ORGANIZERS
LEIBNIZ-CENTRE FOR AGRICULTURAL LANDSCAPE RESEARCH (ZALF)
NGO ‘PERMACULTURE IN UKRAINE’
OPEN INTERNATIONAL UNIVERSITY OF HUMAN DEVELOPMENT ‘UKRAINE’

PARTNERS
TOGETHER FOR UKRAINE FOUNDATION

FUNDERS
KÖLNER GYMNASIAL- UND STIFTUNGSFONDS
GERMAN-UKRAINIAN COOPERATION IN ORGANIC AGRICULTURE

Sustainable Restoration of Agricultural Landscapes affected by Military Activities

Proceedings of the international research and practice conference

30 of September — 04 of Ocrober 2023, online

Published in accordance with the decision of the organizing committee on behalf of the International Open International University of Human Development "Ukraine". Recommended for publication by the Scientific and Methodological Council of the Open International University of Human Development "Ukraine" (protocol No. 2 dated February 21, 2023).

Editor and reviewer: Ardanov Pavlo.

Proceedings of the international research and practice conference “Sustainable Restoration of Agricultural Landscapes affected by Military Activities” 30.09-04.10.2023, online. (2023) Kyiv: Talkom - 71 p. ISSN: 978-966-388-681-7

DOI: https://doi.org/10.36994/978-966-388-681-7-2023-71

Since 24 of February 2022, military activities following the large-scale invasion of russian troops into Ukrainian territory lead to degradation of agricultural landscapes affecting 20-30 % of Ukrainian territory and 182 900 km2 (during the first 8 months) of arable soil. Main ecosystem damage include soil and water pollution (including Pb, Cd, Cr, As, Hg, Cu, Ni, Zn, W), soil compaction, breaking soil structure and reducing its water holding capacities, mixing and rotating soil layers, creation of craters, increased erosion and desertification, damage to soil life, regional fauna, and natural and semi-natural vegetation that increases effects of droughts and frosts and detrimental impact of climate change on agriculture. Consolidated actions of Ukrainian and international researchers and experts are needed to designing strategies for restoring agricultural landscape with the aims of increasing their multifunctionality and agroecosystem service provisioning capacities, promoting agroecological transition and support small, medium, and family farming, regionalizing green energy production, protecting and increase biodiversity.

Our conference promoted the use of agroforestry, cultivation of bioenergy crops in diversified systems, and the application of microbial biopreparations for accelerated bioremediation, for transition to regenerative and carbon farming, and for increasing regional environmental resilience and economic and energy self-sufficiency. Prioritizing these solutions which are in line to major agrifood strategies in Germany and in the EU is not only important for the European integration of Ukraine, but also for (over)compensating detrimental effects of military activities on carbon emission (31 mln t during the first 7 month) and carbon sequestration (3 mln ha of affected forests).

The aim of our conference is to facilitate knowledge exchange and networking between Ukrainian, German, and international researchers and experts and to present approaches and tools for sustainable landscape restoration to the range of institutions and initiatives involved in the restoration projects in Ukraine.

Electronic copy of the conference proceedings is freely accessible on the web-sites of the International Open International University of Human Development "Ukraine" under section "Publishing activities of materials of scientific and practical conferences, seminars, etc." and on the web-site the NGO "Permaculture in Ukraine" (http://www.permaculture.in.ua/) under section “Conference on Land Restoration”.

The abstracts were submitted in the author's original form, and the authors bear full responsibility for their content.

Recorded conference presentations and slides are available.

Supported by the Kölner Gymnasial- und Stiftungsfonds and German-Ukrainian Cooperation in Organic Agriculture.

© International Open International University of Human Development "Ukraine", 2023

TABLE OF CONTENT

1. Damage assessment approaches and tools / Інструменти та підходи для оцінювання шкоди... 1
АГРОЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙНИ ТА СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ В ПЕРІОД РЕАБІЛІТАЦІЇ 1
MONITORING OF SOILS AFFECTED BY MILITARY IMPACTS 2
ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ACTIVE MILITARY ACTIONS ON SOIL MICROBIOCENOSIS 3
USING RESULTS OF REMOTE SENSING SERVICES AND OSINT DATA FOR IDENTIFICATION OF WAR-DAMAGED TERRITORIES 4
MODEL CHAIN AND INFORMATION SYSTEM FOR SIMULATION OF SECONDARY AIR POLLUTION RESULTING FROM WIND RESUSPENSION OF CONTAMINATED DUST AND WILDFIRES 5
LANDMINE DETECTION IN FARMLANDS USING OPTICAL/RADAR SMALL DRONES 6
2. Restoration strategies — conservation approaches and rewilding / Стратегії відновлення — природоохоронні підходи та ревайлдинг 7
АРГУМЕНТАЦІЯ ЗА ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНИХ ЗАПЛАВНИХ ЕКОСИСТЕМ НА МІСЦІ КОЛИШНЬОГО КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА 7
WAR-WILDING: ПЕРСПЕКТИВИ ТА РИЗИКИ ПРИРОДНОГО ВІДНОВЛЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ НА ОКУПОВАНИХ І ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ 10
3. Restoration strategies — reclamation approaches / Стратегії відновлення — рекультиваційні підходи 12
ЗАГАЛЬНОДОСТУПНІ МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ГРУНТІВ, ЕКОСИСТЕМ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ 12
ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ ХЕРСОНЩИНИ ПІД ВПЛИВОМ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ. 15
4. Microbial perparation in restoration projects / Мікробні препарати в проєктах відновлення 16
РЕГУЛЯЦІЯ МІКОБІОМУ ҐРУНТІВ ТЕРИТОРІЙ, ЯКІ ПОСТРАЖДАЛИ ВІД рф АГРЕСІЇ 16
ПРИСКОРЕНЕ ВІДНОВЛЕННЯ ГРУНТІВ, ПОСТРАЖДАЛИХ У НАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ, ЯК ВИКЛИК СЬОГОДЕННЯ НЕ ЛИШЕ ДЛЯ УКРАЇНИ 18
ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНИХ ВІЙНОЮ ГРУНТІВ 21
5. Agroforestry and shelterbelts in restoration projects / Агролісівництво та лісомеліорація в проєктах відновлення 24
ECOLOGICAL RESTORATION AND BIOENERGY FEEDSTOCK PRODUCTION WITH FAST-GROWING TREES SELECTED FOR PHYTOREMEDIATION AND ASSOCIATED PHYTOTECHNOLOGIES 24
РЕМЕДІАЦІЯ ВІЙСЬКОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ В УКРАЇНІ: ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ҐРУНТІВ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ КУЛЬТУРАМИ 25
6. Bioenergy crops in restoration projects / Біоенергетичні культури в проєктах відновлення 26
PRODUCTION OF BIODIESEL FEED STOCK FROM THE TRACE ELEMENT CONTAMINATED LANDS IN UKRAINE 26
ENERGY CROPS AND TREES CULTIVATION IN THE MARGINAL LANDS 27
DUCKWEEDS: TINY AQUATIC PLANTS WITH GREAT POTENTIAL FOR WASTEWATER REMEDIATION AND BIOMASS USAGE 28
7. Mitigation approaches — re-designing cropping and irrigation system / пом'якшення наслідків — перепланування технологій вирощування та системи зрошування 29
RESTORATION AND DEVELOPMENT OF IRRIGATION IN THE POST-WAR PERIOD / ВІДНОВЛЕННЯ І РОЗВИТОК ЗРОШЕННЯ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД 29
СМАРТ-СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ 31
BIOECONOMY FOR THE SUSTAINABLE RESTORATION OF AGRICULTURAL LANDSCAPES IN THE POST-WAR RECONSTRUCTION OF UKRAINE 32
ЗМІНИ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЧОРНОЗЕМІВ ТИПОВИХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ ЗА ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА 33
Conference resolution 35
ENGLISH LANGUAGE VERSION 35
УКРАЇНОМОВНА ВЕРСІЯ 53

1. Damage assessment approaches and tools / Інструменти та підходи для оцінювання шкоди

АГРОЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙНИ ТА СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ В ПЕРІОД РЕАБІЛІТАЦІЇ

[1]Serhii Razanov* , **[2]Mykola Kutsenko, [3]Alla Razanova**
[1]Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Ecology, Lviv National Environmental University, Lviv, Ukraine (razanovsergej65@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4883-2696
[2]graduate student, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2557-2534
[3]senior lecturer, Lviv National Environmental University, Lviv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3546-3692

Keywords: важкі метали, буркун білий, бджолине обніжжя

Внаслідок воєнних дій деякі території України потерпають від високого техногенного навантаження на довкілля. Особливе занепокоєння викликає порушення ґрунтів сільськогосподарського призначення, які виконують важливу функцію у продовольчій безпеці держави України. Аналіз агроекологічних наслідків війни свідчить про негативний механічний, фізичний та хімічний вплив на ґрунти сільськогосподарських угідь.

Для всіх видів боєприпасів, які застосовуються наразі на війні, характерним є утворення ударної хвилі та продуктів вибуху, які розповсюджують в середовищі забруднюючі речовини. Також відбувається деформація ґрунту в усіх напрямках ударної хвилі, а в результаті горіння, вибуху та детонації боєприпасів — утворюються різноманітні похідні продукти, більшість з яких є токсичними та небезпечними, до яких необхідно віднести, зокрема, і важкі метали. За таких умов у ґрунті відбувається первинне накопичення забруднювачів із подальшим перерозподілом як у самому ґрунті, так і переходом їх у інші середовища — поверхневі і підземні води, рослинність та живі організми.

Вказані території підлягають в першу чергу розмінуванню для безпечної роботи, що потребують певного часу, а в подальшому — у прийнятті науково-обґрунтованих рішень щодо їх реабілітації. Однак, через високу небезпеку проведення реабілітаційних заходів внаслідок замінування ґрунтів та наявності в них невикористаних боєприпасів контроль за техногенним навантаженням на ґрунти та відновлення їх родючості ускладнюється, а в окремих випадках, взагалі є неможливим. Тому виникає потреба у пошуках та розробці більш дієвих та ефективних заходів щодо контролю техногенного навантаження на ґрунти, які перебувають в умовах замінування та оптимізації відновлення їх родючості в даний період для підвищення ефективності їх реабілітації, що і було метою наших досліджень.

Поставлена мета вирішується за рахунок екотехнологічної оптимізації контролю та відновлення родючості ґрунтів сільськогосподарських угідь в період високої небезпеки проведення їх реабілітації. Суть запропонованого нами заходу полягає у використанні в якості біоіндикатора контролю за вмістом токсикантів у ґрунтах бджолиного обніжжя, виробленого бджолами з квіткового пилку буркуну білого, в якості джерела відновлення родючості ґрунту — вегетативної маси цієї рослини та здатності її до азотофіксації (для цього території сільськогосподарських угідь, які перебувають під високим ризиком небезпеки через замінування та залишків боєприпасів, потрібно використовувати протягом їх реабілітації під вирощування буркуну білого із висівом його насіння за допомогою дронів із збільшеною нормою висіву).

Застосування запропонованих нами заходів дасть можливість проводити безпечний контроль за токсикантами у ґрунтах; підвищити рівень азоту та органіки в ґрунтах; знизити інтенсивність розповсюдження бур’янів на порушених територіях; знизити хімічне навантаження на ґрунти в період їх відновлення; поліпшити кормову базу бджіл та забезпечити умови більш ефективного їх розвитку та збереження цих комах; підвищити екологічний ефект відновлення.

MONITORING OF SOILS AFFECTED BY MILITARY IMPACTS

[1]Yuriy Dmytruk* , **[2]Vasil Cherlinka***

[1]Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Ecology and General Biological, Department of Podillia State University, Kamianets-Podilskyi, Ukraine (dmytruk.yur@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3157-0503

[2]Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Researcher at Pavel Josef Šafarik University; Institute of Geography, Faculty of Science, Kosice, Slovakia (vasyl.cherlinka@upjs.sk), ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5354-4851

Keywords: soil monitoring, military impacts

The necessity to monitor the soils of the areas of military activities (Soils Affected by Military Impacts — SAMI) is explained by the need for a valid assessment of their status for: 1) soil management, in particular, determining the possibilities and ways of post-military use of soil resources; 2) planning and development of concrete (here and now) recultivation actions; 3) formation of a database to compensate for the damage caused by military activities; 4) research in the sphere of soil science. All of these actions must be within the appropriate legal framework, so the adoption of the necessary legislation and amendments to existing ones is an urgent priority. A Soil Information System is also needed, as a platform on which data on the status of the national soil resources are collected, stored, modelled, scaled and disseminated.

Soil monitoring in Ukraine lacks complete legislative and institutional support. Therefore, it does not correspond to the current challenges of soil resource management, land use planning, efficient agricultural practices, environmental protection, and innovative developments. Soil degradation caused by the war has intensified existing problems in this area.

The need to receive verified, up-to-date information on the status of Ukraine's soils indicates significant gaps in the content of the relevant database. russia's war against Ukraine has not only increased the need for active soil monitoring, but also revealed new requirements for a set of soil condition indicators. The main gaps include the lack of a verified database on soil conditions before the war, which makes it difficult to assess the degree of soil degradation because there is no baseline data for comparison. Secondly, the Maximum Acceptable Levels (MACs) of some soil indicators have not been determined, and the assessments (MACs) of specific pollutants caused by military actions have not been investigated at all. Third, methods for field surveys and soil sampling in the areas of military activities for analysis have not been developed and tested.

There is a huge flow of information in the media and social networks about the pollution, contamination, and destruction of soil as a result of military activities, as will be evident at this conference. However, the theme of restoring agricultural landscapes after military activities requires well-founded solutions. They are based on an assessment of the current status of soils, which are the basis of agricultural landscapes. To quantitatively assess the degree of soil degradation caused by different types of impacts, it is necessary to identify main indicators of degradation processes, which is possible only through integrated soil monitoring. Though capability and efficiency of remote sensing is improving, it cannot replace field and cameral surveys for soil monitoring.

Conclusions. A verified soil assessment (necessary monitoring practices and large-scale soil surveys with development of soil status map) has not been performed even for agricultural land. Valid information on soil quality (soil health) as a result of the impact of the military activities is currently not available. Preliminary fragmentary assessments and conclusions indicate soil degradation (changes), including catastrophic ones. In many areas affected by the warfare, this makes it impossible to use the disturbed soils for agriculture or other activities. This situation only underlines the need to implement a modern, sustainable soil monitoring system that takes into account the latest achievements in this area. This soil monitoring should function as an integrated and sustainable system in time and space. Due to the economic state of the Ukraine, there is a priority need to organize soil monitoring in the areas of military activities.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ACTIVE MILITARY ACTIONS ON SOIL MICROBIOCENOSIS

[1]Iryna Gumeniuk* , **[2]Alla Levishko** , **[3]Olena Demyanyuk**

[1]PhD, Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, Kyiv, Ukraine(gumenyuk.ir@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6692-0171

[2] PhD, Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4037-1730

[3] Doctor of Agricultural Sciences, professor, Correspondent member of NAAS, Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4134-9853

Keywords: war, soil, microorganisms, biodiversity

The extent of the impact of hostilities on an ecosystem and its constituent populations depends entirely on the nature of the disturbance, the sensitivity of the biological system (its resilience), and effect timing. Thus, human conflicts can have wide range of impacts on biodiversity, ecosystem structure and function.

Due to the military actions taking place throughout Ukraine, an immense amount of various toxic substances are constantly being released. First of all, it affects the soil microbiota, which leads to changes in the composition of important ecological and trophic groups of microorganisms. But by having the opportunity to assess changes in the composition of the most important ecological and trophic groups of microorganisms, we will be able to understand which priority measures we need to take for quick restoration of soil fertility. Therefore, the purpose of our work was to conduct research aimed at identifying changes in soil microbial communities after the war.

Soil samples for the study were collected in the Kharkiv region 6 months after the outbreak of active warfare actions. The number of microorganisms was counted by the standard method of tenfold dilutions and cultivation on respective nutrient media.

It was found that the number of microorganisms of the main taxonomic groups (micromycetes, non-spore bacteria, actinomycetes, cellulosolytes) significantly changed in bulk soil after active warfare actions. In the soil samples studied, the number of microorganisms decreased by two to three orders of magnitude, which is an indicator of a significant disruption of the natural balance and damage to the main components of soil ecosystems. Groups of agronomically useful microorganisms, such as phosphate-mobilizing, nitrogen-fixing, and cellulosolytic microorganisms were the most affected. They are responsible for the formation of a fertile soil layer, natural plant protection against diseases, and good yields. This is confirmed by the prevalence of pedotrophic microorganisms, which reduce the amount of soil organic matter.

The obtained data will provide the basis for establishing methods to restore soil fertility, which will require the creation of a number of recommendations for the remediation of soils contaminated by active military actions in Ukraine. Additional research will help determine the environmental impacts and thus identify opportunities to mitigate the negative consequences.

USING RESULTS OF REMOTE SENSING SERVICES AND OSINT DATA FOR IDENTIFICATION OF WAR-DAMAGED TERRITORIES

Anatolii L. Shmurak
Independent researcher, Kyiv, Ukraine (anatoliishmurak@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8655-6066

Keywords: GIS, remote sensing, war, open source, OSINT

This topic has been prepared as a result of two elements: (1) a course of lectures and (2) international scientific research.

The course of lectures "*Using publicly available information services, modern geo-information systems and the results of remote sensing of the Earth for the identification, verification and processing of documents regarding environmental violations, assessment and calculation of parameters of damages and losses*" was prepared in connection with the conditions of war and read in early April 2022 of the year to employees of the State Environmental Inspection, as a training course. The main reasons for creating such a course are new tasks and working conditions. Since the beginning of the war, Ukraine has closed many important sources, land and urban cadasters, transport and property registers, address and other directories. A separate factor was the security task of the inspection work, which requires most of the information to be obtained and checked remotely, since a large part of the country's territory required preliminary decontamination of mines, dangerous objects and explosives. A significant obstacle became frequent air alarms, interruptions with light, communication, general communication and transport collapse.

