкладень збагатить ґрунт органічною речовиною, підвищить вміст загального вуглецю, рухомих сполук азоту, фосфору, калію. Донні відкладення можуть використовуватися як складники добрив, ґрунтополіпшувачі або рекультиванти. Здійснено оцінювання вартості й прогнозу економічної ефективності видалення донних відкладень та їх реалізації як добрив. За впливом на потенційну родючість (уміст гумусу в ґрунті) використання донних відкладень як добрива можна визнати ефективним. Для підвищення економічної ефективності використання донних відкладень як добрива доцільно збільшувати вміст елементів живлення у разі додавання відповідних мінеральних добрив. Меліорація ґрунтів із використанням донних відкладень забезпечує оптимізацію водного режиму, агрофізичних і фізико-хімічних властивостей ґрунтів та поліпшення поживного режиму.

б. Запропоновано концептуальне бачення вирішення питання відновлення Каховського водосховища та залучення водних ресурсів р. Дунай як основи планів повоєнної відбудови південних регіонів України з розв'язання проблем господарсько-питного водопостачання населених пунктів Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької, частини Дніпропетровської й Донецької областей та АР Крим, а також відновлення зрошення у цих регіонах як основи для відтворення та збереження екологічних і продуктивних функцій ґрунтів. Оцінено стан забезпечення водними ресурсами та вологозабезпечення ґрунтів до і під час повномасштабної збройної агресії РФ, доведено важливість і пріоритетність розв'язання проблеми поліпшення водності південних регіонів. Установлено, що поступове потепління клімату в Україні, яке посилюється зростанням середньорічної температури повітря зі швидкістю $0,45\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ років, у перспективі погіршуватиме забезпечення сприятливих умов для життя населення та розвитку зрошення. Доведено, що без відновлення Каховського водосховища та залучення водних ресурсів р. Дунай південні регіони будуть поступово перетворюватись у напівпустельні та пустельні ландшафти і вже до 2050 р. стануть майже непридатними для життя населення. Обґрунтовано необхідність реалізації проєкту залучення водних ресурсів з р. Дунай для поліпшення водозабезпечення південних регіонів України завдяки будівництву водогонів зі склокомпозитних труб українського виробництва за результатами відповідних наукових і техніко-економічних обґрунтувань з урахуванням необхідності реконструкції та нового будівництва зрошувальних систем і систем водопостачання населених пунктів. Відновлене Каховське водосховище має стати ключовим джерелом води для зрошення, що сприятиме сталому розвитку аграрного сектору південних регіонів, забезпеченню екологічної стабільності та рівноваги на півдні України, мінімізації проблем зневоднення ґрунтів, а також зниженню ризику їх деградації та опустелювання постраждалих регіонів.

Запропоновані в цій монографії методологічні підходи до комплексного оцінювання пошкоджених війною ґрунтів, розрахунку репарацій за шкоду, завдану сільськогосподарським землям унаслідок

збройної агресії, концептуальні положення щодо відновлення пошкоджених російською збройною агресією ґрунтів України та меліоративних систем (на прикладі відновлення Каховського водосховища) мають не лише практичну цінність для тих, хто оцінює завдані шкоду та збитки, розробляє плани повоєнної відбудови й ухвалює рішення про відновлення ґрунтів і меліоративних систем, а і є основою для подальших досліджень та наукових дискусій із цього питання. Зокрема, до перспективних напрямів досліджень належать такі: оцінювання пошкоджених ґрунтів із залученням додаткових методів дослідження, зокрема геофізичних (петромагнітних і геомагнітних), геохімічних (ідентифікація вмісту органічних забруднювачів), польове вимірювання щільності ґрунту, вивчення біологічного впливу на ґрунтовий покрив тощо; проведення польового обстеження ґрунтів для встановлення фактичного рівня їхнього забруднення з урахуванням створеної бази геоданих через визначення оптимальної мережі відбору проб; апробація методичних підходів до розрахунку репарацій за шкоду, заподіяну продуктивним сільськогосподарським землям унаслідок збройної агресії; розроблення положень, принципів і методів сталої ремедіації забруднених ґрунтів різних типів й управління забрудненими землями на основі оцінювання ризиків; експериментальна перевірка ефективності застосування донних відкладень для підвищення родючості ґрунтів і відновлення земель, пошкоджених унаслідок воєнних дій; наукове й техніко-економічне обґрунтування проєктів відновлення меліоративних систем на півдні України. Реалізація визначених перспективних напрямів дослідження потребує кооперації науковців із різних галузей знань, що дасть змогу розробити комплекс ефективних проєктів і заходів з післявоєнного відновлення ґрунтів і меліоративних систем.