The second component of this topic is the result of author participation in an international investigation of the *impact of military operations on the climate in Ukraine since the beginning of the war* [1].

Wide list of openly accessible remote sensing and OSINT data sources are appropriate and free tools that will allows Ukrainians to identify and evaluate negative impacts of military activities.

References

1. de Klerk, L., Shmurak, A., Gassan-Zade, O., Shlapak, M., Tomliak, K., & Korthuis, A. (2022). Climate Damage Caused by Russia's war in Ukraine. Initiative on GHG accounting of war. (Англомовна версія: https://en.ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/06/clim-damage-by-russia-war-12months.pdf Україномовна версія https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/07/vplyv-ros-viyny-na-klimat-2023.pdf)

MODEL CHAIN AND INFORMATION SYSTEM FOR SIMULATION OF SECONDARY AIR POLLUTION RESULTING FROM WIND RESUSPENSION OF CONTAMINATED DUST AND WILDFIRES

[1]Ivan Kovalets* , **[2]Svitlana Maistrenko** , **[3]Oleksandr Khalchenkov** , **[4]Roman Syknevych** , **[5]Taras Dontsov-Zagreba** , **[6]Kostyantyn Khurtsilava** , **[7]Oleg Udovenko**

[1]PhD, head of department, Institute of Mathematical Machines and Systems Problems NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine (ivkov084@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5553-3299

[2]Ukrainian Center of Environmental and Water Projects, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1316-9732

[3]Institute of Mathematical Machines and Systems Problems NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0426-7768

[4]Institute of Mathematical Machines and Systems Problems NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2839-2723

[5]Ukrainian Center of Environmental and Water Projects, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8943-6278

[6]Institute of Mathematical Machines and Systems Problems NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1833-5808

[7]Ukrainian Center of Environmental and Water Projects, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5679-8291

Keywords: air pollution, secondary contamination, wind resuspension, dust, wildfire

We present chain of meteorological, wind resuspension and atmospheric transport models that could be used for assessment and forecasting of secondary air pollution resulting from wind lift of contaminated dust and wildfires. The presented model chain was previously successfully used for assessment of air pollution in the vicinity of uranium tailings of the former uranium-processing entherprise “Pridneprovsky Chemical Plant” (Kamianske, Ukraine) [1]. It was then integrated in websystem for the real-time forecasting of air pollution resulting from wind resuspension of radionuclides deposited on the territory of Ukraine following Chernobyl accident [2]. The potential of the developed methods is demonstrated by the example of simulation of secondary air pollution during simultaneous wildfires and dust storm in Chernobyl Exclusion Zone in April 2020 [3]. We consider that the developed modeling tools could be potentially used for the assessment of air pollution created by resuspended dust from the drained lands of the Kakhovka reservoir. Other similar applications, namely assessment of influence of contaminated lands on air pollution by toxic pollutants is possible.

References

1. Mokrov, Y. G., & Mokrov, K. Y. (2019). Modeling of atmospheric transfer of radionuclides in the form of water aerosols from the surface area of water bodies using the example of Lake Karachay, Russia. *Radiation and Environmental Biophysics*, *58*(3), 393-405.
2. Kovalets, I. V., Khalchenkov, O. V., Maistrenko, S. Y., Dontsov-Zagreba, T. O., Khurtsilava, K. V., Sinkevich, R. O., & Udovenko, O. I. (2021). Simulation of secondary radioactive air pollution in Ukraine due to the wind lift of radionuclides. *Mathematical machines and systems*, *1*, 96-107. doi: 10.34121/1028-9763-2021-1-96-107
3. Kovalets, I. V., Talerko, M., Synkevych, R., & Koval, S. (2022). Estimation of Cs-137 emissions during wildfires and dust storm in Chernobyl Exclusion Zone in April 2020 using ensemble iterative source inversion method. Atmospheric Environment, 288, 119305. doi: 10.1016/j.atmosenv.2022.119305

LANDMINE DETECTION IN FARMLANDS USING OPTICAL/RADAR SMALL DRONES

[1]Sergey A. Stankevich* , **[2]Sergey P. Mosov** , **[3]Ievgen Y. Saprykin**
[1]DrSci, Prof., head of department at Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, Kyiv, Ukraine (st@casre.kiev.ua), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0889-5764
[2]DrSci, Prof., professor at Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0833-3187
[3]PhD student at Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, Kyiv, Ukraine

Keywords: landmine detection, small drones, image analysis, probability fusion

Currently, Ukraine is one of the most mine-studded countries in the world. The most serious consequences are caused by large-scale minelaying of farmlands. In addition to the social and humanitarian aspect, the problem of demining has a significant economic one: huge acreage cannot be used because of landmines and unexploded ordnance. The existing methods for landmine detection do not meet the actual needs for rapid demining of wide areas, as well as the requirements of the current UN standards for humanitarian demining in such important criteria as sensitivity, selectivity and time performance. Therefore, the development of novel methods for landmine detection using the high-end equipment, such as small drones, is highly urgent.

The basis of the proposed technique for landmine detection is the automatic analysis of aerial imagery acquired by a small copter-type drone. Now the statistical algorithms and the probability fusion is used for landmine detection in co-registered multispectral and infrared images of centimeter resolution (see figure) [1].

a *b* *c* *d*

Statistical detection of landmines in drone-acquired images: *a*, *b* — multispectral, *c*, *d* — infrared

Multispectral imaging under certain conditions makes it possible to detect even buried landmines by indirect features, such as drying grass. Infrared imaging is effective at optimal day timing, when high thermal contrast between the landmine and the environment exists. Joint analysis of multispectral and infrared imagery provides a higher confidence of landmines detection than either alone [2].

However, purely optical landmine detection is not sufficient. The integration with signal sensors, such as ground penetrating radar (GPR) and magnetometer, installed on separate drones, is necessary.

The presented technique can be used not only for landmine detection, but also for other small-size explosive ordnance in farmlands.

References

1. Popov, M. O., Stankevich, S. A., Mosov, S. P., Titarenko, O. V., Topolnytskyi, M. V., & Dugin, S. S. (2021, July). Landmine detection with UAV-based optical data fusion. In *IEEE EUROCON 2021-19th International Conference on Smart Technologies* (pp. 175-178). IEEE. doi: 10.1109/EUROCON52738.2021.9535553
2. Popov, M. O., Stankevich, S. A., Mosov, S. P., Titarenko, O. V., Dugin, S. S., Golubov, S. I., & Andreiev, A. A. (2022). Method for Minefields Mapping by Imagery from Unmanned Aerial Vehicle. *Advances in Military Technology*, *17*(2), 211-229. doi: 10.3849/aimt.01722

2. Restoration strategies — conservation approaches and rewilding / Стратегії відновлення — природоохоронні підходи та ревайлдинг

АРГУМЕНТАЦІЯ ЗА ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНИХ ЗАПЛАВНИХ ЕКОСИСТЕМ НА МІСЦІ КОЛИШНЬОГО КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Олексій Василюк
ГО Українська природоохоронна група (vasyliuk@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1067-6827

Ключові слова: біорізноманіття, водопостачання, заповідна справа

Після теракту російських військ на Каховській ГЕС 6 червня 2023 року, дуже актуальним стало питання подальшої долі території, що протягом останніх 70 була затоплена водами тепер вже колишнього водосховища. Відкидаючи обговорення руйнівних наслідків і втрат (в т.ч. біорізноманіття), що стались у короткий період з моменту руйнування греблі і до повного витоку води з водосховища (близько 2 тижнів), подальші дискусії слід зосередити на далекоглядному рішенні, що включатиме мінімізацію подальшої шкоди біорізноманіттю, відповідатиме кліматичним цілям та Цілям Сталого Розвитку.

В минулому, створення каскаду ГЕС на Дніпрі стало потужним ударом по природно-історичній спадщині України і біорізноманіттю. Було затоплено і виведено з сільськогосподарського використання понад значна площа родючих земель а також колосальна природна територія найбільшого природного лісу в Степовій зоні України (Великий Луг), що займав переважну площу території, що була затоплена. На відстані 20 км від берега ґрунтові води піднімались на рівень від 2–3 м до 60–80 см, було підтоплено 6730 га садів, 6700 дворів з населенням 20600 чоловік. Обіцянки ідеологів водосховища зводились до очевидного підйому показників у всіх галузях господарства не справдились (кількаразове збільшення врожаїв, проекти вирощування на мілководді рису, розведення небачено великих обсягів осетрових і риб-хижаків, які взагалі зникли з водосховища і швидко замінились на малоцінні чужорідні види риб (а перше десятиліття існування водосховища вилов риби зменшився з 90 до 13 тис ц.). Крім того, "цвітіння" води, погіршення кисневого режиму призводили до того, що зникали або скоротили свою присутність риби, чуттєві до вмісту кисню у воді, збільшилась присутність малоцінних видів, здатних переносити браккисню і витримувати високу каламутність води. Обов'язково слід сказати і про забруднення води та донних відкладів. Хімічний склад води Каховського водосховища, як і всього каскаду водосховищ, формується акумульованою річковою водою та переноситься до Херсонської області і Чорного моря у водній товщі (до речі, в умовах відсутності водосховища, всі небезпечні речовини будуть поховані рослинністю під товщею опаду та ґрунту та не переноситимуться.

Чи виглядав би виправданим у 2023 році проект нового водосховища масштабів Каховського? Попри значний резонанс у суспільстві, викликаний руйнуванням ГЕС, слід визнати, що господарське значення Каховського водосховища (саме водосховища а не р. Дніпро) в 2023 було незначним для держави. Вилов штучно заселених видів риб, виробництво незначного обсягу електроенергії. Інші аргументи, що звучать у заявах прибічників відновлення водосховища насправді цілком можуть компенсуватись і звичайним руслом Дніпра. Так, відкачування води для питного водопостачання та зрошення все одно здійснювалось за допомогою насосів; для водного транспорту зручніше без шлюзів та високих хвиль… Що стосується кліматичного ефекту, то тези про це взагалі дуже сумнівні: хоча жителі населених пунктів на березі водосховища дійсно відчували покращення мікроклімату за рахунок додаткового вмісту вологи в повітрі, та держава в цілому через випаровування

втрачала щороку 1,3 кв км води. Внаслідок загибелі та розкладання синьо-зелених водоростей утворюється значна кількість отруйних хімічних сполук, що стає причиною задухи і загибелі величезної кількості риби, захворювань свійських тварин, які п'ють цю воду, ускладнює роботу водоканалів (забиваються фільтри) тощо. А виділення ціанобактеріями токсинів (гепатотоксинів, нейротоксинів і дерматотоксинів) можуть бути небезпечними й для людини. З їх активним розмноженням у водоймах часто пов'язують розвиток кишкових захворювань, алергічні дерматити, захворювання печінки і навіть підвищення ризику онкологічних захворювань.

В жодній країні ЄС ніхто б не фінансував і не реалізував такий проект, як будівництво нової ГЕС та заповнення водосховища розміру Каховського. Об'єм необхідних витрат, необхідний для такого проекту, виглядає абсолютно нераціонально, порівняно із тими потребами, які можна задовольнити винятково за рахунок водосховища. Більшість країн ЄС займаються спуском значно менших водосховищ через їхню екологічну недоцільність і не будують нові. Зрештою час грає проти відновлення водосховища та усього гідровузла. Питання водозабезпечення населених пунктів та частини зрошуваних сільгоспугідь уже активно вирішуються через альтернативні способи подачі води. Сільгоспвиробники змушені вдаватись до заміни певних культур на посухостійкі, тому адаптація до нових реалій відбувається незалежно і врозріз з далеко неоднозначними перспективами відновлення ГЕС.

Більша частина земель, що зазнали впливу спуску водосховища, наразі непридатна для сільськогосподарського використання через забруднення, замінування і тимчасову окупацію тож квапити відновлення зрошення на територіях, які можливо назавжди будуть визнані непридатними для оранки — не на часі.

Менше з тим, Великий Луг як природну територію можна відновити і це вже відбувається природним чином. Катастрофічна на перший погляд ситуація насправді лише в короткостроковій перспективі має очевидний негативний ефект для природи. Наші дослідження, проведенні на окремих ділянках колишнього Каховського водосховища, показали що вже за місяць після теракту на деяких ділянках оголеного дна водосховища вже почала відновлюватись рослинність, а саме проростки аборигенних видів, серед яких безумовним лідером є верба біла. До цього часу мільйони верб і тополь вже сягнули людського зросту. Це могло б бути неймовірно зручним шансом для реалізації в Україні державних планів щодо збільшення лісистості і можливості виконати ці задачі природним шляхом, без нанесення шкоди іншим екосистемам (наприклад залісенням степів). Частина ділянок буде природним чином заростати луками. Динамічний характер заплав річок створює тут саме такий комплекс видів рослин, що здатні найбільш швидко заповнити території, що звільнюються від води (намивання кіс та островів у річках із природним паводковим режимом).

Україна, як держава і Європа в цілому отримають вигоди від спуску водосховища. Наприклад, тепер водний транспорт зможе пересуватись у всі пори року, не очікуватиме в чергах перед шлюзами; будуть збудовані мости та пороми і тривалість переїзду на інший берег буде скорочена вдесятеро; можливості розвитку сонячної енергетики на звільненій від штучної водойми території дозволять перетворити донедавна депресивний регіон на логістичний центр, який більше не оминатимуть центральні магістралі, а який буде самим зручним в регіоні для транспортної логістики. Оцінюючи проблему виключно в економічному контексті, необхідно розуміти вагомий потенціал вивільнених 200 тис. га земель для отримання сільськогосподарської продукції (принаймні частини цих земель). Звісно, небачено широкий обрій відкривається після завершення війни для розвитку рекреації і туризму.

Це стане майданчиком для дослідження відновлення природних екосистем, а також реінтродукції рідкісних тварин і рослин. Цінно буде тут створити заповідну територію, щоб закрити проблему оранок та відновлення водосховища, які й без того нині знищили багато унікальних екосистем.

Відновлення природних екосистем там, де їх вже не було — сучасна основа сталого розвитку у Європі. Так, «Стратегія біорізноманіття ЄС до 2030 року» містить конкретні

зобов’язання та дії до 2030 року: щонайменше 30% суходолу та 30% морських акваторій повинні стати заповідними територіями; щонайменше 10% сільгоспугідь мають бути виведені з обробітку і відновлені до природних екосистем, щонайменше 25 000 км річок планується відновити до стану вільноплинних. Окрім того, у липні 2023 року Європарламент ухвалив закон “Про відновлення природи”, що передбачає повернення до 2030 року 20 % площі європейських держав з ландшафтів, які вже не є природними — у природні.

Прийняття поспішних рішень про відновлення водосховища, за якими не стоять ані вивчення міжнародного досвіду, ані неупереджена розробка різноманітних сценаріїв, ані стратегічна екологічна оцінка може принести лише шкоду, нові збитки і втрати. Наприклад, повторне затоплення водосховища через декілька років буде вже не відновленням колишньої технологічної водойми, а затопленням молодого лісу, найбільшого з усіх, що є у степовій зоні України, яке за своїми масштабами буде підпадати під поняття “екоцид” і матиме більший обсяг, ніж шкода довкіллю, спричинена російським терактом.

Відновлення Великого Лугу стане наймасштабнішим екологічним проектом коли-небудь реалізованим на теренах Європи. Враховуючи масштабність цього природоохоронного проекту, його цілком реально перетворити на загальноєвропейський.

WAR-WILDING: ПЕРСПЕКТИВИ ТА РИЗИКИ ПРИРОДНОГО ВІДНОВЛЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ НА ОКУПОВАНИХ І ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ

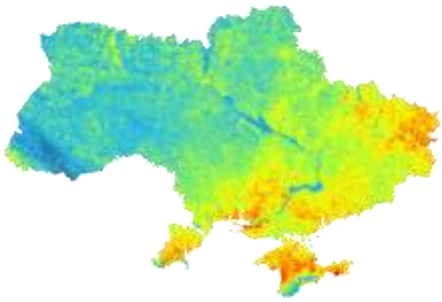
Олексій Василюк
ГО Українська природоохоронна група (vasyliuk@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1067-6827

Ключові слова: біорізноманіття, водопостачання, заповідна справа

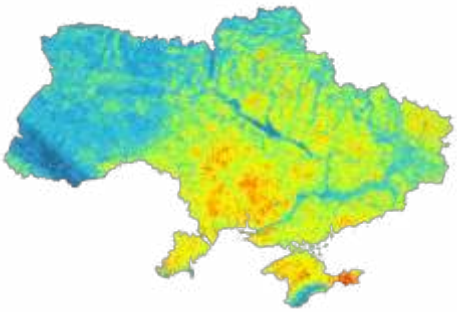
Військові дії спричиняють цілий комплекс руйнівних впливів на природні і сільськогосподарські ландшафти: вибухи боєприпасів, будівництво фортифікацій, проїзд важкої гусеничної техніки, пожежі, що виникають у місцях вибухів та вільно поширюються без жодної протидії з боку людей, хімічне забруднення ґрунтів і, нарешті, масове поширення чужорідних видів-інтродуцентів (ці види, що раніше були поширені в пригніченому стані лише вздовж доріг і лісосмуг, отримують можливість вільно зростати на всіх покинутих полях та інших покинутих і пошкоджених територіях, оскільки всюди сформована їхня насіннева база) змінюють звичний ландшафт до невпізнаваності. Водночас це короткострокові впливи, а в довгостроковій перспективі долю ландшафтів та біорізноманіття на них буде визначати в першу чергу режим використання території людиною. Тривала недоступність територій внаслідок окупації і тим більше замінування стають причиною масштабного спонтанного відновлення квазіприродних екосистем.