РЕЗОЛЮЦІЯ
Міжнародної науково-практичної конференції
«Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій:
стан, виклики, заходи з відновлення»
(05 грудня 2023 року)

Усвідомлюючи вирішальну значущість стану ґрунтового покриву та родючості ґрунтів для продовольчої безпеки держави, продуктивних і екологічних функцій агроєкосистем та біосфери загалом учасники міжнародної науково-практичної конференції обмінялися найновішою інформацією, провели дискусії.

Основну увагу учасники конференції зосередили на проблемах деградації ґрунтів, особливо чорноземних, які у структурі ґрунтового покриву України займають площу понад 60 %, і які завдяки великому ресурсному потенціалу природної родючості, забезпечують провідне місце у світовому експорті окремих сільськогосподарських культур. Водночас потенціал родючості ґрунтів реалізується всього на 60–70 % і основна причина – це дефіцит вологи і деградація ґрунтів. Значної шкоди ґрунтовим ресурсам завдала військова агресія російської федерації. В умовах воєнного стану ґрунтові ресурси зазнають масштабної руйнації, погіршення якості, поширення деградації, забруднення та засмічення.

Під впливом воєнних дій перебуває понад 15 млн га земель. Зважаючи на площу, наймасштабніше постраждали саме чорноземи, на окремих ділянках ґрунти повністю зруйновані. Найбільшою мірою сільськогосподарські землі зазнали двох видів пошкоджень – мінне й хімічне забруднення та пряме фізичне пошкодження. Нині можна констатувати, що росія перетворила українські родючі чорноземи на найбільш забруднені землі у світі.

За розрахунками фахівців ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», сума шкоди та збитків, завданих землям і ґрунтам України, становить близько 34,4 млрд дол. США, але це тільки попереднє оцінювання, величина втрат динамічно зростає й остаточно може бути визначена після завершення війни.

Ще однією національною проблемою є руйнація Каховського водосховища, яка є найбільшою техногенною катастрофою в Європі. За експертним оцінюванням, загальна площа негативного впливу перевищує 3 млн га. Зона негативних наслідків охоплює як безпосередньо зрошувані в минулому ґрунти, так і прилеглі землі.

Значна частина небезпечних територій, з метою прискореного повернення у господарське використання, потребує проведення управлінських рішень і комплексних термінових заходів щодо усунення наслідків бойових дій через розробки та реалізації загальнодержавних програм та інвестиційних проєктів.

Існує потреба у коригуванні державної земельної політики, удосконаленні нормативно-правових та нормативних документів щодо використання й охорони земель, зокрема, норм і правил у сфері землеустрою, нормативів у галузі охорони земель та відтворення родючості ґрунтів, у тому числі, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, збройної агресії та бойових дій.

Зважаючи на зазначене вище, проаналізувавши наявні виклики в галузі використання та охорони земель як основного національного багатства Українського народу, заслухавши та обговоривши доповіді, учасники Міжнародної науково-практичної конференції пропонують звернутися до Ради національної безпеки і оборони України, Кабінету Міністрів України, Міністерства аграрної політики та продовольства України, Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру і Держекоінспекції України з метою розробки та реалізації такої системи заходів, яка забезпечить збереження й відтворення родючості ґрунтів, продуктивних, екологічних і соціальних функцій ґрунтового покриву й охорони довкілля:

- ✓ проведення суцільного ґрунтового обстеження на деокупованих та небезпечних територіях на оновлених методологічних і технологічних засадах, з урахуванням наслідків збройної агресії російської федерації проти України, гармонізованих із сучасною європейською практикою, як це передбачено ст. 54 «Моніторинг земель і ґрунтів» Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державної системи

моніторингу довкілля, інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та інформаційного забезпечення управління у сфері довкілля»;

- ✓ створення та впровадження дієвої системи сучасного моніторингу ґрунтового покриву країни в кооперації з Європейською ґрунтовою обсерваторією (EUSO) у поєднанні з агрохімічною паспортизацією земельних ділянок для подальшого інтегрування в систему ґрунтового моніторингу ЄС із залученням Європейських засобів дистанційного зондування для розробки дієвого інформаційного забезпечення у сфері використання та охорони ґрунтів;
- ✓ удосконалення законодавчого та нормативно-правового забезпечення охорони ґрунтів і його гармонізація з європейським ґрунтовим законодавством. З цією метою потрібно прискорити розробку й прийняття: Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо охорони ґрунтів та відтворення їх родючості», внесення змін до Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку консервації земель» та самого Порядку, зокрема щодо вилучення земель, пошкоджених внаслідок воєнних дій, із сільськогосподарського обігу; Загальнодержавної цільової програми використання та охорони земель; регіональних програм і програм територіальних громад;
- ✓ потрібно втілити законодавче закріплення обов'язковості розробки проєктів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозмін та впорядкування угідь, а також вважаємо за доцільне розробити пропозиції щодо істотного оновлення Національного плану дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням;
- ✓ удосконалення «Методики визначення розміру шкоди, завданої землям і ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану» та «Методики визначення шкоди та збитків, завданих земельному фонду України внаслідок збройної агресії російської федерації» щодо визначення загального розміру шкоди за одночасного

вияву всіх видів деградації ґрунтів. Вважати пріоритетним напрямом розробку та введення в дію визнаної на міжнародному рівні (ФАО, Європейська комісія) методики визначення розмірів шкоди та збитків, завданих земельному фонду та ґрунтовим ресурсам унаслідок воєнних дій російської федерації;

- ✓ удосконалення нормативного та нормативно-методичного забезпечення реабілітації пошкоджених земель – розробки нормативів оптимального співвідношення земельних угідь, якості ґрунтів, деградації земель та ґрунтів, удосконалення нормативів гранично допустимого забруднення ґрунтів, їх гармонізації з нормативами Європейського Союзу, досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів;
- ✓ розроблення Стратегії та Концепції використання земель сільськогосподарського призначення, постраждалих внаслідок руйнування дамби Каховської ГЕС, проекту Програми післявоєнного оздоровлення та відновлення ґрунтів на деокупованій території південно-східного регіону України та реалізація Плану першочергових заходів використання земель, постраждалих внаслідок руйнування Каховської ГЕС;
- ✓ удосконалення Плану заходів з реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні та нормативів екологічно безпечного зрошення, осушення, управління водополивами та водовідведенням, а також ведення державного моніторингу навколишнього природного середовища зрошуваних та осушуваних земель;
- ✓ поліпшення інформаційного забезпечення у сфері охорони та менеджменту ґрунтів через формування баз ґрунтових даних та запровадження автоматизованих цифрових технологій; активізація інформаційної взаємодії Українського ґрунтового інформаційного центру з Державним земельним кадастром та Геоінформаційним порталом України, налагодження співпраці з Європейською ґрунтовою обсерваторією;
- ✓ розроблення системи управління використанням і охороною ґрунтів через створення Державної служби охорони і моніторингу ґрунтів, розробка Стратегії та Концепції відновлення ґрунтів, що постраждали від збройної агресії російської федерації;

- ✓ реалізація заходів Оновленого національно визначеного внеску України до Паризької угоди до 2030 року щодо розробки економічного механізму стимулювання переведення малопродуктивних і деградованих земель до природних екосистем та виконання міжнародних зобов'язань України щодо скорочення викидів парникових газів, опрацювання механізмів утримування вуглецю та інших компонентів у ґрунті та впровадження низьковуглецевих технологій;
- ✓ внесення змін та доповнень до проекту Стратегії розвитку галузі землеробства України до 2030 року щодо надання екосистемних послуг ґрунтами, ґрунтово-інформаційного забезпечення диференціації агротехнологій і заходів з охорони ґрунтів у землеробстві та агрохімічне забезпечення цієї галузі, зокрема, імпортозаміщення добрив та інших агрохімікатів за рахунок вітчизняних ресурсів, використання європейських принципів, підходів і практик застосування добрив для сталого розвитку сільських територій;
- ✓ використання міжнародного досвіду природо-ґрунтоохоронної діяльності та землекористування на територіях, де проводилися бойові дії. Слід активізувати у цьому напрямі співпрацю з міжнародними інституціями насамперед ФАО та Глобальним ґрунтовим партнерством, Глобальним екологічним фондом, Зеленим кліматичним фондом, Міжнародним союзом ґрунтознавців, Міжнародною мережею забруднених ґрунтів, Європейським дослідницьким виконавчим агентством та Європейською ґрунтовою обсерваторією, зокрема, у межах Рамкової програми ЄС досліджень та інновацій «ГОРИЗОНТ Європа»;
- ✓ формування та реалізація, за підтримки міжнародних організацій, масштабного пілотного проекту реабілітації пошкоджених війною сільськогосподарських земель, наприклад, у Харківській області (понад 600 тис. га) з використанням закордонного досвіду та залученням експертів світового рівня;
- ✓ розроблення проекту Глобальної міжнародної угоди щодо захисту, збереження та сталого управління чорноземами, реалізація пілотного проекту рекарбонізації пошкоджених війною чорноземів за участі Міжнародної мережі чорноземних ґрунтів, Гло-