Навіть кількох тижнів без інтенсивного господарського навантаження достатньо, щоб територія почала заростати природною рослинністю (достатньо згадати цілорічну боротьбу з бур'янами на будь-якій присадибній ділянці).

Насправді вже зараз масштаби цих процесів вражають. Порівняння даних теплової зйомки поверхні землі MODIS за 2023 рік (у період активної вегетації) із аналогічними періодами попередніх років показує, що всі території, де відбувались бойові дії, відбуваються в цей час і де розміщені заміновані зони — перетворились на зони масштабного заростання рослинністю. Найкращі ілюстрації можемо запозичити у Євгенії Дроздової та Андрія Герасима (http://surl.li/lbwhr). Відкинувши 2022 рік, де була нетипова ситуація (розорано але не засіяно, а також багато пожеж), маємо таку картину теплової зйомки поверхні за 2021 і 2023 роки:



Денна температура поверхні землі, літо 2021 року. Дані: MODIS



Денна температура поверхні землі, червень-липень 2023 року. Дані: MODIS

Можна констатувати, що вже зараз на площах принаймні 5 млн га відбувається інтенсивне стихійне заростання рослинністю. На користь цьому процесу зіграло як відсутність пожеж, що були масовими лише 2022 року, так і практично повна відсутність господарського впливу, в тому числі переорювання, а також використання пестицидів (в т.ч. гербіцидів).

Такі процеси у короткостроковій перспективі, без сумніву, мають значну компоненту поширення на колишніх орних землях інвазійних видів рослин, які до цього часу

поширювались лише вздовж доріг та лісосмуг (хоча й мають насіннєву базу на всіх територіях). Наші дослідження річного заростання на дні колишнього Оскільського водосховища на Харківщині показали, що 63% видів рослин, якими заростають нові території, все ж є аборигенними видами. Тож з часом місцеві багаторічні види будуть поступово витісняти масиви однорічних видів-інтродуцентів, хоча й, без сумніву, значно небезпечнішими в довгостроковій перспективі є інвазійні види дерев, що також тепер будуть масово поширюватись на пошкоджених і замінованих територіях через відсутність господарської діяльності.

В будь-якому разі, події, свідками яких ми є зараз, є унікальним експериментом, що дозволяє нам вивчати спонтанні сукцесії на безпрецедентно великих площах донедавна обжитих, а тепер покинутих територій. Поряд з цим ми маємо і прецедент масового поширення інвазійних видів, масштаби якого не можна порівняти з будь-якими іншими випадками у історії.

Слід визнати, що серед покинутих територій є і залишки природних екосистем, а також заповідні території, що будуть рефугумами природної флори та донорами для її поширення на навколишні ділянки.

На цей час невідомо як довго триватиме окупація частини України та її розмінування після окупації (за попередніми оцінками Кабінету Міністрів України, озвученими 2022 року — понад 70 років). Тож важливо враховувати швидкість розмінування: так, на “останніх” замінованих ділянках вже може зростати 70-річний ліс, а міни будуть поховані глибоко в ґрунті та під корінням дерев. Тож вже зараз можна поставити під сумнів доцільність повного розмінування і запропонувати на найбільш пошкоджених територіях та навколо заповідних об'єктів виділити зони, розмінування яких не планувати взагалі. Спонтанне відновлення екосистем на цих територіях може стати потужним внеском України у виконання державних завдань з консервації деградованих земель, а також міжнародних зобов'язань в сфері боротьби з опустелюванням та боротьби зі змінами клімату, адже всі ці задачі на практиці полягають у спонтанному відновленні природної рослинності там, де вона була деградована або відсутня.

Планування цих заходів стане головним викликом і, можливо, каменем спотикання для експертів-біологів та господарників у найближчі десятиліття.

Супутниковий знімок *Sentinel*, на якому видно заростання вздовж лінії фронту.

3. Restoration strategies — reclamation approaches / Стратегії відновлення — рекультиваційні підходи

ЗАГАЛЬНОДОСТУПНІ МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ГРУНТІВ, ЕКОСИСТЕМ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Валентина Мовчан
Кандидат біологічних наук, директор Інституту біомедичних технологій Університету Україна, член правління ГС «Пермакультура в Україні» (greendragoness16@ukr.net), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6712-7976

Ключові слова: біочар, тепла грядка Розума, лісосад

Ми багато піклуємось про те, як відновити ґрунти саме після війни, хоча їх потрібно було відновлювати вже дуже давно, і багато досліджень уже було проведено. Зокрема, під керівництвом Заіменко Н.В. у Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України розроблено технологічний регламент відновлення деградованих і порушених ґрунтів, що передбачає три етапи.

- На першому етапі здійснюється оцінювання потенційної родючості ґрунтів за показниками чисельності меланінвмісних мікроміцетів, активності лакази, вмісту лабільних і стабільних форм гумусу.
- На другому етапі формується інформаційно-ресурсна матриця завдяки внесенню кремнієвмісних сумішей, які забезпечують оптимізацію агрофізичних, агрохімічних і біологічних характеристик ґрунту.
- І на останньому, третьому, етапі проводиться фіторемедіація з використанням рослин, яким властивий безбар'єрний ефект накопичення забруднювачів. Серед націнніших фітомеліорантів зазначаються: амарант (щириця), топінамбур, міскантус, представники родів Гірчиця, Живокіст, Катран.

Підкреслюється, що кремнієвмісні суміші стимулюють розвиток кореневих систем рослин, сприяють зниженню інтенсивності транспірації та активізують захисні ферментативні і неферментативні антиоксидантні системи, які зумовлюють стійкість рослин до водного стресу. Для відновлення родючості ґрунтів на синекологічних засадах запропоновано технологію утилізації відходів рослинництва шляхом внесення кремнієвмісних мінералів, інокульованих спорами мікроміцетів-деструкторів [1].

На базі цих досліджень розроблено покрокове керівництво для відновлення родючості ґрунтів за спрощеною схемою — коли на ділянці є велика кількість вирв після вибухів боєприпасів.

- **Крок 1.** Виміряти площу ділянки.
- **Крок 2.** Заготовити (закупити) достатню кількість матеріалів:
- А) **цеоліт** (бажано фракція 0–1 мм, з розрахунку 6 кг на 100 м^2;
- Б) **біочар** (з розрахунку 4 кг на 100 м^2);
- В) **винна кислота — побічний продукт виноробства** (100 г на 100 м^2);
- **Крок 3.** Приготувати 1% розчин винної кислоти (у 10 л води розчинити 100 г винної кислоти).
- **Крок 4.** За допомогою розпилювача зволожити цеоліт цим розчином і добре перемішати.
- **Крок 5.** Змішати біочар і цеоліт.
- **Крок 6.** Розрівняти ділянку.
- **Крок 7.** Засипати площу сумішшю біочару і цеоліту, з розрахунку 10 кг на 100 м^2.
- **Крок 8.** Засіяти сумішшю сидератів на зелене добриво
- **Крок 9.** Періодично підсіювати те, що буде рости найкраще.
- **Крок 10.** Продовжувати до тих пір, коли не лише сидерати, а й інші рослини досягнуть гарного розвитку — як показник придатності ґрунту для вирощування с/г продукції.

- **Крок 11.** Засівати поля основними культурами.
- **Крок 12.** Вирощувати овочеву продукцію для власного споживання на теплих грядках Розума (ТГР) або в Інтенсивному лісосаду, розташовуючи їх на ділянках із найкращим зростанням сидератів.

Для інтенсифікації процесів відновлення ґрунту варто пригадати радянський досвід траншейного та зрошуваного землеробства в Середній Азії при створенні оазисів, де знадобилась інтродукція дощових червів та іншої ґрунтобіоти, оскільки без цих компонентів ґрунт залишався мертвим. Якщо ми внесемо у ґрунт названі вище фактори родючості, але мікро- та мезофауна буде відсутня — відновлення буде повільним. А самі ці організми не здатні до швидкого поширення: дощові черв'яки за сезон навіть за сприятливих умов поширюються не більш ніж на 20 метрів. Тому доцільно шукати у цій же місцевості непошкоджені ділянки родючого ґрунту, краще не сільськогосподарського використання, а необроблювані, і внести його на ділянку (Крок 8) при засіванні сидератів.

Варто також звернути увагу на досвід В'єтнаму, де поширено використання вирв, які залишились після американських бомбардувань і заповнились водою, для риборозведення. Ми можемо використати їх для створення кратерних садів, де корисне поєднується з красивим, і які можуть стати рекреаційними зонами.

Якщо пошкоджень зазнали заболочені землі сільськогосподарського призначення, новий рельєф варто використати для створення чинампи за прикладом ацтеків, замість того, щоб осушувати ділянку. Потрібно розділити воду і землю, вирівши неглибокі канали і сформувавши із вийнятої землі острівці, береги яких укріпити вербовими кілками. Наш досвід свідчить, що наступного сезону ґрунт на острівцях стає цілком придатним для закладки ТГР і висадки городніх рослин. Два роки без догляду кущі лохини, смородини, аґрусу, малини серед різнотрав'я ростуть, вони здорові і врожайні, канали вкриті ряскою, яка може використовуватись для удобрення та мульчування, а також як корм для водоплавної птиці.

Зрештою за кілька місяців чи років завдяки прискореним природним процесам ґрунт відновиться і зможе дати екологічно безпечну повноцінну продукцію, здатну забезпечити організм усіма необхідними елементами. Після отримання урожаю постає питання його правильного зберігання — адже корисні властивості поступово втрачаються з часом. Але існує енергозберігаюча технологія сушіння рослинної продукції із виготовленням функціональних харчових порошків [2]. Режим сушіння підібраний так, що корисні властивості продукції не знижуються, а підвищуються за рахунок підвищення біодоступності. Для приготування з цих порошків страви потрібно просто додати води — можна навіть холодної — і смак повністю відповідає смаку свіжоприготовленої страви. Зберігається такий продукт кілька років без втрати властивостей при звичайній температурі та займає дуже мало місця, а собівартість при потоковому виробництві невисока, що відкриває нові можливості для виробників екологічно безпечної та повноцінної продукції.

Але ж не хлібом єдиним… Для відновлення природи поза агроугіддями також необхідно відновлювати ґрунт, оскільки він є управляючою системою біосфери. Звичайно, природна сукцесія поступово відновить усе — але це дуже довго. Ми можемо прискорити сукцесію, використавши досвід озеленення териконів Донбасу і створивши «опорні ділянки» із місцевих швидкоростучих кущів та дерев, розміщені у шаховому порядку. Висаджуючи рослини за технологією ТГР з використанням усіх факторів родючості, перерахованих вище, використовуючи вирви для створення «ямкових» ТГР, ми досягнемо швидкого створення родючого ґрунту на цих опорних ділянках і збільшення робючості довкола, що дозволить інтенсивне відновлення рослинності на прилеглих територіях. Щільна висадка рослин відповідно до технології ТГР створить умови для зростання біорізноманіття (подібно до лісів Міявакі). А поєднання опорних ділянок між собою та з природними осередками біорізноманіття (болотами, водоймами, ярugами, лісами і т.д.) за допомогою лісосмуг створить умови для його швидкого відновлення біорозмаїття територій. Відновлені екосистеми на родючих ґрунтах будуть здатні надавати повний спектр екологічних послуг і стануть основою для відновлення здоров'я людей.

Висновок: на сьогодні ми маємо усі технології для відновлення наших ґрунтів, екосистем та здоров'я людей.

Джерела

1. Заіменко, Н. В. (2023). Захист та відновлення ґрунтів у повоєнний період: Стенограма виступу на сесії Загальних зборів НАН України 27 квітня 2023 р. *Вісник НАН України*, (5), 54-56. doi: 10.15407/visn2023.05.054

2. Функціональні харчові порошки швидкого приготування — спеціальні продукти для особливих умов. (n.d.). Retrieved 2 November 2023, from http://www.nas.gov.ua:80/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=2790

ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ ХЕРСОНЩИНИ ПІД ВПЛИВОМ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Баруліна Ірина Юріївна
Асистент кафедри землеустрою, геодезії та кадастру, Херсонський державний аграрно-економічний університет (irinabarulina92@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0009-0006-3408-0063

Ключові слова: деградовані землі, агролісівництво, вало-канава, сталий розвиток

Херсонська область майже повністю перебувала в окупації з початку повномасштабної війни. На сьогоднішній день місто Херсон та частина області (30%) вже деокуповані, проте знаходяться під постійними нещадними ворожими обстрілами в наслідок чого відбувається значна деградація сільськогосподарських земель.

Нанесена екосистемі шкода внаслідок воєнних дій включає, проте не обмежується, забруднення ґрунту та води важкими металами, ущільнення та порушення структури ґрунту і, як наслідок, зменшення його водоутримуючої здатності, посилення ерозійних процесів.

Шляхи подолання цих наслідків мають бути комплексними і ґрунтуватися також на кліматичних особливостях місцевості. Розташування Херсонської області обумовлює увагу саме до методів, які будуть ефективні в посушливому кліматі, де землі піддаються сильній вітровій та водній ерозії.

Значна деградація сільськогосподарських земель внаслідок військових дій окрім великої шкоди екосистемі також посилює проблематику продовольчого забезпечення населення.

Питання збільшення чисельності населення та стрімкої урбанізації вже давно обумовили інтерес дослідників до питання продовольчого забезпечення міст. Україна, і місто Херсон зокрема, на початку повномасштабного вторгнення зіткнулися із продовольчою кризою, адже більша частина логістичних шляхів була перекрита через постійні обстріли.

Щоб зменшити логістичну залежність продовольчого забезпечення, міста повинні почати максимально самостійно забезпечувати себе продуктами харчування. Тому постає питання більш раціонального використання земель сільськогосподарського призначення на околицях міста.

Для вирішення зазначених проблем пропонується комплексний підхід відновлення сільськогосподарських земель на околицях міст, що постраждали внаслідок воєнних дій заснований на методах агролісівництва із використанням вало-канав. Такий підхід сприятиме агроекологічному переходу та розвитку малих, середніх та сімейних ферм, які в свою чергу будуть максимально наближені до споживачів.

Система агролісівництва дозволить одразу розпочати відновлення ґрунту після впливу бойових дій шляхом фіторемедіації завдяки вирощуванню однорічних енергетичні культур у міжряддях культурних плодових насаджень, які вступлять у фазу активного плодоношення приблизно на 5–6 рік. Системний моніторинг еколого-агрохімічного стану ґрунту покаже, коли наслідки хімічного забруднення мінімізуються, і фермер зможе вирощувати однорічні сільськогосподарські культури, сприяючи збільшенню біорізноманіття.

У той же час, система агролісівництва у поєднанні із системою вало-канав в умовах посушливого клімату Херсонської області дозволить створити стійку екосистему, яка потребуватиме мінімально людського втручання, відновити структуру ґрунту, оскільки опад з дерев забезпечує постійне підживлення ґрунту, а самі дерева захищають нижчі рослини від літньої спеки та забезпечують утримання вологи. Також збільшується біологічне різноманіття на ділянці. З’явиться велика кількість птахів та дрібних тварин, що неможливо в чистому полі.

Такий підхід дозволить перейти до регенеративного та вуглецевого землеробства, відновити ґрунтовий покрив, збільшити біорізноманіття на сільськогосподарських землях, посилити продовольчу безпеку міст, що відповідає цілям сталого розвитку та основним агропродовольчим стратегіям Європейського Союзу.

4. Microbial perparation in restoration projects / Мікробні препарати в проєктах відновлення

РЕГУЛЯЦІЯ МІКОБІОМУ ҐРУНТІВ ТЕРИТОРІЙ, ЯКІ ПОСТРАЖДАЛИ ВІД рф АГРЕСІЇ

[1]Вікторія Оліферчук* , **[2]Наталія Кендзьора*** , **[3]Б.Г. Цюп'як***

[1] доктор біологічних наук, доцент кафедри екології НЛТУ України, Львів, Україна (victorijaoliferchuk@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5549-5296
[2] канд. с.-г. наук, директор Ботанічного саду загальнодержавного значення НЛТУ України, Львів, Україна (nataly_kend@ukr.net), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0603-7811
[3] магістрант кафедри екології НЛТУ України, Львів, Україна (bzupyah@gmail.com)

Ключові слова: трансформація забруднень**,** регуляція мікобіому**,** ендофіт *Vitasergia svidasoma* Oliferchuk PRJNA 807518, відновлення CMN

Забруднення земель внаслідок агресії росії проти України можна поділити на три типи. При механічному забрудненні змінюється структура ґрунтового покриву. При фізичному забрудненні відбувається зміна його фізичних властивостей. Військова техніка спричиняє вібрації, а вибухи чи пожежі, крім прямих руйнувань, порушують температурний режим, що небезпечно для ґрунтового біорізноманіття. Останній різновид забруднення — це хімічне. Тут йдеться про витоки палива, продукти горіння, що осідають на ґрунт з повітря, і про токсини, що потрапляють туди через вибухові речовини у снарядах. Це проблема для здоров'я не лише землі, а й людей.

Мікроміцети ґрунту, ендофіти мікоризоутворювачі відіграють ключову роль у трансформації різного роду забруднень, тому важливо відновлювати мікобіом ґрунтів шляхом впливу на структури комплексів популяцій мікроміцетів і, таким чином, впливати на процеси саморегуляції та біологічної активності у ґрунтах.