бального ґрунтового партнерства ФАО та Міжнародного інституту чорноземів (КНР);

- ✓ урахування результатів обстеження пошкоджених внаслідок бойових дій ґрунтових ресурсів України у підготовці Доповіді ФАО про стан ґрунтових ресурсів світу (2025);
- ✓ актуалізування наукових досліджень з відновлення деградованих ґрунтів, істотне підвищення рівня матеріально-технічного забезпечення польових та лабораторно-аналітичних робіт із залученням закордонної матеріальної та технічної підтримки. Вважати пріоритетними напрямками досліджень: вивчення впливу збройної агресії російської федерації на ґрунтовий покрив України; визначення актуального стану здоров'я ґрунтів, розроблення прогностичних моделей; розроблення та пілотне впровадження технологій реабілітації пошкоджених війною ґрунтів, зокрема постраждалих внаслідок руйнування дамби Каховської ГЕС;
- ✓ звернення з клопотанням до МОН України про відновлення підготовки фахівців-ґрунтознавців у закладах вищої освіти України з уведенням до переліку спеціальностей галузі 20 «Аграрні науки та продовольство» спеціальність «Ґрунтознавство і охорона ґрунтів». Потребує включення відповідних документів до освітніх компонентів, присвячених збереженню і сталому управлінню ґрунтовими ресурсами у повоєнний період з урахуванням міжнародного досвіду з подолання наслідків конфліктів та збройних агресій;
- ✓ запровадження проведення щорічних конференцій, круглих столів, форумів та інших заходів щодо шляхів відновлення стану ґрунтового покриття у воєнний та повоєнний періоди.

Крім переліченого, дуже важливо підвищити активність засобів масової інформації до публікації матеріалів у земле- і ґрунтоохоронному аспектах, особливо телебачення, де пізнавальні, навчальні й виховні передачі про ґрунт відсутні майже повністю. Крім того, в Україні потрібно мати і видавати один раз на 3–5 років бюлетень про стан ґрунтового покриття держави (довідково: кожні 5 років Конгрес США заслуховує звіт про загальний стан ґрунтових ресурсів країни). Відповідних змін мають набути й дії з підтримки ґрунтоохоронної

діяльності в роботі громадських та суспільних рухів, поліпшення освіти, особливо підготовки керівників нового типу, здатних сприймати й ефективно використовувати ґрунтоохоронну інформацію.

Зважаючи на наслідки загарбницької агресії російської федерації, в контексті впливу воєнних дій на стан ґрунтового покриву та родючість ґрунтів, потребує комплексного підходу провадження управлінських рішень щодо законодавчого, нормативно-правового, нормативного, інформаційного та технологічного забезпечення відновлення, раціонального та збалансованого використання ґрунтів для встановлення порогових значень індикаторних показників досягнення продовольчої безпеки, де Україна виступає одним із світових гарантів. Досягнення позитивних значень індикаторних показників потребує проведення й використання результатів сучасних наукових досліджень, державного інвестування у фундаментальну і прикладну науку та міжнародної підтримки, що в середній і довгостроковій перспективі матиме значний економічний мультиплікативний ефект та забезпечить формування і піднесення високорозвиненої економіки держави.

RESOLUTION
of the International scientific and practical conference
«Soil cover of Ukraine in the conditions of hostilities:
state, challenges, activities for soil restoration»
(December 5, 2023)

Recognizing the crucial importance of the state of soil cover and soil fertility for the food security of the state, the productive and ecological functions of agroecosystems and the biosphere as a whole, the participants of the international scientific and practical conference shared the latest information and held discussions.

The participants of the conference focused on the problems of soil degradation, especially chernozems, which in the structure of the soil cover of Ukraine occupy an area of more than 60 %, and which, thanks to the great resource potential of natural fertility, provide a leading place in the world export of certain agricultural crops. At the same time, the potential of soil fertility is realized by only 60–70 % and the main reason is the lack of moisture and soil degradation. The military aggression of the Russian Federation caused significant damage to soil resources. Under conditions of martial law, soil resources are subject to large-scale destruction, deterioration of quality, widespread degradation, pollution and contamination.

More than 15 million hectares of land are under the influence of military operations. Taking into account the area, chernozems were the most affected, in some areas the soils were completely destroyed. To the greatest extent, agricultural lands suffered two types of damage – mine and chemical contamination and direct physical damage. Currently, it can be stated that Russia has turned Ukrainian fertile chernozems into the most polluted lands in the world.

According to the calculations of the NSC ISSAR experts, the amount of damage and losses caused to the lands and soils of Ukraine is about USD 34.4 billion, but this is only a preliminary assessment, the amount of losses is growing dynamically and can be finally determined after the end of the war.

Another national problem is the destruction of the Kakhovka Dam, which is the biggest man-made disaster in Europe. According to expert estimates, the total area of negative impact exceeds 3 million hectares. The zone of negative consequences includes both directly irrigated soils in the past and adjacent lands.

A significant part of dangerous territories, in order to speed up their return to economic use, requires management decisions and complex urgent measures to eliminate the consequences of hostilities through the development and implementation of national programs and investment projects.

There is a need to adjust the state land policy, improve legal and normative documents on the use and protection of land, in particular, norms and rules in the field of land management, regulations in the field of land protection and reproduction of soil fertility, in particular, damaged as a result of emergency situations, armed aggression and hostilities

In view of the above, after analyzing the existing challenges in the field of land use and protection, as the main national wealth of the Ukrainian people, after listening to and discussing the reports, the participants of the International Scientific and Practical Conference propose to address the National Security and Defense Council of Ukraine, the Cabinet of Ministers of Ukraine, the Ministry of Agrarian Policy and of Food of Ukraine, the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, the State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre and the State Ecoinspection of Ukraine in order to develop and implement such a system of measures that will ensure the preservation and reproduction of soil fertility, productive, ecological and social functions of the soil cover and environmental protection:

- ✓ carrying out a continuous soil survey in de-occupied and dangerous territories with updated methodological and technological bases, taking into account the consequences of the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine, harmonized with modern European practice, as provided for in Art. 54 «Monitoring of Lands and Soils» of the Law of Ukraine «On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Regarding the State System of Environmental Monitoring, Information on the State of the Environment (Environmental

Information) and Information Support for Environmental Management»;

- ✓ creation and implementation of an effective system of modern monitoring of the country's soil cover in cooperation with the European Soil Observatory (EUSO) in combination with agrochemical certification of land plots for further integration into the EU soil monitoring system with the involvement of European means of remote sensing for the development of effective information support in the field of use and soil protection;
- ✓ improvement of legislative and regulatory support for soil protection and its harmonization with European soil legislation. For this purpose, it is necessary to speed up the development and adoption of: the Law of Ukraine «On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Regarding Soil Protection and Regeneration of Their Fertility», amendments to the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine «On Approval of the Land Conservation Procedure» and the Procedure itself, in particular, regarding removal of lands damaged as a result of military operations from agricultural circulation; National target program of land use and protection; regional programs and programs of territorial communities;
- ✓ it is necessary to implement a legislative consolidation of the obligation to develop land management projects that provide ecological and economic justification for crop rotation and land management, and we also consider it expedient to develop proposals for a significant update of the National Action Plan to combat land degradation and desertification;
- ✓ improvement of the «Methodology for determining the amount of damage caused to lands and soils as a result of emergency situations and/or armed aggression and hostilities during martial law» and the «Methodology for determining damage and losses caused to the land fund of Ukraine as a result of armed aggression of the Russian Federation» in relation to determining the general amount of damage due to the simultaneous manifestation of all types of soil degradation. To consider the development and implementation of an internationally recognized (FAO, European Commission) methodology for deter-