Нами розроблені та успішно впроваджені науково-практичні технології регуляції мікобіому ґрунтів в антропогенно трансформованих екосистемах, що сприяють рекультивації деградованих ґрунтів, забезпеченню стійкості рослин до природних та техногенних стресів і підвищенню їхньої продуктивності. Нами розв'язано актуальну проблему регуляції мікобіому ґрунтів в антропогенно трансформованих екосистемах та доведено роль ендофітів V-стратегів як агентів впливу на метагеном ризосфери рослин на прикладі ендофіту *Tuber melanosporum* Vittad *Vitasergia svidasoma* Oliferchuk PRJNA 807518, розроблено концептуальну модель відновлення девастованих ґрунтів. На основі *Vitasergia svidasoma* Oliferchuk PRJNA 807518 — нового для науки виду ендофітів, розроблено препарат «Міковітал», який ми використовували для відновлення родючості ґрунтів на базі навчально-демонстраційного центру пермакультури «Родарія» у с. Торфяне Бородянського району Київської області. Там, у колових ТРГ (теплих грядках Розума), які були сформовані навколо вирв, ми висаджували рослини. Приживалися лише рослини, оброблені препаратом «Міковітал», клітини ендофіту при цьому були іммобілізовані на біочарі. Препарат має наступні характеристики:

- не накопичується в ґрунті;
- не токсичний для людини, тварин і комах;
- покращує водорегулюючу функцію рослин, економить потреби води рослиною до 50%, здатний ефективно протидіяти процесам опустелювання;
- сприяє накопиченню рослиною поживних речовини;
- збільшує ріст і покращує якість рослин;
- забезпечує фітостабілізацію та фітотрансформацію токсикантів ґрунту;
- підвищує стресостійкість і загальний імунітет рослин;

- запобігає потраплянню інфекцій у коріння та листки;
- прискорює приживлюваність рослин;
- сприяє інтродукції рослин, збільшує врожайність й накопичення зеленої маси рослин.

Ефективність застосування препарату «Міковітал» визначалася за низкою показників, основними з яких є показник середньої приживлюваності дослідних порід на антропогенно трансформованих ґрунтах, який становив у середньому 88,2±4,5% та збільшення висоти рослин, що зросла в середньому на 55,7%. Для агроценозів ефективність визначалась за показником приросту врожаю на різних сільськогосподарських культурах у середньому від 11,1% до 14,1% та показником якості врожаю, а саме збільшенням олійності у насінні сої на 1,7% та вмісту білка — на 2,9%.

Ми маємо багаторічний досвід рекультивації девастованих земель після видобування корисних копалин (сірки, бурштину), після вирубування лісів і при відновленні агроценозів. В циє проєктах застосовувались біотехнології відновлення загальної мікоризної мережі в екосистемі. Результати наших досліджень запатентовані та захищені законом України: Спосіб покращення приживлюваності рослин при заліснені девастованих земель (Патент 92182 Україна), Спосіб біологічної рекультивації девастованих земель (Патент 88686 Україна), Комплексний біологічно активний препарат для регуляції розвитку та росту рослин на основі спорової суспензії грибів-мікоризоутворювачів «Міковітал» (Патент 111174 Україна), Спосіб вирощування горіхоплідних культур із системою мікоризації садивного матеріалу (Патент 127699 Україна), Спосіб відновлення і підвищення родючості ґрунту за принципом біорегуляції у мікробо- та мікоценозах (Патент 124179 Україна), Спосіб фіторизоремедіації девастованих ґрунтів (Патент 111249 Україна), Спосіб сильватизації корінних деревостанів (Патент 111392 Україна) та Спосіб ризоремедіації девастованих земель (Патент 111393 Україна).

Ми використаємо наш багаторічний досвід для відновлення ґрунтів України та порушених ворогом фітоценозів.

ПРИСКОРЕНЕ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ, ПОСТРАЖДАЛИХ У НАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ, ЯК ВИКЛИК СЬОГОДЕННЯ НЕ ЛИШЕ ДЛЯ УКРАЇНИ

Людмила Білявська

доктор біол. наук, старший науковий співробітник, заввідділом загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України (bilyuvskal@ukr.net), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3163-2492

Ключові слова: органічні забрудники, еколого-функціональні групи мікроорганізмів, фітотоксичність

На жаль, повномасштабне російське вторгнення завдало величезної шкоди природі України. Мільйони гектарів родючих сільськогосподарських земель постраждали внаслідок воєнних дій. Вирви від вибухів, окопи, токсичні речовини і рух важкої техніки — ось далеко не повний перелік загроз, що їх російські агресори принесли одному з найцінніших українських ресурсів — землі. Збитки українських екосистемам від війни (через руйнування нафтової інфраструктури, ракетні обстріли та пожежі на промислових об'єктах, пошкодження ґрунтів, лісові пожежі) вже перевищили 1,743 трлн грн (за даними Державної екологічної інспекції України).

Чим небезпечний вибух боєприпасу? Це не лише хімічне забруднення (вибухові речовини, важкі метали, органічні токсичні сполуки тощо), а й вибухова хвиля, яка призводить до ерозії ґрунтів, а далі — й до глобальних змін клімату й опустелення, а також тепловий удар. Вибух кожного боєприпасу — це хімічна реакція. 100% хімічної частини снаряду потрапляє у довкілля: щось у повітря, щось — одразу до ґрунту, а щось вимивається водою і йде до наземних та підземних вод. Так у землі з'являються алюміній, мідь, кобальт та інші важкі метали. Не говорячи уже про значну кількість залишків заліза. Внаслідок окиснення вибухівки у повітря і ґрунт, а також і воду потрапляють, зокрема, сполуки сірки й азоту. Основними вибухонебезпечними полютантами (речовинами-забруднювачами) є 2,4,6 — тринітротолуен, гексагідро-1,3,5-тринітро-1,3,5-триазин та октагідро-1,3,5,7-тетранітро-1,3,5,7-тетразоцин, які створюють токсичні сполуки з органічною речовиною ґрунту (це сукупність живої біомаси, органічних решток рослин, тварин, мікроорганізмів, продуктів їхнього метаболізму, а також специфічних новоутворених органічних речовин — гумусу), від якої найбільше залежить його родючість.

Щоби визначити біологічний потенціал ґрунту, який відображає негативний вплив полютантів, необхідно дослідити кількісний та якісний склад ґрунтової мікробіоти, її біологічну активність і спрямованість мікробіологічних процесів. Ґрунтовий профіль формується сотнями років. У нас немає стільки часу, але просто загорнути вирви і далі користуватися землею, як і раніше, не можна — це завдасть ще більшої шкоди, призведе до перенесення токсичних речовин ланцюгами живлення тощо. Усі говорять про загрозу для відновлення природної родючості ґрунтів після військових дій, але наразі визначаються лише агрохімічні показники, а мікробну складову ніхто не визначає. Тому ми, науковці Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, звернули на це увагу.

Ми відібрали зразки ґрунту з місць ведення бойових дій у Чернігівській, Харківській, Сумській областях. Це, зокрема, ґрунт із вирв від ракет і бомб, з-під мін і спалених танків, зі згарищ і місць, звідки стріляли танки та працювали ракетні установки. Ми перевірили ґрунт на біологічну активність і визначили, що змінюється у структурі найлабільнішої ланки ґрунту. Ми з колегами проаналізували ґрунт за еколого-функціональними групами мікроорганізмів (педотрофними, амоніфікувальними, амілолітичними, діазотрофними (азотфіксувальними), фосфатмобілізувальними, оліготрофними, целюлозолітичними, мікроміцетами), які є агрономічно корисними і визначають здоров'я ґрунту та його активність.

Наші дослідження показали, що у цих зразках ґрунту замість мільярдів мікроорганізмів — лише мільйони: на додачу до пестицидів і отрутохімікатів, токсичні речовини, які потрапили до ґрунту, зокрема, внаслідок вибуху, зменшили їхню чисельність на порядки. За нашими результатами найчутливішими до цих небезпечних речовин є фосфатмобілізувальні, азотфіксувальні мікроорганізми, а також стрептоміцети, від яких залежить утворення родючого шару ґрунту. Ми також визначили чисельність мікроміцетів і целюлозолітичних мікроорганізмів та з'ясували, що після вибуху чисельність перших зростає.

Щоби збагнути, які процеси відбуваються у ґрунті, недостатньо визначити чисельність мікроорганізмів у ньому — потрібно також встановити співвідношення між ними й обчислити індекс педотрофності, індекс мінералізації-імобілізації та індекс оліготрофності тощо. Не досить зрозумілими були деякі показники, але з того, що індекс педотрофності надзвичайно високий (перевищує одиницю), випливає, що у ґрунті багато педотрофних мікроорганізмів, які засвоюють гумінові і фульвокислоти, через що ґрунт руйнується. Тому над цим необхідно працювати.

Для того щоб побачити, як забруднюючі речовини мають здатність мігрувати із ґрунту до рослин, ми проводили вивчення фітоксичності на певних культурах до та після обробки ґрунту нашими біопрепаратами, що містять консорціум мікроорганізмів-деструкторів токсичних речовин та нафтових забруднень. Зокрема, під час визначення фітотоксичності ґрунтів за допомогою тестів на проростках пшениці деякі зразки не продемонстрували змін, а в деяких довжина і маса проростків зменшилася порівняно з контрольними зразками (тобто ґрунтами, не обробленими мікробним препаратом). Це може свідчити про те, що використаний препарат прискорив розкладання токсичних речовин, але виявилося, що речовини, які потрапили у ґрунт, були менш токсичними, ніж продукти їхнього розкладання, яке може тривати певний час. Ми також побачили, що у вирвах з-під мін, навпаки, застосування препарату збільшило і довжину, і масу проростків у 1,4–1,6 раза. Оскільки вміст токсичних речовин у ґрунті залежить від виду вибуху й характеру вирви, що через нього утворилася, то різні випадки забруднення ґрунту потребують різних підходів до його біологічного очищення. Але просто загорнути вирву і вирощувани на ній сільськогосподарську продукцію не можна, бо всі ті токсичні речовини, що лишилися в ґрунті перейдуть в рослину через вбирну здатність її коріння, а потім будуть на копичуватись і у самій продукції. Навіть органічні поля, де не велися бойові дії, але н літали ракети, стали непридатними для вирощування якісної продукції. Тому що ракетне топливо є надзвичайно токсичним, а його залишки можуть осідати, наприклад, на пшеницю, і в продукції вже визначаються токсичні речовини. І зерно пшениці вже не можна використовувати для харчування. А якщо буде вирощений соняшник на пошкоджених військовими діями ґрунтах, то можете поміркувати, яку олію Ви будете споживати.

Території, які зазнали значного забруднення, однозначно необхідно відновлювати і інвестувати, а не витрачати на це кошти. Із наших попередніх досліджень можна сказати, що прискорене відновлення можливе, але розробка відповідних біотехнологій потребує часу і інвестицій проведення досліджень. Але складові необхідних мікробних біотехнологій уже розроблені і напрацьовуються в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

Для відновлення родючості постраждалих ґрунтів і введення їх в експлуатацію потрібні комплексні рішення, що, крім розмінування, передбачають також:

1) діагностику біологічної активності зразків ґрунту з місць бойових дій та визначення фітотоксичності у лабораторних умовах, визначення можливих токсичних і вибухонебезпечних речовин;

2) розроблення схеми застосування комплексних мікробних біотехнологій залежно від стану ґрунту, визначених токсичних речовин і доступності обробки у польових умовах;

3) визначення й застосування складників мікробних біотехнологій, що сприяють відновленню родючості ґрунту, регуляції чисельності патогенів і підвищують активність фіторемедіантів;

4) аналіз отриманих даних для корегування наступних рішень.

Правильне використання мікробних біотехнології не лише дасть змогу прискорити відновлення ґрунтів, пошкоджених унаслідок воєнних дій, а й сприятиме їхньому швидшому поверненню до землекористування як ресурсу для отримання органічної продукції — якісніших врожаїв, корисних для людини й довкілля.

Виводити токсичні речовини з колообігу можна тільки за рахунок метаболічної діяльності мікроорганізмів, які мінералізують, акумулюють, полімеризують ці речовини. Тому нашими завданнями є: по-перше, активізація аборигенних (місцевих) популяцій азотфіксувальних, фосфатмобілізувальних та інших мікроорганізмів у ґрунті шляхом оптимізації умов їхнього існування; по-друге, застосування мікробних препаратів для створення високого вмісту корисних мікроорганізмів у потрібному місці й у потрібний час, що дає їм змогу розпочати відновні процеси та зайняти екологічні ніші (ці ніші їм надають рослини, які, до того ж, захищають мікроорганізми від несприятливих чинників довкілля); по-третє, застосування фіторемедіантів (бобових, злакових та інших рослин) для вилучення токсичних речовин.

Я не знаю запроваджених механізмів відновлення ґрунтів на державному рівні, але в першу чергу необхідно розробити та стандартизувати методи діагностики токсичності забруднення ґрунтів, визначенняїх поточного стану, визначення збитків, розробити уніфікований проток відбору проб для аналізу, розробити мікробні біотехнології чи адаптувати існуючі для потреб відновлення пошкоджених ґрунтів. Це дасть змогу зрозуміти, за який період та з якою швидкість може бути здійснене відновлення ґрунтів і повернення їх грунти до безпечного використання. Адже наразі відомо, що більше 30% земель сільськогосподарського призначення є непридатними для використання.

ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНИХ ВІЙНОЮ ГРУНТІВ

[1]Валентина Мовчан *, [2]Володимир Розум

[1]Кандидат біологічних наук, директор Інституту біомедичних технологій Університету Україна, член правління ГС «Пермакультура в Україні» (greendragoness16@ukr.net), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6712-7976

[2] магістр конструктивної екології та пермакультури, член правління ГС «Пермакультура в Україні»

Ключові слова: тепла грядка Розума, пермакультура, гарденотерапія

Мовчан В. О., директор Інституту біомедичних технологій Університету Україна, член правління ГС «Пермакультура в Україні»

Як відомо, найактуальніші глобальні проблеми — зміни клімату, епідемії, голод — базуються на одній проблемі — руйнування ґрунтів через злочинну недбалість Людини. Особливо небезпечним є руйнування ґрунтів внаслідок бойових дій під час збройних конфліктів — адже багато вилучених із будь-якого використання земель, сплюндрованих ще в Першу світову війну, досі залишаються далекими від нормального стану. Тому, «віддавши ці землі у турботливі руки природи», ми ризикуємо на десятиліття або й на довше затягнути процес відновлення — адже у «повоєнних» ґрунтах токсиканти нема кому знешкоджувати, оскільки рослинність та ґрунтова біота загинули. Стан консервується, отруйні речовини продовжують свою руйнівну дію і з дощовими водами розповсюджуються на прилеглі території. Якщо недолюдки завдали такої шкоди Природі — ми, люди, зобов'язані допомогти їй відновитись.

Для цього уже є безліч чудових розробок та ідей, але вони здебільшого мирно спочивають на сторінках наукових видань. Ними потрібно скористатись, випробувати і вдосконалювати відповідно новим викликам. Дуже простою і водночас ефективною є технологія Теплих грядок Розума (ТГР) [1; 2], яка постійно розвивається відповідно до виникаючих потреб [3]. Зокрема, вона увійшла в перелік найперспективніших технологій органічного виробництва, рекомендованих НААН України, де підкреслюється, що «…вони успішно працюють за спекотного клімату і посухи, оскільки за високої температури процес конденсації вологи на глибині «органічної доріжки» йде інтенсивніше і рослини добре забезпечені вологою. Головною умовою збереження вологи є своєчасне мульчування», «Теплі грядки В. Розума — це не тільки спосіб підвищення ефективності органічного землеробства, а й гармонійна естетична складова ландшафту» [4: с. 36–39].

Взявши на озброєння найбільш доцільні напрацювання українських науковців та дотримуючись принципів пермакультури, дана технологія була модифікована для якнайшвидшого відновлення родючості ґрунтів, які постраждали від вибухів боєприпасів — а це і механічне руйнування, і отруєння речовинами, склад яких невідомий. Місцем дослідження було обрано Навчально-демонстраційний центр пермакультури «Родарія» Віри Родіонової (с. Торфяне Бородянського району Київської області), де фахівці ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» разом з учасниками семінару «Рекультивація землі після воєнних дій» 29 квітня 2023 р. відібрали проби ґрунту і води у вирвах для дослідження їх хімічного складу. Потім учасники семінару розпочали перший етап робіт для відновлення біорізноманіття на одній із вирв (№ 2 — діаметром 3 метри і глибиною 1 м), де жодна рослинність не з'явилась навіть через півтора року після вибуху, у осередок родючості.

Станом на 19 липня (через 50 днів після закладання досліду) можна відмітити, що добре виглядають і гарно виросли ті культури, які мали в пропагулах свій початковий запас поживних речовин: саджанці фундука, картопля, яка потрапила у компостну траншею ТГР із органічними відходами та соняшник. Насіння амаранту та конюшини зійшло із значним

запізненням (на 40–45 день після висіву), решта насіння не зійшла. Але поява сходів свідчить про те, що біота ґрунту уже почала знешкоджувати токсичні речовини. На 40–45 день після першого висіву було додатково висіяно: фенхель, амарант, кінза, лобода червона, амарант білий, кабачки, гарбуз, квасоля, конюшина — на ТГР та поза нею.

Станом на 20 жовтня 2023 р. на ТГР навколо вирви гарно виросли усі посіяні рослини (без поливу), досягнувши висоти 70 см, вони мають здоровий вигляд, тоді як за межами ТГР ці ж рослини ледве досягли 5 см висоти і виглядають сумно, із значними пошкодженнями, напівзів'ялі.

Для того, щоб усі бажаючі могли досягти аналогічних результатів, створено покрокову інструкцію.

Крок 1. Чашу вирви вкрити тонким (1–2 см) шаром суміші біочару, бентоніту (або просто глини) та цеоліту, взятих у співвідношенні 3:3:4.

Крок 2. Укласти на дно вирви дренажну основу — «подушку» товщиною до 20 см із гілок та іншої грубої органіки.

Крок 3. Укласти похилу дренажну перегородку із відходів деревини, сперши її на дренажну основу та на край вирви — для доступу повітря.

Крок 4. На відстань 1,0–1,2 м від краю вирви зняти шар ґрунту товщиною 5 -7 см разом із усією органікою, яка там є, і скидати на дренажну основу поверх дерев'яної перегородки, додаючи всі складові (ЕМ-бокаші, леонардит, мікоризатор «Міковітал», біочар, цеоліт та інші інгредієнти для підвищення родючості). Органіки має бути більше, ніж ґрунту.

Крок 5. Сформувати V-подібний рівчак для ТГР шириною близько 60 см і глибиною 25–30 см навколо вирви на відстані 50–60 см від краю. Землю скидати у вирву вперемішку з органікою і всіма іншими складовими. Органіки має бути більше, ніж ґрунту.

Крок 6. Поверх дренажу вирву заповнити майже до верху сумішшю: вийнятий ґрунт, органіка (гілки, листя, кухонні відходи, макулатура) та інші інгредієнти для підвищення родючості (див. Крок 4). Органіки має бути більше, ніж ґрунту.

Крок 7. Сформувати ТГР: V-подібний рівчак заповнити, спочатку уклавши на дно біочар (близько 300 г на метр), глину (особливо на піску) і цеоліт (близько 1 кг на метр), потім дрібні гілки, потім листя, траву, відходи з кухні, пересипаючи ЕМ-бокашами та періодично зрошуючи водою і притоптуючи. Замульчувати. Тепер це — компостна траншея.

Крок 8. Смугу завширшки 50 см зовні від компостної траншеї очистити від ґрунту, викинутого вибухом, закинувши його у вирву, так само змішуючи з органікою та іншими складовими (див. Крок 4).

Крок 9. Засіяти суцільно поверхню вирви і ТГР сумішшю сидератів (люцерна, топінамбур, амарант (щириця), представники родів Гірчиця, Катран, Живокіст), попередньо мікоризувавши насіння та обробивши його препаратом йоду для рослинництва згідно інструкції.

Крок 10. На компостну траншею ТГР по мірі просідання додавати органіку та ЕМ-бокаші, поливати при необхідності і знову мульчувати.

Крок 11. Періодично підсіювати те, що буде рости найкраще, скошувати на зелене добриво і залишати тут же.

Крок 12. Дочекатись, коли не лише сидерати, а й інші рослини почнуть гарно рости.

Крок 13. На посадкових смугах шириною 30 см по обидва боки від траншеї висаджувати тестові овочеві культури. Якщо вони гарно ростимуть — можна вважати ґрунт придатним для вирощування городини. Якщо ні — продовжувати висівати сидерати на зелене добриво.

Необхідно враховувати, що в залежності від багатьох факторів для досягнення позитивного результату можуть знадобитись місяці або й роки.

У подальших планах — на початку листопада 2023 р. — повторний відбір проб для оцінки змін у хімічному забрудненні ґрунту; засів сумішшю сидератів, попередньо обробивши насіння препаратами активного йоду та мікоризатором чорного трюфеля; періодичний контроль стану посівів у зимовий період; посадка овочевих культур навесні.

Крім того, заплановано навколо окремих вирв або їх груп закладання модульних

лісосадів, дерева і кущі яких є найбільш пристосовані до несприятливих умов та потребують лише мінімального догляду. Методи вирощування дерев і кущів на ТГР вже розроблені та випробувані в екстремальних кліматичних умовах України. Подальша мета — вирощування повноцінної функціональної продукції та розвиток гарденотерапії на базі відновлених ґрунтів.

Також необхідно розробляти навчальні програми для шкіл і ЗВО — як перейти від опустелення до відновлення методами пермакультури, де враховувати необхідність пізнання законів екології, формування високого рівня екологічної свідомості, можливості гарденотерапії, що дасть пропорційний розвиток обох півкуль головного мозку, набуття учнями soft skills — і для цього маємо всі технології.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна» запровадив у себе в рамках спеціальності 101 Екологія Освітню програму «Конструктивна екологія та пермакультура» — оскільки це фактично Екологія сталого розвитку, та запроваджує у рамках спеціальності 206 Садово-паркове господарство Освітню програму «Терапевтичне садівництво» — бо це лікування ґрунтів, екосистем і нас. Також через партнерські відносини із Національним еколого-натуралістичним центром МОН України ідеї пермакультурного землеробства розповсюджуються через позашкільну роботу по всій Україні, для чого видано методичний посібник [3] та готується до публікації друге, розширене видання для середніх та вищих навчальних закладів за авторства більш ніж двох десятків авторів-науковців і практиків. Там більш докладно буде висвітлена тема оздоровлення ґрунтів за допомогою технології ТГР, у тому числі і земель, які постраждали від наслідків воєнних дій.

Висновки

1. За допомогою модифікованої технології ТГР за один сезон удалось провести рекультивацію від повністю отруєного ґрунту, де нічого не росло, до пишної зарості овочевих культур.

2. Покрокова інструкція дозволить усім бажаючим досягти аналогічних результатів та масштабувати і розвинути технологію.

3. Необхідно розробляти і вдосконалювати навчальні програми для шкіл і ЗВО щодо відновлення ґрунтів.

Джерела

1. www.m-dachnik.com/teplyie-gryadkirozuma-vn-kak-sozdat-plodorodie-zemli-svoim.

2. https://rodovid.me/permaculture/gryadka_rozuma.html.

3. https://fbmt.uu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/10/lisosad_ukr.pdf

4. Національна академія аграрних наук України, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН: Виробництво органічної продукції рослинництва в межах сільських селищних територій. Методичні рекомендації. — Чабани, 2018. 165 с.

5. Agroforestry and shelterbelts in restoration projects / Агролісівництво та лісомеліорація в проєктах відновлення

ECOLOGICAL RESTORATION AND BIOENERGY FEEDSTOCK PRODUCTION WITH FAST-GROWING TREES SELECTED FOR PHYTOREMEDIATION AND ASSOCIATED PHYTOTECHNOLOGIES

[1]Ronald S. Zalesny Jr.* , **[2]Ryan A. Vinhal** , **[3]Elizabeth R. Rogers** , **[4]Chung-Ho Lin**

[1]USDA Forest Service, Northern Research Station, Institute for Applied Ecosystem Studies, Rhinelander, WI, USA (ronald.zalesny@usda.gov), ORCID:
[2]USDA Forest Service, Northern Research Station, Institute for Applied Ecosystem Studies, Rhinelander, WI, USA, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7114-1853
[3]USDA Forest Service, Northern Research Station, Institute for Applied Ecosystem Studies, Rhinelander, WI, USA; University of Missouri, School of Natural Resources, Center for Agroforestry, Columbia, MO, USA, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9631-9088
[4]University of Missouri, School of Natural Resources, Center for Agroforestry, Columbia, MO, USA, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7902-3912

Keywords: poplar, willow, hydraulic control potential

Fast-growing trees (FGTs) such as poplars (*Populus* spp.) and willows (*Salix* spp.) are used extensively worldwide for ecological restoration in rural and urban communities along with feedstock production for traditional uses such as bioenergy, biofuels, and bioproducts. In addition, given their high biomass, extensive root systems, and elevated hydraulic control potential that allows for selection of both water-consuming and water-conserving varieties, poplars and willows are the FGTs of choice for phytoremediation and associated phytotechnologies. When used for these environmental applications, poplars and willows provide essential ecosystem services such as clean and abundant water, healthy soils, and carbon sequestration, as well as numerous human health benefits resulting from the mitigation of inorganic and organic contaminants from ecosystems. In our conference presentation, we: 1) define the role of FGTs in phytoremediation and associated phytotechnologies, 2) provide examples of field-scale applications that are relevant to sustainable restoration of agricultural landscapes affected by military activities, and 3) discuss the implications of using FGTs to reduce impacts on human health and the environment.

РЕМЕДІАЦІЯ ВІЙСЬКОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ В УКРАЇНІ: ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ҐРУНТІВ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ КУЛЬТУРАМИ

[1]Андрій Сильчук*, [2]Павло Арданов

[1]аспірант, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, Київ, Україна (Sylczuk@gmail.com)

[2]Канд. біол наук., доцент Інституту біомедичних технологій Відкритого міжнародного університету розвитку людини "Україна"; старший науковий співробітник Центру дослідження агроландшафтів Лейбніца; заступник голови ГС "Пермакультура в Україні", ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0229-915X

Ключові слова: фіторемедіація, важкі метали, енергетичні культури

Постановка проблеми та мета роботи. До повномасштабного вторгнення майже 20% від усієї площі країни було забруднено ВМ. Опісля 24 лютого 2022 року ці показники значно зросли. З огляду на колосальний вплив забруднення металами на екологію, здоров'я людини та економіку ремедіація ґрунтів постає як критичний і невідкладний виклик. Задля повоєнного відновлення ґрунтових ресурсів України потрібно невідкладно розпочати підготовку кадрів, здатних фахово впроваджувати новітні методи ремедіації ґрунтів. Інструментом виконання цієї задачі є включення відповідних теоретичних знань до освітньої програми, а саме написання по даній темі розділу навчального підручника. До уваги брали ті методи ремедіації, які є екологічними, та, щонайменше, економічно невитратними.

Матеріали та методи. Для пошуку матеріалу використовувалась бібліографічна база ScienceDirect, основним пошуковим запитом був «(trees OR wood) AND (bioenergy OR biofuel) AND phytoremediation AND heavy metals». Пошук здійснювався до 25.05.2023.

Результати. Більшість технологічних способів очищення є дорогими та вбивають будь-яку біологічну активність ґрунту, руйнують його структуру. Часто ці методи можуть бути здійсненні лише на невеликих площах. Деякі з них досі є маловивченими. Біологічні методи є екологічнішими. Серед них фіторемедіація, попри свою тривалість, є найдешевшим методом, що стимулює відновлення росту та продуктивності рослин на забруднених ґрунтах, надає цілий ряд екологічних та суспільних послуг. Використання біоенергетичних рослин вирішує проблему фінансування ремедіації ґрунтів, оскільки в такому випадку є можливим залучення приватних коштів та створення ферм. Вирощування енергетичних культур для ремедіації та отримання біопалива чудово гармонізується із агролісівництвом. Завдяки йому процес ремедіації значно прискорюється, стає можливим охопити увесь спектр забруднюючих металів, підвищується зв'язування вуглекислого газу та надається ціла низка додаткових екологічних послуг. Агролісівництво дає можливість підвищити прибуток та знизити ризики порівняно з монопосадками, поєднуючи вирощування енергетичних деревних та трав'янистих рослин, їстівних, кормових та технічних культур, добування металів рослинами, виробництво зелених добрив. Внесення допоміжних засобів пришвидшує фіторемедіацію, дозволяє якісно її поліпшити, розширивши список забруднювачів, що поглинаються і надходять у пагони рослин, а також збільшує врожайність біомаси.

Висновки. Фіторемедіація є чи не єдиним способом очистки ґрунтів, що, на погляд автора, буде реалістичним екстенсивним методом у повоєнній Україні із критичним дефіцитом бюджету. Либонь, не у всіх випадках варто застосовувати повний перелік допоміжних засобів та агротехнічних заходів, керуючись ідеєю самоокупності процесу. Разом з тим, варто продовжувати дослідження інтенсифікації фіторемедіації, звертаючи особливу увагу на важкі метали, що менш успішно ремедіюються, а найперспективнішими інструментами у цьому, ймовірно, є сортовиведення, ГМО-мікроорганізми та агролісівництво. Фіторемедіація має потенціал забезпечити повне відновлення ґрунтів України та на десятиліття стати панівним видом економічної діяльності для великої кількості сільських громад України, а також вагомою експортною статтею держави.

6. Bioenergy crops in restoration projects / Біоенергетичні культури в проєктах відновлення

PRODUCTION OF BIODIESEL FEED STOCK FROM THE TRACE ELEMENT CONTAMINATED LANDS IN UKRAINE

Oksana Sytar

Department of Plant Biology, Kyiv National University of Taras Shevchenko, Kyiv, 01033, Volodymyrskya str. 64, Ukraine; Institute of Plant and Environmental Sciences, Slovak Agricultural University in Nitra, 94976 Nitra, Slovakia, (oksana.sytar@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4219-9292

Keywords heavy metals, polluted agrocenosis, phytomanagment, hyppeaccumulators, soyabean, sunflower, rapeseed, biofuel

The presented study focuses on the assessment of heavy metal pollution in Ukraine through an extensive analysis of Ukrainian national reports and three primary scientific resources: ISI Web of Science, Scopus, and Google Scholar. The investigation reveals that lead (Pb), chromium (Cr), and copper (Cu) are the predominant contaminants in most regions of Ukraine. Regions such as Kharkiv, Zaporizhia, Donetsk, and Chernivtsi exhibit elevated levels of Cr contamination due to the concentration of industrial activities in these areas. Additionally, numerous regions across Ukrainian territory demonstrate soil concentrations of nickel (Ni), zinc (Zn), and cobalt (Co) that fall below the maximum permissible levels.

Notably, the violent conflict that unfolded in Ukraine in 2022 has the potential to exacerbate heavy metal pollution in areas already affected by Pb, Ni, Cr, and Cu contamination. This study underscores that the ongoing military conflict could lead to an increase in heavy metal concentrations in the air, water, and soil. This trend is particularly concerning for regions in Ukraine already burdened by elevated heavy metal levels.

To address this issue, it is recommended to implement modern phytoremediation technologies in conjunction with crop rotation involving hyperaccumulating plants in heavily contaminated areas. Ukraine boasts the cultivation of sunflowers, rapeseed, and soybeans, which are among the most common crops producing non-edible vegetable oil (2G). This vegetable oil can serve a dual purpose by being utilized for biofuel production and contributing to the phytoremediation process.

Furthermore, biodiesel production from oilseed crops in Ukraine is discussed as a potential source of biofuel, contingent on the crops that thrive in the regional climate. This study presents a comparative analysis of the quality parameters of biodiesel from the United States, Brazil, European Union countries, and Ukraine, shedding light on the feasibility of biodiesel production in the Ukrainian context.

ENERGY CROPS AND TREES CULTIVATION IN THE MARGINAL LANDS

[1]Mykola Kharytonov* , **[2]Mykhailo Babenko**

[1]PhD, Professor, Leading Researcher, Dnipro State Agrarian and Economic University "Ukraine", Dnipro, Ukraine (kharytonov.m.m@dsau.dp.ua), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9886-678X

[2]PhD, Dr., Senior Researcher, Dnipro State Agrarian and Economic University, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1013-9383

Keywords: bio-feedsctock, biofuel, technosols

Some marginal lands can be considered as an essential resource for the supply of bio-feedstock material rich in carbohydrate components, suitable for heating buildings of municipal importance and for the production of bio-fiber, bio-plastics and biochar. Fast-growing crops and trees (miscanthus, switchgrass, sorghum, poplar, willow, paulownia) may be the first choice for cultivation in such areas.

However, obtaining high yields of raw materials on technosols requires improving the physical and chemical properties of the soil. The use of some municipal and agri-waste as non-traditional fertilizers creates an additional reserve in increasing the yield of energy crops on marginal lands. Sewage sludge, biocompost, ash, and biochar (as products of biomass burning of energy crops and waste from agribusiness enterprises in boilers and pyrolysis furnaces) are among them. The use of soil amendments is expedient to increase the energy yield with the biomass of fast-growing perennial herbaceous crops on low-productivity reclaimed lands. Thus, the use of mineral fertilizers on plantations with miscanthus can increase the energy output of miscanthus up to 360–370 GJ/ha, switchgrass — up to 310–320 GJ/ha. The use of sewage sludge allows you to get the best result and increase the energy output up to 370–560 GJ/ha (miscanthus) and up to 300–400 GJ/ha (switchgrass).

The prospects of creating plantations of fast-growing tree with a short growing cycle (poplar, ailanthus, elaeagnus, robinia, paulownia, etc.) on reclaimed land are obvious. At the same time, special attention should be paid to the selection of species and cultivars. The specific properties of technosols have a certain influence on the thermal characteristics of the biomass of herbaceous and woody plants. The duration of thermolysis changes, there is a shift in the decomposition intervals of hemicellulose and cellulose, and variations in the fractions of the residual mass after the combustion of raw materials. Small changes in activation energy indicators are also possible. Volatile components of biomass are mainly affected as substances most sensitive to environmental conditions. They, in turn, affect the speed of reactions and the thermal stability of wood and grassy biomass.