- mining the amount of damage and losses caused to the land fund and soil resources as a result of the military actions of the Russian Federation as a priority direction;
- ✓ improvement of regulatory and normative-methodical support for the rehabilitation of damaged lands – development of standards for the optimal ratio of land areas, soil quality, land and soil degradation, improvement of standards for maximum allowable soil pollution, their harmonization with the standards of the European Union, achievement of a neutral level of soil degradation;
 - ✓ development of the Strategy and Concept for the use of agricultural lands affected by the destruction of the Kakhovka Dam, the project of the Post-war Rehabilitation and Soil Restoration Program in the de-occupied territory of the southeastern region of Ukraine, and the implementation of the Plan of priority measures for the use of lands damaged by the destruction of the Kakhovka Dam;
 - ✓ improvement of the Plan of Action for the implementation of the Strategy of Irrigation and Drainage in Ukraine and standards of environmentally safe irrigation, drainage, irrigation and drainage management, as well as conducting state monitoring of the natural environment of irrigated and drained lands;
 - ✓ improvement of information support in the field of soil protection and management through the formation of soil data bases and the introduction of automated digital technologies; activation of information interaction of the Ukrainian Soil Information Center with the State Land Cadastre and the Geoinformation Portal of Ukraine, establishment of cooperation with the European Soil Observatory;
 - ✓ development of a management system for the use and protection of soils through the creation of the State Service for the Protection and Monitoring of Soils, development of the Strategy and Concept for the restoration of soils affected by the armed aggression of the Russian Federation;
 - ✓ implementation of the measures of the Updated Nationally Determined Contribution of Ukraine to the Paris Agreement until 2030 regarding the development of an economic mechanism for stimulat-

ing the transfer of unproductive and degraded lands to natural ecosystems and the fulfillment of Ukraine's international obligations regarding the reduction of greenhouse gas emissions, the development of mechanisms for carbon sequestration and other components in the soil, and the implementation low-carbon technologies;

- ✓ making changes and additions to the project of the Strategy for the Development of the Agricultural Industry of Ukraine until 2030 regarding the provision of ecosystem services by soils, soil and information support for the differentiation of agricultural technologies and soil protection measures in agriculture, and agrochemical support for this industry, in particular, import substitution of fertilizers and other agrochemicals at the expense of domestic resources, the use of European principles, approaches and practices of fertilizer application for the sustainable development of rural areas;
- ✓ use of international experience of nature and soil protection activities and land use in the territories where hostilities were conducted. Cooperation with international institutions should be intensified in this direction, first of all, the FAO and the Global Soil Partnership, the Global Environment Facility, the Green Climate Fund, the International Union of Soil Sciences, the International Network on Soil Pollution, the European Research Executive Agency and the European Soil Observatory, in particular, within the EU Framework Program for research and innovation «HORIZONT Europe»;
- ✓ formation and implementation, with the support of international organizations, of a large-scale pilot project for the rehabilitation of war-damaged agricultural lands, for example, in the Kharkiv region (more than 600,000 hectares) with the use of foreign experience and the involvement of world-class experts;
- ✓ development of the draft of the Global International Agreement on the Protection, Conservation and Sustainable Management of Black Soils, implementation of the pilot project of Recarbonization of War-damaged Black Soils with the participation of the International Network of Black Soils, the FAO Global Soil Partnership and the International Research Institution of Black Soils;

- ✓ taking into account the results of the survey of the Ukrainian soil resources damaged as a result of hostilities in the preparation of Status of the World's Soil Resources report (the FAO, 2025);
- ✓ actualization of scientific research on the restoration of degraded soils, a significant increase in the level of material and technical support for field and laboratory-analytical work with the involvement of foreign material and technical support. Considering as priority areas of research: the study of the impact of the armed aggression of the Russian Federation on the soil cover of Ukraine; determination of the current state of soil health, development of prognostic models; development and pilot implementation of technologies for the rehabilitation of war-damaged soils, including damaged as a result of the destruction of the Kakhovka Dam;
- ✓ request to the Ministry of Education and Science of Ukraine to restore the training of soil scientists in higher education institutions of Ukraine with the inclusion of the specialty «Soil Science and Soil Protection» in the list of specialties of field 20 «Agrarian Sciences and Food». It requires the inclusion of relevant documents in the educational components dedicated to the preservation and sustainable management of soil resources in the post-war period, taking into account international experience in overcoming the consequences of conflicts and armed aggression;
- ✓ introduction of holding annual conferences, round tables, forums and other events related to ways of restoring the state of soil cover in the war and post-war periods.

In addition to the above, it is very important to increase the activity of mass media to publish materials in land and soil protection aspects, especially television, where informative and educational programs about soil are almost completely absent. In addition, Ukraine must have and issue a bulletin on the state of the state's soil cover once every 3-5 years (for reference: every 5 years the US Congress hears a report on the general state of the country's soil resources). Actions to support soil protection activities in the work of public and social movements, improve education, especially the training of new types of managers capable of perceiving

and effectively using soil protection information should also undergo corresponding changes.