DUCKWEEDS: TINY AQUATIC PLANTS WITH GREAT POTENTIAL FOR WASTEWATER REMEDIATION AND BIOMASS USAGE

[1]Yuzhen Zhou , [2]Olena Kishchenko , [3]Anton Stepanenko , [4]Guimin Chen , [5]Olha Lakhneko , [6]Bogdan Morgun , [7]Nikolai Borisjuk*

[1]PhD, Professor at School of Life Sciences, Huaiyin Normal University, Huai'an, China (nborisjuk@hytc.edu.cn), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3964-4359
[2]Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine; School of Life Sciences, Huaiyin Normal University, Huai'an, China; Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK), Gatersleben, Germany, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4768-2822
[3]Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine; School of Life Sciences, Huaiyin Normal University, Huai'an, China; Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK), Gatersleben, Germany, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2326-6613
[4]School of Life Sciences, Huaiyin Normal University, Huai'an, China, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1827-7900
[5]Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine; Institute of Plant Genetics and Biotechnology, Slovak Academy of Sciences, Nitra, Slovak Republic, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6460-1724
[6]Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7041-6894
7School of Life Sciences, Huaiyin Normal University, Huai'an, China, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5250-9771

Keywords: duckweeds, biodiversity, phytoremediation, nitrogen, heavy metals

Tiny aquatic plants from the *Lemnaceae* family, commonly known as duckweeds, are often regarded as detrimental to the environment because of their ability to quickly populate and cover the surfaces of bodies of water. On other hand, duckweeds global distribution, high growth rate, tolerance to various pollutants and stresses are the major factors defining their potential in remediating water various contaminants. Duckweeds ability to rapidly remove nitrogen and phosphorous from anthropogenic wastewaters simultaneously accumulating high amounts of biomass rich in starch, proteins and minerals has recently attracted serious attention from academic community and business entities. In our studies we investigated i) duckweeds biodiversity, ii) assimilation of nitrogen, and iii) tolerance to heavy metal manganese. The biodiversity of duckweeds in Ukraine was evaluated by characterizing 40 specimens collected in different regions on the country using chloroplast DNA barcoding. The *atpH–atpF* and *psbK–psbI* spacer sequences were blasted against the NCBI database, resulting in identification of six species inhabiting Ukrainian water reservoirs: *Spirodela polyrhiza*, *Lemna gibba*, L. *minor*, L. *trisulca*, L. *turionifera* and *Wolffia arrhiza*. We demonstrated that duckweed species can rapidly remove nitrate and ammonium from different types of wastewater, showing a clear preference for ammonium in contrast to the majority of investigated plant species. Moreover, ammonium interfered with the duckweeds stress response to heavy metals, alleviating toxicity caused by high concentration of Mn. Taking advantage of the available whole genome sequence of greater duckweed, *Spirodela polyrhiza,* we analyzed the key genes participating in nitrogen assimilation, paving a way for further investigations of the broader gene networks and the regulation of plant nitrogen metabolism and stress tolerance. In summary, duckweeds present a potent natural solution for water bioremediation that can reduce anthropogenic pollution, including the nitrogen-based explosives used on battle fields, in aquatic ecosystems and prevent water eutrophication in a simple, inexpensive ecologically friendly way.

7. Mitigation approaches — re-designing cropping and irrigation system / пом'якшення наслідків — перепланування технологій вирощування та системи зрошування

RESTORATION AND DEVELOPMENT OF IRRIGATION IN THE POST-WAR PERIOD / ВІДНОВЛЕННЯ І РОЗВИТОК ЗРОШЕННЯ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД

[1]Andrii Shatkovskyi , [2]Maksym Sherbatiuk
[1]Doctor of Sciences in Agricultural Sciences, professor, Depute Director of Science of the Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS, Kyiv, Ukraine (andriy-1804@ukr.net), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4366-0397
[2]Postgraduate student, Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS, Kyiv, Ukraine

Keywords: irrigation, restoration, investments, grants

In English

The purpose of the study is to analyse the current state, determine the ways of restoration and development of irrigation in Ukraine. It was determined that as a result of the armed aggression of the russian federation, the area of actual irrigation decreased by more than 6 times, compared to the base year of 2013. Despite this, the reform of the reclamation industry is successfully underway in the country, regulatory documents are being developed, and water user associations are actively being created. Both state support in the form of grant programs and financial support from non-state institutions contribute to this process (WB-IFC, EBRD, USAID, FAO-UN, EastFruit). It is substantiated that the reconstruction and development of irrigation in Ukraine should be based exclusively on a new technical and technological basis, including through the introduction of innovative resource- and energy-efficient methods of irrigation, which, today, are impulse drip irrigation technologies and subsurface drip irrigation.

In Ukrainian

Статистичні дані щодо динаміки площ зрошуваних земель в Україні за останні 10–12 років вказують на вкрай негативні тенденції до їх скорочення. Основний фактор впливу – зазіхання росії на територіальну цілісність держави Україна, і саме окремих регіонів півдня та сходу України. Тому перше суттєве скорочення площ зрошення (з 613 до 482 тис. га) відмічено у 2014 році — після анексії Криму, частин Донецької та Луганської областей. Наступне суттєве скорочення площ зрошення відбулось протягом 2022–2023 рр. (з 525 тис. га у 2021 р., до 296 тис. у 2022 р. та 100 тис. га — у 2023 р.), унаслідок тимчасової окупації частин Херсонської та Запорізької областей. Особливо негативний вплив на галузь зрошення мало знищення греблі Каховської ГЕС 06.06.2023 р. Унаслідок цього злочину без води залишились 94 % зрошувальних систем в Херсонській, 74 % — у Запорізькій та 30 % — у Дніпропетровській областях, загалом призупинено водопостачання 31 зрошувальної системи у цих регіонах.

Крім цього, основними проблемами, які заважали аграріям цьогоріч розпочати зрошення, були відсутність електроенергії, проблеми з не розмінованими територіями, відсутність сервісного обслуговування та імпортних комплектуючих в наявності.

Поряд з такими складними процесами, пов'язаними зі збройною агресією рф, в Україні триває реформа меліоративної галузі. Так, на виконання «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» та «Плану заходів з реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року», розроблено Закон України від 17 лютого 2022 року № 2079-IX «Про організації водокористувачів та стимулювання гідротехнічної меліорації земель». Ним визначено правовий статус організації водокористувачів, унормовано процедуру

створення, діяльності та набуття ними прав на об’єкти інженерної інфраструктури міжгосподарських та внутрішньогосподарських меліоративних систем, особливості експлуатації меліоративних мереж, права та обов’язки членів організацій.

З метою удосконалення системи управління об’єктами інженерної інфраструктури меліоративних систем, які залишаються у державній власності після створення організацій водокористувачів, Мінагрополітики здійснює супровід проекту Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо вдосконалення системи управління об’єктами інженерної інфраструктури меліоративних систем державної власності», який наразі готується на друге читання.

Розвиток зрошення в сучасних умовах є можливим завдяки підтримці з боку держави в рамках грантових програм. Такими є, у першу чергу, «Гранти для садівництва, ягідництва та виноградарства», позики за державною програмою «Доступні кредити 5–7–9».

Що стосується не державних інституцій, то найбільш активну фінансову підтримку протягом 2022–2023 рр. галузі зрошення надавали: Світовий Банк (International Finance Corporation (IFC), Європейський банк реконструкції та розвитку (EBRD), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Агентство США з міжнародного розвитку (USAID), проєкт EastFruit (аналітична платформа розвитку плодоовочевого бізнесу) та ін.

Насамкінець, акцентуємо увагу на положення згаданої «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року», а саме: відбудова і розвиток зрошення в Україні повинні базуватись виключно на новій техніко-технологічній основі, у тому числі шляхом упровадження інноваційних ресурсо- та енергоефективних способів зрошування, якими, на сьогодні, є технології імпульсного краплинного зрошення, підґрунтового краплинного зрошення (subsurface drip irrigation).

СМАРТ-СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Білоус Олена Юріївна

к.е.н., науковий співробітник ДУ «ІРЕЕД НАН України» (olena.bilous@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5130-1781

Ключові слова: смарт-спеціалізація; сталий розвиток; повоєнне економічне відновлення

Економіка повоєнних територій перебуває в стагнації і не може самостійно переломити негативні тенденції, що виникли під час воєнних дій. Це пов'язано зі зниженням купівельної спроможності населення, порушенням комерційних ланцюгів, втратою виробничих активів, неадекватністю інфраструктури, відтоком кваліфікованої робочої сили, ризиками та нестабільністю, що гальмують інвестиції. Разом з тим, таким місцевостям необхідно поступово зменшувати залежність від зовнішньої допомоги на основі оптимального використання територіального капіталу (людського, природного, фізичного, інституційного, економічного та соціального) та включення в економічні мережі та потоки. В той час, як територіальний капітал, наявність ресурсів у певному місці в певний момент часу, представляє статичний вимір місцевої економіки, тобто «запас», «потоки» стосуються динамічного аспекту економічних взаємодій, що часто перетинають географічні кордони.

У короткостроковій перспективі метою локального економічного відновлення має стати відновлення життєво необхідногомінімуму виробничих і комерційних функцій на місцевих ринках. У довгостроковій перспективі воно має перетворитися на стратегії місцевого економічного розвитку.

У 2012 році в Європейському Союзі (ЄС) розпочалася ініціатива, що далі поширилася на інші країни та регіони, пов'язана з формуванням національних та регіональних стратегій досліджень та інновацій для розумної спеціалізації. Такі стратегії базуються на трьох пріоритетах: розумний розвиток на основі знань та інновацій; сталий розвиток, що забезпечує більш ефективне використання ресурсів та конкурентоспроможність; всеохоплюючий розвиток, що забезпечує зростання рівня зайнятості, соціальної та територіальної згуртованості.

У 2016 році службами Європейської Комісії створено Тематичну платформу розумної спеціалізації щодо сільськогосподарської продукції (S3P Agri-food) з метою прискорення розробки спільних інвестиційних проектів, пов'язаних із сільським господарством та продовольством. Наразі членами цієї тематичної платформи є 59 національних та субнаціональних організацій з 23 країн (19 країн ЄС та 4 країни, що не належать до ЄС). На сьогодні створено 6 тематичних партнерств: 1) Залучення споживачів (мета — залучити споживачів до інновацій у сільському господарстві); 2) Високотехнологічне фермерство (мета — впровадження сталого точного землеробства в європейських сільськогосподарських системах); 3) Інгредієнти для циркулярної економіки (мета — розробка інноваційних інгредієнтів для міжгалузевих додатків на основі циркулярності); 4) Розумні датчики 4 Agri-food (мета — зниження бар'єрів для агропродовольчих компаній у доступі та впровадженні новітніх розумних електронних систем); 5) Відстеження та великі дані (мета –сприяння впровадженню необхідних цифрових технологій і застосування даних у ланцюгах доданої вартості в агропродовольчому секторі); 6) Упаковка харчових продуктів як важливий елемент для вирішення проблем сталого споживання харчових продуктів.

Доєднання територій України до даного інструменту дозволить отримати доступ до ресурсів, навичок, знань, можливостей ЄС, зокрема доступ до експертних знань, методології, обладнання. Така міжрегіональна тематична співпраця може бути корисною як засіб скорочення витрат в результаті економії масштабу, що в підсумку сприятиме покращенню конкурентоспроможності, економічної стійкості та стійкості регіональних інноваційних екосистем.

BIOECONOMY FOR THE SUSTAINABLE RESTORATION OF AGRICULTURAL LANDSCAPES IN THE POST-WAR RECONSTRUCTION OF UKRAINE

Olena Budiakova
PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department Smart Economics, Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine (budyakova.oy@knutd.edu.ua), ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6028-2650

Keywords: biotechnology, ecology, Sustainable Development, bioeconomy

The issue of sustainable restoration of agricultural landscapes after military operations is very relevant for the Ukrainian economy and requires the development of tools and mechanisms for its implementation.

Ukraine accounts for 11% of the global wheat market, 16% of barley, 15% of corn, 16% of rapeseed, 50% of sunflower oil, 9% of sunflower seed trade and 61% of sunflower oil cake; while for Russia these figures are 20% (wheat), 16% (barley), 2% (corn), 3% (rapeseed) and 20% (oil cake). Ukraine has become an important supplier to the EU, being the main supplier of corn (9.2 megatons on average — 57% of supplies), rapeseed (2 megatons — 42% of European imports by volume), sunflower seeds (0.1 megatons — 15%) and sunflower cake (1.3 megatons — 47% of imports), and to a lesser extent wheat (1 megaton — 30% of imports); whereas russia is also, but to a lesser extent, an important supplier to the EU of wheat (0.5 megatons — 11%), but mainly of rapeseed cake (0.2 megatons — 50%), sunflower cake (0.9 megatons — 34%) and sunflower seeds (0.3 megatons — 35%).

Ukraine has a major role and potential to play in solving the global food crisis. To do this, it is necessary to restore agricultural landscapes after the war. The bioeconomy, which is a mechanism for achieving sustainable development goals, can become a tool for restoring and building a new innovative economy. The bioeconomy — an economy based on the sustainable and circular use of biological resources and processes to produce food, feed, bio-based products and services — has major untapped potential to support both climate change mitigation and adaptation.

Bioeconomy will allow to reduce emissions of greenhouse gases in the agro-food system. Around one-third of global greenhouse gas (GHG) emissions currently come from agrifood systems.

The bioeconomy offers opportunities to reduce GHG emissions along the agrifood system by replacing fossil-based resources and processes with biological ones, from microbiome innovations, biofertilizers and biopesticides, to new food sources, bio-based plastics and textiles, and biological waste management, to name just a few.

A sustainable and circular bioeconomy also presents opportunities to improve climate change adaptation and resilience, through promoting ecosystem restoration and nutrient and water retention in soils, supporting indigenous and local livelihoods based on biological products and services, and building the conditions for more sustainably managed forests and fisheries.

More than 60 countries and regions now have bioeconomy or bioscience-related strategies which, among objectives such as increasing food and energy security, supporting livelihoods and incomes, and fostering innovations, contribute to their efforts to meet their nationally determined contributions (NDCs) to cut GHG emissions and adapt to climate change.

Policymakers at local, national, regional and global level should pay urgent attention to how the bioeconomy could shape the climate path going forward — the resource efficient circular bioeconomy alone is projected to reach a value of USD 7.7 trillion in 2030 (WBCSD, 2020), and it is important that the right structures are put in place at all levels so that bioeconomy development supports climate action and the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs).

A sustainable bioeconomy should aim to achieve land degradation neutrality and restore degraded land. Realizing this potential requires investment, innovation, policy development and systemic change.

ЗМІНИ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЧОРНОЗЕМІВ ТИПОВИХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ ЗА ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Рєзнік Сергій Вадимович

PhD, асистент кафедри ґрунтознавства Державного біотехнологічного університету, Харків, Україна (serhey021@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2703-1021

Ключові слова: чорнозем типовий, біологічна активність, факторний аналіз, органічне землеробство

Факторний аналіз дозволяє звести велику кількість окремих параметрів ґрунту в кілька більших груп ознак (так звані «фактори»). Це дає можливість значно знизити витрати на відбір і аналіз проб ґрунтових зразків та надати більш якісні пояснення явищ.

Факторний аналіз є статистичним методом, що дозволяє виявити латентні фактори, що впливають на керовані параметри. Тому якість проведеного аналізу, адекватність та зрозумілість отриманих результатів сильно залежить від правильної їх інтерпретації. Цей етап аналізу вельми відповідальний, вимагає чіткого уявлення про сенс показників, залучених для аналізу і на основі яких виділено фактори.

Об'єкти та методи. Досліджувалися чорноземи типові глибокі середньогумусні середньосуглинкові пилувато-піщані на лесі Лівобережжя Лісостепу України у межах Зіньківського р-ну. Полтавської обл. Для досліджень обрано такі об'єкти: органічна система землеробства (сидерат); органічна система землеробства (компост), інтенсивна система землеробства (мін. добрива), перелогова ділянка, що не оброблялася понад 30 років. Відбір зразків (0–10, 10–20, 20–30, 30–40 см) проводився в першій декаді травня, серпня та листопада протягом 2018–2020 років. Зразки ґрунту досліджено на чисельність мезофауни (Collembola, Oribatida), чисельність екологотрофічних груп мікроорганізмів і активність каталази, інвертази, уреази, дегідрогенази, протеази і целюлази. Аналізи проведено стандартизованими методами у трьох кратній повторності. Об'єктами статистичного аналізу є 540 первинних змінних, що характеризують 180 індивідуальних зразків ґрунту.

Метою дослідження є визначення різниці між чорноземами типовими за різних систем землеробства на основі даних біологічної активності за допомогою факторного аналізу.

Результати дослідження. На основі методу головних компонент, шляхом ортогонального обертання матриці Equimax, отримано три фактори, що пояснюють 66,44 % дисперсії досліджуваних змінних (табл. 1). Адекватність вибірки (Tests Kaiser-Meyer-Olkin) становить 0,85, що свідчить про достатню адекватність показників, що аналізуються.

Слід розуміти, що процедури обертання не змінюють частки поясненої дисперсії, відбувається лише перерозподіл дисперсії, яку пояснює кожен з отриманих факторів, а також факторне навантаження кожної змінної. Таким чином, метою дослідника, що застосовує процедури обертання, є отримання більш зрозумілої для інтерпретації структури даних, що аналізуються. У нашому випадку, обертання матриці за методом Equimax дало найбільш контрастні значення факторних навантажень. Наприклад, показник чисельності актиноміцетів за різного обертання може належати до різних факторів і лише у третьому має найбільший коефіцієнт факторного навантаження.

Результатом факторного аналізу стало виділення трьох груп показників, що характеризують: 1) чисельність бактерій і мікроскопічних грибів; 2) чисельність мікроартропод та активність інвертази, протеази, целюлази, дегідрогенази, уреази; 3) чисельність актиноміцетів і активність каталази.

Отримані фактори умовно можна назвати:

Factor 1 мікробіологічний розклад рослинних решток

Factor 2 ферментативний розклад органічних речовин

Factor 3 окисно-відновні реакції

Таблиця 1. Матриця факторних навантажень після обертання

Назва	***Factor 1***	***Factor 2***	***Factor 3***
Активність каталази	-0,0495319	0,232032	**0,779786**
Активність інвертази	0,197606	**0,829073**	0,308418
Активність уреази	-0,123982	**0,713833**	0,122013
Активність дегідрогенази	0,457178	**0,625961**	0,236435
Активність протеази	0,0887796	**0,711949**	0,32102
Активність целюлази	0,346157	**0,630957**	0,275041
Чисельність мікроскопічних грибів	**0,744176**	0,272379	0,252882
Чисельність актиноміцетів	0,344876	0,234571	**0,789935**
Чисельність амілолітичних мікроорганізмів	**0,600907**	0,262003	0,568257
Чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів	**0,832065**	0,154342	0,22231
Чисельність олігонітрофільних мікроорганізмів	**0,694672**	-0,0447918	0,500284
Чисельність олігокарбофільних мікроорганізмів	**0,864686**	0,0376275	-0,106616
Чисельність гумат-розкладальних мікроорганізмів	**0,707975**	-0,0320164	0,529001
Чисельність ногохвісток	-0,0115971	**0,706543**	-0,0492296
Чисельність панцирних кліщів	0,243242	**0,429458**	0,202458
Відсоток пояснення вибірки даних 66,44%	43,34	15,93	7,16

Проведений аналіз дозволив виявити важливі закономірності прояву виділених факторів за окремими зразками і сезонами. Так, у 2018 р. найвагомішим фактором у 0–20-сантиметровій товщі був фактор 1, тобто мікробіологічний розклад рослинних решток. Зразки, відібрані з інших глибин, засвідчили про більш вагомий вплив ґрунтових ферментів (фактор 2). Істотною різницею між варіантами був прояв третього фактору, тобто окисно-відновних реакцій у осінніх зразках варіанта інтенсивної системи землеробства. Що стосується зразків ґрунту відібраних у 2019 і 2020 рр., відмічаємо посилення прояву окисно-відновних реакцій (фактор 3) в усіх ґрунтах, що піддаються обробітку.

Висновки. Чорноземи за органічного землеробства характеризуються вищими показниками біологічної активності порівняно з традиційною інтенсивною технологією, але нижчими, ніж на перелоговій ділянці. В результаті проведення факторного аналізу вдалося об’єднати 15 показників біологічної активності, обраних для дослідження біохімічних процесів, що протікають у ґрунтах, у 3 фактори. Аналіз зв’язків та інтерпретація цих факторів дозволила встановити наявність істотної різниці між чорноземами, що обробляються і ділянкою перелогу за збільшенням прояву третього фактору (окисно-відновних реакцій) у ґрунтах, що піддаються обробітку. Виявлено більш істотний вплив третього фактору у чорноземі за інтенсивної системи землеробства.

Conference resolution

ENGLISH LANGUAGE VERSION

Resolution of the international research and practice conference: "Sustainable Restoration of Agricultural Landscapes after Military Activities"
30 September – 4 October 2023, online

Editors
[1]Svitlana Sydorenko* , **[2]Pavlo Ardanov**
[1]Ph.D., Senior researcher at the Department of Reforestation and Protective Afforestation at the Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky (URIFFM) (svit23sydorenko@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1426-7614
[2]Ph.D., Docent at the Open International University of Human Development "Ukraine"; Senior researcher at the Leibniz Center for Agricultural Landscape Research (ZALF); Deputy head at the NGO "Permaculture in Ukraine", ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0229-915X

Signatories of the conference resolution

Problem definition. In Ukraine, there was an acute problem of restoring agricultural landscapes after hostilities, which requires concentration of efforts of a wide range of stakeholders. As a result of hostilities, large areas of agricultural land were damaged and polluted, resulting in lower agricultural productivity, reduced incomes of local communities and losses for the national economy. With this in mind, it is necessary to develop and implement effective strategies for sustainable restoration of agricultural landscapes. This will contribute to ensuring food security and economic growth of the country, as well as achieving environmental goals such as improving soil fertility, conservation and restoration of biodiversity and the development of sustainable agriculture.

The current state. The war in Ukraine has caused significant damage to the environment of the country, in particular to agricultural land, which over 100 thousand square kilometers of territory of being mined (UNEP, 2022; OECD, 2022).

As a result of the conflict, many agrolandscapes are subject to devastating effects, including destruction of soil structure and biota, burning of forests and forest strips, pollution of water sources and land with hazardous substances, etc. Scientists investigating soil and agriculture in Ukraine argue that as a result of hostilities, at least 10.5 million hectares of agricultural land were destroyed. This makes up 25 % of the agricultural land of Ukraine (Matveev et al., 2023; Prysedska & Shramovich, n.d.).

According to the State Environmental Inspectorate, during the war, more than 280 thousand square meters of soil are contaminated with the toxic compounds (Іщенко, 2023). More than 59 thousand hectares of forests and other plantations are burned by missiles and shells. In general, the estimated calculations of losses established by the State Environmental Inspectorate in accordance with the approved methods amount to 2 trillion 65 billion of UAH (ЕкоЗагроза, n.d.; Леонов, 2023).

The invasion of Russia in Ukraine caused an extremely negative effect on Ukrainian agriculture. Military actions and consequences of the conflict led to serious losses in the agricultural sector (Матвєєв, 2023). The cultivation of grain has significantly decreased, the land area that can be mined has increased. The blockade of the Black Sea and damage to agricultural enterprises also led to increased costs and risks to the production and export of grain. The negative consequences of the war affected both large agricultural enterprises and small producers, which have lost the opportunity to conduct their activities due to the increase in the cost of production and general losses (FAO, 2022). All these factors have caused serious challenges for Ukraine and its agricultural sector. As of February 2023, the total losses of Ukrainian agriculture are estimated at 40.2 billion US dollars, of which direct losses amount to $ 8.7 billion (Kulish, 2022; World Bank et al., 2023.

FAO estimates that 33 % of agricultural land in Ukraine have suffered significant degradation, a 13 % increase compared to the pre-war period, and the rest of the land is under threat (FAO, 2022).

The destruction of the Kakhovka hydroelectric power plant led to a significant deepening of the ecological crisis. This destruction caused the fall of the Kakhovka hydroelectric power plant water reservoir by 72 %, or 14395 cubic kilometers of water. The amount of direct losses caused by the explosion of the Kakhovka hydroelectric power plant is at least $2 billion. Agriculture suffered losses of $25 million to the environment and the environment suffered losses of $1.5 billion. 150 tons of oil flowed during the explosion of the dam (Kulish, n.d.; Приседська & Шрамович , n.d.))

The impact of the war on the objects of the environmental network was also significant. As a result of the Russian attack, 20 % of the protected areas of Ukraine with a total area of about one million hectares were affected. 2.9 million hectares of Emerald Network – areas that need protection on the pan-European level were at risk (Слово і Діло, 2022).

Programs and initiatives for the restoration of agrolandscapes.

The state of Ukraine is actively working to solve the problem of restoring agricultural landscapes affected by hostilities. However, it is a complex and long process that requires considerable effort and resources. Thus, Ukraine is actively working on several strategic initiatives to restore it's natural and agricultural environments after the war. Key strategies include the development of a post-war recovery and development plan focused on green economy and emission reduction, as well as priority recovery of more than 470000 hectares of agricultural land, including their inspection and demining. The first initiative, presented by CSIS Ukraine Economic Reconstruction Commission (Welsh & Dodd, 2022), is aimed at creating a political framework for attracting private investment in the reconstruction of the Ukrainian economy, in particular in agriculture, energy and transport. The second initiative addresses the environmental impacts of war and the development of green reconstruction (OECD, 2022) including plans to reduce emissions and reduce health and environmental risks in the short term. Also, there is an initiative AGRI – Ukraine (AGRI – Ukraine, 2023), launched by the United States through USAID to support agricultural production and exports in Ukraine and mitigate the global food security crisis caused by the war against Ukraine. The Ukrainian authorities are also developing several strategies to restore agricultural landscapes and the environment after military operations.

Other programs for the restoration of rural landscapes in Ukraine include the Comprehensive Recovery Programme of Regions and Territorial Communities, which defines the priorities of the recovery policy and includes a set of measures to restore the territories affected by armed aggression (Кабінет Міністрів України, 2022). This program is developed in the format of an electronic document and can be initiated by the head of the regional state administration or the executive body of the local council.

There is also a Program for the comprehensive restoration of communities' territories (Комітет держвлади, місцсамоврядування, регрозвитку та містобудування, 2023), which provides communities with a methodological basis, examples of documentation and an algorithm of actions to develop their own recovery programs. This program helps communities to develop an action plan for the restoration of their territories.

Addendum 1 provides a list of initiatives aimed at restoring agrolandscapes after hostilities in Ukraine. This information can help in determining the current state of recovery efforts, as well as in identifying possible directions for further research.

Below are the main recommendations of the conference participants organized by thematic conference sections. These recommendations supported by references to publications are collected for development of strategies and programs aimed at the the restoration of war-affected agrolandscapes of Ukraine by the organizations involved in these activities.

1. Assessment of harm to agrolandscapes

In order to adequately assess the losses of natural resources during the war, the evaluation methodology must be established and tested with broad involvement of scientific experts. The results

of such an assessment will allow projecting severity of damage and developing plans for rehabilitation of the environment after the end of hostilities (Alieksieienko et al., 2023; Burkynskyi et al., 2021; Cherchyk, 2022). The main tools for assessing harm to agricultural landscapes, taking into account the security factor, should be:

a. Methods of remote sensing and broad use of geographic information systems (GIS) – for determining the risk zones and identification of possible degree of damage and severity of their impact (EarthStat, n.d.; GIS University, n.d. Satellite Imaging Corp, n.d. El Jazouli et al., 2017).

b. Modeling: use of mathematical models to predict possible losses and assess their impact on agrolandscapes (IISD, n.d.; MathWorks, n.d. Skydan et al., 2023. Methods for assessing war-related damage include predictive modeling and post-war ground-based model validation techniques (KOBAN & Pfluger, 2023).

c. Economic approaches: assessment of economic losses associated with damage to agricultural landscapes, including crop loss, recovery cost and impact on agricultural enterprises (Kumar & Verma, 2022; Liselotte, 2022).

d. Ecosystem restoration monitoring as an indicator of the restoration of degraded landscapes (FAO, n.d.; Food Tank, 2023; Simelton et al., 2021).

2. Monitoring of contamination in food and feed

About 70 % of the acreage for major exported crops in conflict zones may be subjected to additional heavy metal pollution (Sytar, 2022). The accumulation of heavy metals and other toxicants in food and feed is associated with soil status, especially humus content and soil biota state. It should be noted that over the past 25 years, the average humus content in the soils of Ukraine has decreased from 3.36 % to 3.16 % (Superagronom.com, 2021), but how much this figure will change after the end of hostilities – is not known.

It is recommended to monitor the content of toxicants in crop and livestock products not only in areas that have been imposed to direct destruction due to the conduct of hostilities, but also on those on the route of missiles that can be zonally or discretely contaminated with highly toxic rocket fuel. Special attention is needed to monitor products with high potential accumulation of heavy metals (Simelton et al., 2021; Tiodar et al., 2021), horticulture and organic products. Highly polluted crop produce should be withdrawn from food market or used for bioenergy production. Produce where the content of pollutant is reaching upper limits of permissible levels can be used for animal feed production following mandatory monitoring of pollutant accumulation in livestock food products (which requires further research).

Monitoring requires establishment of mobile laboratories for heavy metal monitoring in soils (Davidson, 2013; Inobeme et al., 2023; Moor et al., 2001; Wierzbowska et al., 2018), and development of sensors and test systems for self-use by landowners. It is necessary to develop sampling techniques both for agriculture fields and food products. Cheaper alternatives for of pre-assessment of potential pollution level include modeling (Breus, 2022) and the use of plant indicators, when the high content of pollutants is monitored by visual symptoms (Saber et al., 2015), and in some cases phytoindication can be used for quantitative determination of the level of pollutants (Altaf et al., 2021; Best & Haeck, 1983; Posthumus, 1983. Saha et al., 2021)

3. Emergency measures to reduce harm

In the short term, Ukraine should focus on eliminating and reducing the greatest risks that war poses to human health and the environment. First of all, the following steps should be taken:

a. To establish safety zones and restrict access to hazardous zones in agricultural land (Dias et al., 2021).

b. To develop a plan of emergency measures to minimize the impact of military actions on agrolandscapes, in particular to prevent the spread of pollutants in the environment, pollution of watercourses and accumulation in trophic chains (OECD, 2022).

c. To conduct a rapid assessment of losses for the initiation of restoration of the most important objects of agricultural infrastructure.

d. Organize monitoring of water sources and soils to detect pollution.

e. Introduce phytoremediation to clean contaminated soils as the most affordable measure.

f. Financially support affected communities during the period when safe agricultural production can not be conducted.

4. Recovery strategies – conservation and rewilding

Taking into account Ukraine's foreign policy course to join the European Union and Ukraine's commitment to preserve and expand protected areas, wetlands and reduce arable areas, it was established:

- The total area of the nature reserve fund of Ukraine is insufficient and remains much smaller than in most of the European countries, where the average percentage of reserve is 21 %. Expansion of these territories at the state and local levels is necessary to ensure the long-term survival of ecosystems, protect endangered species and mitigate the effects of climate change.
- Preservation of wetlands can save Ukraine from catastrophic floods. The EU Strategy on Biodiversity by 2030 states that natural-oriented solutions such as the protection and restoration of wetlands, peatlands, will be crucial to mitigate the effects of climate change.
- As part of the overall efforts to protect the environment and biodiversity conservation, measures can be taken to optimize land use, including reducing the area of arable land.

Thus, during the development of strategies for the restoration of affected regions, nature conservation and rewinding solutions should compose a significant part of landscape management decisions.

Nature Conservation – the withdrawal of land from economic use and planting in these territories of perennial grasses, reforestation or re-naturalisation, i.e. gradual unmanaged return to the natural state – is one of the cheapest and most affordable ways of handling areas that have most suffered from hostilities (van Noordwijk et al., 2020; Edrisi et al., 2022). The main measures to restore biodiversity of agrolandscapes are as follows:

a. Promoting nature protection approaches to the restoration of rural landscapes, including rewilding, i.e. restoration of natural ecosystems and biodiversity (Anderson and Gough, 2021; Egoh et al., 2021). Priority areas for conservation are those adjoining the existing protected areas, organic farms (the productivity of which depends on the surrounding biodiversity) and landscapes with concentration of of large agricultural enterprises and arable areas, with severe lack of natural and semi-natural habitats for providing agroecological services and establishment of biocorridors.

b. To develop and apply approaches for establishment of ecologically balanced landscapes tailored to zonal-natural characteristics, economic, social, and ecological conditions and features of the areas where natural recovery takes place (Dong et al., 2022; Egoh et al., 2021; Yermolenko et al., 2021).

c. Promoting the spread of the novel technologies of agricultural production, accounting for environmental considerations and are focused on achieving ecological balance (no/lowtill, contour-meliorative land use, organic production, etc.) (Vincent-Caboud et al., 2019);

d. Planting or nudersowing plants which support wildlife food chain (Frontiers, 2023) and can be used for phytoremediation;

e. Surcharges from the local budget to producers implementing organic production systems, increase the rate of pasturelands and perennial wood plantations on their farm (Cosgrove et al., 1985; PLOS Collections, 2021; Rewilding Europe, 2022; Attra, n.d.);

f. Strengthening international cooperation – cooperation with international experts in determining criteria for defining future use strategy for territories between their reclamation or conservation (European Commission, 2023; Transparency International Ukraine, 2022). Activate participation in international consortia and collaborative project activities aimed at addressing the specified tasks within grant programs (e.g., Horizon Europe);

g. Restoration (with a focus on self-recovery) of natural ecosystems in border and former front-line areas, since agro-landscapes of these areas are likely to be seriously damaged and heavily mined, therefore their reclamation can be difficult and costly (EUROPARC Federation, n.d.; Lurgi et al., 2016). At the same time, the land removed from cultivation, in particular the steppe zone, may be subjected to a significant spread of invasive species, so preventing the spread of the latter requires development of coordinated strategies by ecologists and agriculture scientists;

h. Development of strategies for restoring agrolandscapes at the state and community levels to create and restore ecologically balanced landscapes;

i. Continued modernisation of environmental institutions at the national and regional levels to increase their capacity administrative capacity to implement measures for sustainable landscape restoration.

5. Recovery strategies – reclamation approaches

In the de-occupied territories, the agro-landscapes after demining require further measures to minimize environmental risks. An algorithm should be developed, including comprehensive aroecological monitoring of the state of agrocenoses, identification of potential sources of pollution, evaluating degree of physical, chemical, and biological degradation of soils, establishment of ecotoxicological assessment of local pollution sources, and if necessary — condinting all stages of soil reclamation in agrocenoses for resuming their agriculture management.

Reclamation **-** carrying out a set of organizational, technical and biotechnological measures aimed at restoring the soil cover and improving condition and productivity of affected lands with possible restoration of aboriginal species diversity for improving biodiversity (Buczyńska, 2020; Kaur et al., 2021).

On-site phytoremediation is a cost-effective, environmentally friendly, solar-based promising approach with broad broad public recognition (Shikha, 2021). It is recommended to use contemporary technologies of phytoremediation using crop rotation with heavy metal hyperaccumulators in war-affected territories (Sytar, 2022). It is proposed to use multifunctional bioremediation plants, which, for example, can serve as a fodder base for wild animals or used for bioenergy production. Phytoremediation may include additional measures to improve its effectiveness (e.g., the use of microbial preparations, application of nutrients and organic matter etc.). Reclamation may also include groundworks (e.g., the cultivation and establishment of earth structures for water retention, establishment of perennial wood plantations for improving environmental conditions for growing crops on recultivated lands) (Gerwing et al., 2022).

6. Microbial preparations in reclamation projects

Human economic endeavors are progressively emerging as a catalyst for heightened intervention in the inherent processes governing soil formation, consequently inducing substantial alterations in the operational dynamics of soil biota (Rieznik et al., 2021, 2023). The aftermath of prolonged, rigorous soil utilization within biocenoses manifests as a noteworthy depletion in the diversity of soil biocenosis, accompanied by a reduction in the abundance and, in some instances, the extirpation of specific taxa of beneficial organisms (Bulyhin & Tonkha, 2018).