Taking into account the consequences of the invasive aggression of the Russian Federation, in the context of the impact of military actions on the state of the soil cover and soil fertility, it is needed a comprehensive approach to the implementation of management decisions regarding legislative, regulatory, normative, informational and technological support for restoration, rational and balanced use of soils to establish threshold values of indicators for achieving food security, where Ukraine acts as one of the global guarantors.

Achieving positive values of indicators requires conducting and using the results of modern scientific research, state investment in fundamental and applied science, and international support, which in the medium and long term will have a significant economic multiplier effect and ensure the formation and rise of a highly developed state economy.

Інформація про редакторів та авторів

БАЛЮК Святослав Антонович – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, в. о. директора Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»; генеральний секретар Громадської організації «Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків», Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8372-6514>

КУЧЕР Анатолій Васильович – доктор економічних наук, старший дослідник, член-кореспондент Академії економічних наук України, головний науковий співробітник відділу інноваційної економіки, зовнішніх зв'язків та інформатизації наукових досліджень Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»; професор кафедри менеджменту організацій Національного університету «Львівська політехніка»; член Громадської організації «Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків», Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5219-3404>

РОМАЩЕНКО Михайло Іванович – доктор технічних наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, проректор Київського аграрного університету НААН, головний науковий співробітник відділу зрошення Інституту водних проблем і меліорації НААН, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9997-1346>

АЧАСОВ Андрій Борисович – доктор сільськогосподарських наук, професор, в. о. завідувача кафедри екології та менеджменту довкілля Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5009-7184>

ВОРОТИНЦЕВА Людмила Іванівна – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, провідна наукова співробітниця лабораторії гідродифіцитних, гідроморфних і кислих ґрунтів Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»; членкиня Громадської організації «Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків», Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0643-8823>

КУПНЕЦЬ Лариса Євгенівна – доктор економічних наук, професор, головна наукова співробітниця відділу економіко-екологічного розвитку

приморських регіонів Державної установи «Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень НАН України», Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9251-4014>

НИКИТЮК Олександр Андрійович – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, в. о. ректора Київського аграрного університету НААН, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5679-4247>

СКРИЛЬНИК Євген Володимирович – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач лабораторії органічних добрив і гумусу Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»; член Громадської організації «Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків», Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8642-8547>

СТАШУК Василь Андрійович – доктор технічних наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, в. о. директора Інституту садівництва НААН, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3677-8474>

ФАЙБИШЕНКО Борис Олександрович – доктор технічних наук, професор, науковий співробітник Національної лабораторії Лоуренса Берклі, штат Каліфорнія, США.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0085-8499>

БОНЧКОВСЬКИЙ Олександр Сергійович – доктор філософії з географії, молодший науковий співробітник Київського національного університету імені Тараса Шевченка; керівник природничого відділу Громадської організації «Товариство дослідників України», Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1872-4552>

ГАВРИЛЮК Володимир Андрійович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, директор Поліської дослідної станції Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»; член Громадської організації «Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків», Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3923-0842>

ЗАХАРОВА Марина Анатолівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувачка лабораторії гідродіфіцитних, гідроморфних і кислих ґрунтів Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»; членкиня

Громадської організації «Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків», Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1140-5017>

МАЦЕЛЮК Євген Михайлович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії водопостачання та водовідведення відділу водних ресурсів Інституту водних проблем і меліорації НААН, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9960-6333>

МОМОТ Ганна Феліксівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувачка відділу організації та координації наукових робіт і підготовки кадрів вищої кваліфікації Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»; членкиня Громадської організації «Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків», Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3944-7689>

МУЗИКА Олександр Павлович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, учений секретар Інституту водних проблем і меліорації НААН, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3388-3001>

ОСТАПЕНКО Павло Олегович – кандидат географічних наук, голова Громадської організації «Товариство дослідників України»; докторант Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2656-7377>

САЙДАК Роман Васильович – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу агроресурсів Інституту водних проблем і меліорації НААН, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0213-0496>

САМОХВАЛОВА Валентина Леонідівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, старша наукова співробітниця відділу охорони ґрунтів Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1352-9838>

УСАТИЙ Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, завідувач відділу зрошення Інституту водних проблем і меліорації НААН, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8784-4078>

ШЕВЧЕНКО Анатолій Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу водних ресурсів Інституту водних проблем і меліорації НААН, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2637-6538>

ШИМЕЛЬ Валентина Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, учений секретар Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»; членкиня Громадської організації «Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків», Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6698-5936>

БОНЧКОВСЬКИЙ Андрій Сергійович – член Громадської організації «Товариство дослідників України»; аспірант, науковий співробітник Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС та НАН України, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3275-6772>

КНИШ Владислав Володимирович – головний фахівець відділу агроресурсів Інституту водних проблем і меліорації НААН, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3220-9883>

НЕМОШКАЛОВ Олексій Миколайович – аспірант кафедри екології та менеджменту довкілля Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Україна.

СЕЛІВЕРСТОВ Олег Юрійович – аспірант, викладач кафедри екології та менеджменту довкілля Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8477-274X>

УСАТА Людмила Григорівна – старша наукова співробітниця відділу агроресурсів Інституту водних проблем і меліорації НААН, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3265-9024>

ШВАЙКО Володимир Миколайович – секретар Громадської організації «Товариство дослідників України»; аспірант, молодший науковий співробітник Інституту географії НАН України, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5457-5569>

БАЛЮК Святослав Антонович, КУЧЕР Анатолій Васильович, РОМАЩЕНКО Михайло Іванович, АЧАСОВ Андрій Борисович, ВОРОТИНЦЕВА Людмила Іванівна, КУПІНЕЦЬ Лариса Євгенівна, НИКИТЮК Олександр Андрійович,

СКРИЛЬНИК Євген Володимирович, СТАШУК Василь Андрійович, ФАЙБИШЕНКО Борис Олександрович, БОНЧКОВСЬКИЙ Олександр Сергійович, ГАВРИЛЮК Володимир Андрійович, ЗАХАРОВА Марина Анатоліївна, МАЦЕЛЮК Євген Михайлович, МОМОТ Ганна Феліксівна, МУЗИКА Олександр Павлович, ОСТАПЕНКО Павло Олегович, САЙДАК Роман Васильович, САМОХВАЛОВА Валентина Леонідівна, УСАТИЙ Сергій Володимирович, ШЕВЧЕНКО Анатолій Миколайович, ШИМЕЛЬ Валентина Володимирівна, БОНЧКОВСЬКИЙ Андрій Сергійович, КНИШ Владислав Володимирович, НЕМОШКАЛОВ Олексій Миколайович, СЕЛІВЕРСТОВ Олег Юрійович, УСАТА Людмила Григорівна, ШВАЙКО Володимир Миколайович

BALIUK Sviatoslav, KUCHER Anatolii, ROMASHCHENKO Mykhailo, ACHASOV Andrii, VOROTYNTSEVA Liudmyla, KUPINETS Larysa, NYKYTIUK Oleksandr, SKRYLNYK Yevhen, STASHUK Vasyl, FAYBISHENKO Boris, BONCHKOVSKYI Oleksandr, GAVRYLIUK Volodymyr, ZAKHAROVA Maryna, MATSELIUK Yevhen, MOMOT Hanna, MUZYKA Oleksandr, OSTAPENKO Pavlo, SAIDAK Roman, SAMOKHVALOVA Valentyna, USATYI Serhii, SHEVCHENKO Anatolii, SHYMEL Valentyna, BONCHKOVSKYI Andrii, KNYSH Vladyslav, NEMOSHKALOV Oleksii, SELIVERSTOV Oleg, USATA Liudmyla, SHVAIKO Volodymyr

**ҐРУНТОВИЙ ПОКРИВ УКРАЇНИ
В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ:
СТАН, ВИКЛИКИ, ЗАХОДИ З ВІДНОВЛЕННЯ**

За редакцією

С. А. Балюка, А. В. Кучера, М. І. Ромащенко

Редактори і коректори: *І. М. Баланчук, Т. В. Пономарьова*

Комп'ютерна верстка *Л. О. Гордієнко*

Обкладинка художника *І. Г. Хорошого*

Підписано до друку 30.01.2024 р. Формат 60×84 1/16.

Папір офсетний. Гарнітура «Таймс».

Ум. друк. арк. 19,76.

Наклад 300 пр.

Державне видавництво «Аграрна наука» НААН
Свідоцтво про державну реєстрацію № 4116 від 21.07.2011 р.

вул. Васильківська, 37, м. Київ, 03022

Тел. (044) 257-85-27

e-mail: agrarnanauka@ukr.net