The soil microbiota plays a pivotal role in sustaining vegetative plant growth. Beneficial microorganisms, through the decomposition of root residues, post-harvest remnants, manure, cover crops, and more, enhance soil content of humus, mobile compounds of nitrogen, phosphorus, potassium, and other essential elements. Their activity leads to the formation of biologically derived substances acting as biocatalysts — enzymes, vitamins, free amino acids, and plant growth regulators. These compounds stimulate growth processes and fortify resistance against phytopathogenic microorganisms. The impact of warfare negatively affects both the agrochemical properties of soils and their microbiota. Therefore, strategic restoration through increasing the abundance of saprotrophic microflora beneficial to agricultural crops becomes crucial. An effective solution in this direction involves the application of destructors containing fungi of the Trichoderma genus, bacteria of the Bacillus, Azotobacter, Enterobacter, and Enterococcus genera. Their use significantly reduces

the presence of pathogenic fungi and enhances saprotrophic species (БТУ-Центр, 2017). Experimental findings affirm the efficacy of microbial preparations such as Rodex, produced by BTU-CENTER, in increasing the speed and percentage of hydrocarbon residue degradation during soil remediation processes. Consequently, the application of Rodex biopreparation for bioremediation of oil and diesel-contaminated soil emerges as an environmentally friendly and effective method (Болоховський et al., 2022). It is widely known that microbial preparations can be used to accelerate the recovery of degraded land, to improve the growth of phytoremediator, as well as for the restoration of resident microbial biodiversity (Dai et al., 2023; GU et al., 2023; Maestre et al., 2017; Saha et al., 2021).

The application of microbial preparations for soil restoration, increasing crop productivity (Borzykh et al., 2022; Shahid et al., 2023), and as an alternative to chemical pesticides (Saeed et al., 2021) contribute to the preservation and improvement of soil quality and fertility (Volkohon, 2012). Effective inoculants and beneficial microorganisms used for supporting plant growing and reducing the use of chemical pesticides (Elnahal et al., 2022) can improve condition of war-damaged soil (previously degraded by intensive agricultural production) and its microbiological activity (Behera et al., 2021). Microbial inoculants and bioprotectors, as well as the use of more efficient microbial strains can improve crop productivity (Ben MriD et al. 2021; Zakharchenko et al., 2023) and communities of microorganisms to restore degraded soils (Nwankwegu et al., 2022) jointly contribute to sustainable and environmentally friendly plant cultivation.

7. Agroforestry and Forestry in Recovery Projects

To improve the ecological state of agrolandscapes after hostilities in Ukraine, increase their productivity and sustainability, it is necessary to increase the shelterbelt coverage to the minimum required level of ecologically adapted land use, including:

a. Wider use of less-common agorforestry practices in Ukraine as an integrated approach to reduce greenhouse gas emissions, increase water retention, soil structuring and reduce erosion, and for phytoremediation, in particular from heavy metals (Nair et al., 2022; Rani J. & Paul B., 2023; Ranjan, 2021; Zhang et al., 2023). Developing guidelines on mixed cropping including selection of cash, technical, medicinal crops or honey plants for areas with different illumination (shade tolerance) (Dubey & Dubey, 2022; Sydorenko, 2020;
b. Develop solutions for safe demining, restoration (in particular using robotics) and assessing the status of shelterbelts (Jaradat et al., 2018; Muscat, 2005; Pearson et al., 2022;
c. The use of introduced drought-tolerant trees (after investigating their invasive potential in the harsh steppe conditions and considering the impact of climate change (Pantera et al., 2021; Raj, 2017;
d. Initiate interagency cooperation and coordination during inventory, monitoring and protection of protective plantations (Congjuan et al., 2022), involving local communities.

8. Bioenergy Crops in Restoration Projects

Remediation using energy crops allows the farmer to retain profitability during the soil detoxication and restoring their fertility, help communities to develop their energy autonomy, and provides nature with additional habitats when cultivating perennial crops with a long rotation cycle. Successful implementation of bioenergy projects requires local infrastructure, advocacy and advisory support.

A permaculture solution (resistant and multifunctional) for any agricultural (including bioenergy) project lies in establishing dense plantations with diverse genome rather than choosing the single most productive variety (Ferguson & Lovell, 2014; Q. Li & Yan, 2020). Therefore, the most appropriate solution in designing bioenergy crop plantations lies in combining grassy and woody crops on the site using agroforestry technology. The practice of mixed cropping has a special advantage over other methods on soils contaminated with heavy metals (Barbosa et al., 2018; CORDIS, n.d. For example, joint cultivation of sunflowers (*Helianthus annuus*), soybeans (*Glycine max*) or willow (*Salix* spp.) and poplar (*Populus* spp.) significantly increases the rate of migration of

heavy metals in the soil and the efficiency of phytoremediation (Jha, 2017; Amabogha, 2023). However, a specific combination of crops that can be grown together for phytoremediation will depend on specific soil conditions, types of available pollutants and specific characteristics of crops. To ensure maximum efficiency of phytoremediation, effective spatial distribution of plants is also important (Wu, Peng, Sheng et al. 2021). There are different ways to combine species on the site, when plants grow over the same time interval or alternately (Gomes, 2012)

9. Mitigation – redesign of cultivation technologies and irrigation systems

Post-war recovery means agriculture management in conditions of limited resources (in particular, water). This causes the need to change the growing technologies to more resource-efficient, change the set of cultivated crops (for example, with preference to more drought-resistant for unirrigated or more profitable for irrigated fields) and farm management (e.g. earning a portion of profit from solar or wind farming and compensation from state or grant programs for increasing biodiversity support areas). Priority measures are:

a. Transition to resource-efficient digital agriculture (including the use of sensors, satellite images, drones and artificial intelligence) to mitigate its impact on climate and environment (Liu, 2023);
b. Introduction of precision farming: real-time weather forecasting will help land users make daily decisions about when and how much to irrigate, fertilize and how to optimally apply pesticides to their crops (Bendre et al., 2015; Fathi et al., 2022; Raimundo et al., 2021);
c. Optimisation of water supply, in particular identification of potential local irrigation sources (career lakes, ponds) (Paria, 2021; Vallejo-Gómez, 2023); creation of small ponds and contour tillage to retain snow and rainwater (Shepard, 2020), applying philosophy of joint irrigation management with active participation of citizens in decision-making;
d. Supporting transition to organic and ecological agricultural production, in particular through preferential recovery support for organic producers (or those who plan to convert to organic production);
e. Development of sustainable and decentralized agri-food systems to ensure food and environmental security of Ukraine;
f. Financing green investment plans with appropriate and long-term support (McKinsey Sustainability, n.d.; The World Bank, n.d.

Thus, Ukraine has a number of challenges for sustainable restoration of agricultural landscapes affected as a result of Russia's military invasion. However, solving these problems is a complex and long process that requires considerable effort, resources and developing consensus solutions with a wide range of stakeholders and beneficiaries – agrarians, representatives of local authorities, scientists, environmentalists, international and local NGOs.

In the long term, "green" postwar should be a priority for the fundamental transformation of Ukraine towards a green economy (OECD, 2022; Welsh & Dodd, 2022). The priority direction of Ukraine's foreign policy should lie in harmonization of national legislation with the European directives (Yakymchuk et al., 2023) and its implementation in the regions affected by the war. Rational scientifically sound risk assessment, combined with new economically feasible recovery methods, should be an incentive for the wider application of environmental solutions (Fernandez-Lopez C. et al., 2022).

Survey of conference participants and governors of amalgamated territorial communities regarding agrolandscape restoration strategies

The conference organizers conducted a survey with 35 conference participants (**Fig. 1**) and 13 representatives of the governing bodies of the amalgamated territorial communities (**Fig. 2**) for initial determination of public approval of proposed agrolandscape restoration strategies.

Scientists (agriculture and ecology), as well as residents of Odessa, Kherson and Kyiv oblasts predominated among the survey participants (although other oblasts and occupations were also represented, **Fig. 1D**). The plots of a quarter of the respondents were affected by hostilities

(eruptions from shell explosions, fragments of ammunition and military equipment, mining, usage as a military training ground).

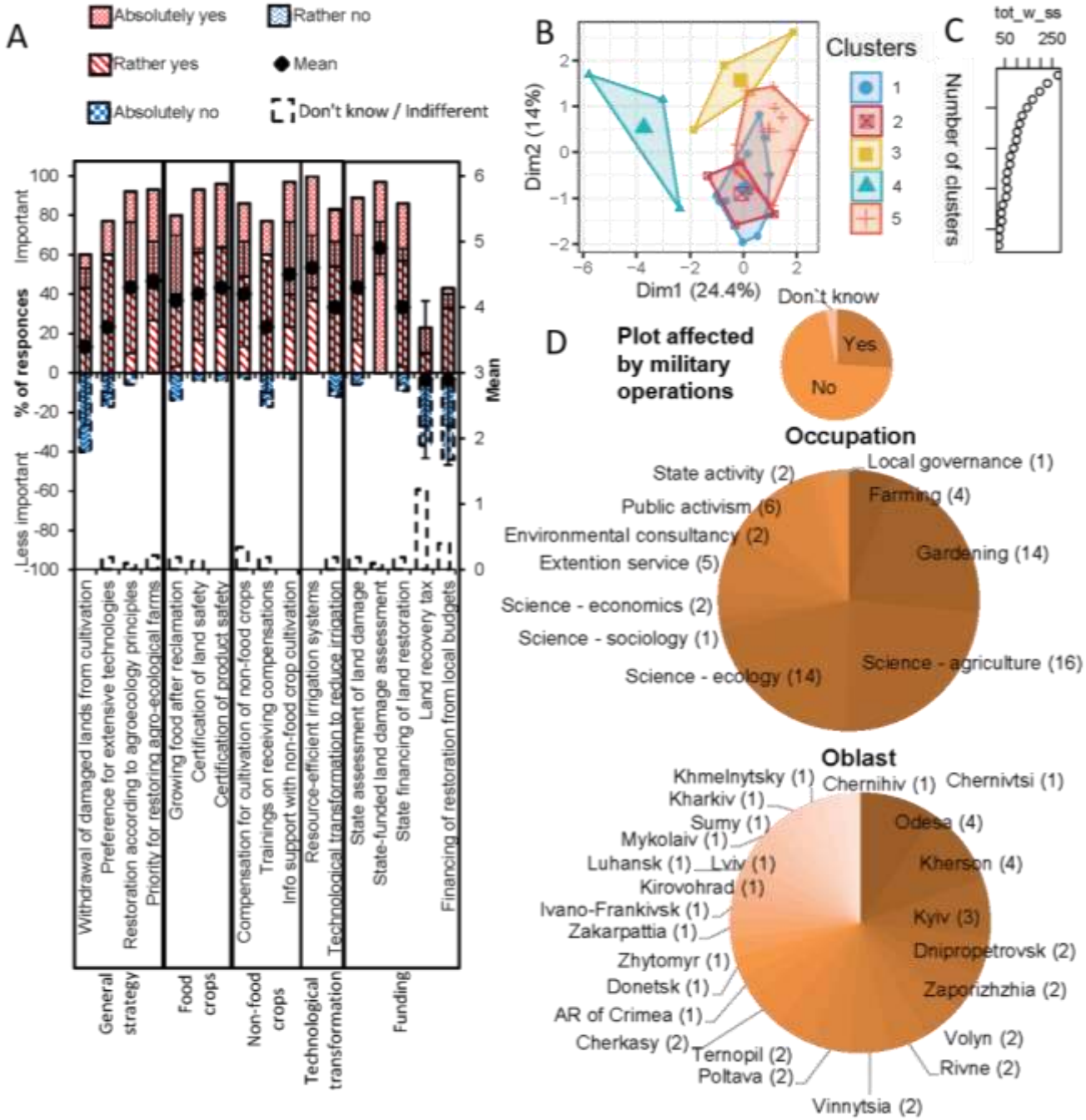


Fig. 1. A. Evaluation of postmilitary agrolandscape restoration strategies by the participants of the AgRes2023 conference (n=35). The columns represent the evaluation of the strategies in % (plotted on the left ordinate). Scatter plot and error bars indicating means (based on the scale below) and standard deviations, respectively are plotted on the right ordinate. Answers defining the strategy as absolutely important (5) and rather important (4) are located below the upper abscissa, and those defining strategies as rather unnecessary (2) and absolutely unnecessary (1) are located below the upper abscissa. The answers "I don't know / Indifferent" (3) are plotted above the lower abscissa. **B.**The optimal number of clusters determined using the within-cluster plot of the sum of squares (tot_w_ss). **C.** Clustering of respondents' answers using the k-means method. **D.** The structure of survey respondents. Numbers in parentheses indicate the number of participants in each category; participants could indicate several places of residence and occupations.

After the conference, preferences of participants on general **strategy** for managing the most damaged land (removal from agricultural circulation and restoration of natural ecosystems or reclamation and return to cultivation) remain polar (**Fig. 1A**).

Proponents of rewilding believe that it is necessary to reduce imbalance between agrosystems and natural/semi-natural systems in agrolandscape and to prioritize reclamation of less contaminated and mined lands. In order to do this, it is necessary to develop criteria for assessing degree of damage and danger. Meanwhile, supporters reclamation of heavily polluted lands and returning them to agricultural circulation emphasize the importance of reclamation to prevent migration of pollutants in the environment and potential of using existing technologies for rapid reclamation (considering availability of funding).

The participants had more consensus regarding the importance of extensive land restoration technologies (phytoremediation using energy and other technical crops), noting the importance of accounting for the local economic, ecological and social needs, developing tailored solutions and controlling pollutant content in technical crops in certain situations.

Participants understand that a systematic approach and a complex rehabilitation of agro-landscapes are important (provided that resources are available and the focus is placed on the most climate-vulnerable areas of the South and East of Ukraine), applying the principles and strategies of agroecology, restoring forest strips (from 10% of the total land area), carrying out measures to combat erosion and practice crop rotation, cultivating cover crops (at least 1 season — from 90 days of continuous vegetation — for 3 years) and other approaches for soil building and increasing its water-holding capacity.

Emphasis is placed on the importance of using biological preparations that contribute to development of soil biota and on establishment of perennial plantations (pastures, hayfields, orchards) on slopes in order to stabilize them. According to the majority of participants, the agro-ecological transformation of the country may be supported by prioritizing restoration of agro-ecological farms affected by the war and those transitioning towards agroecological production. At the same time, concerns are expressed about selectivity of land restoration under this scenario and about the limited financial capacity of the state (it is proposed to involve international funding aimed at de-carbonization, conservation and natural restoration, reparations, etc.). It is proposed to develop transformational programs with initial state finding and subsequent co-financing by land users for implementation of agro-ecological measures, or purchasing the damaged lands by state and/or communal funds for carrying out agro-ecological restoration measures. Long duration of the land restoration process was also emphasized making them unprofitable or low profitable for landowners and thus requiring state support.

Conference participants are concerned about the **danger of food production on contaminated land**, therefore, the majority support the suspension of food production until completion of remediation measures and/or analysis of the content of toxicants in food products, where the safety of land and its produce must be documented. At the same time, the lack of existing long-term controlling mechanisms and controlling bodies is emphasized, as well as the importance of preventing abuses, the priority and financial feasibility of such measures for organic farming, in particular those exporting their produce abroad.

Acknowledging the priority for **cultivating non-food crops on the most polluted lands** (provided they are fully demined), the vast majority of participants agree with the right of landowners to receive state compensation from Ukraine's carbon subsidies during the period of reduced profitability. At the same time, it is noted that there is no agreed methodology for monitoring the actual carbon sequestration in soil, and the absence of clear indicators, a legal framework, and mechanisms for communicating this strategy to landowners (at both production and administrative levels). A combination of carbon subsidies and concessional crediting is proposed to cover farmers' seasonal costs.

Conference participants support **restoration and re-design of irrigation systems with increased resource efficiency** using precision farming technologies and alternative energy sources. At the same time, the importance of drainage systems for preventing the ingress of toxicants to the

ground and surface waters is also emphasized. Participants also support changing the set of cultivated crops, improved crop rotation with perennial grasses, and limiting irrigated areas to 4–20 ha, depending on capacity of the local water resources. They also propose to improve the microclimate through optimization of a shelterbelt network on territories with destroyed irrigation systems, which should be encouraged by state subsidies as part of a long-term public strategy for adaptation to climate change. The need to solve the systemic problem of non-compliance with existing Water Code is also noted.

As for the **funding for damage assessment procedures and restoration measures**, participants generally agree on the importance of state funding and the role of state coordination of these processes. However, they are concerned about corruption risks. It is important to monitor the process at all stages, including assessment of the effectiveness of land remediation involving international expertise and resources. Most of participants do not support funding of these procedures from tax funds and local budgets. The possibility of using differentiated tax incentives to encourage priority land restoration strategies is noted. For example, from complete lax exemption for lands subjected to rewilding and temporary tax exemption for a period of land conservation for their natural decontamination and fertility restoration to tax benefits for those implementing agro-ecological measures.

Although the responses of the conference participants do not clearly group (**Fig. 1B**), **5 clusters** can be loosely formed (**Fig. 1C**):

1, 3 - Supporters of conserving heavily polluted lands and controlling the safety of their produce.

2 - Supporters of agro-ecological restoration, whose land plots were not affected by military operations.

4 - Scientists and consultants working in agriculture and mainly opposing withdrawal of heavily polluted land from cultivations and opposing establishment of free state damage assessment service.

5 - Mainly scientists of various specialties who oppose the removal of highly polluted lands from cultivation, but support quality control of their produce as well as agro-ecological restoration and sustainable transformation of agriculture.

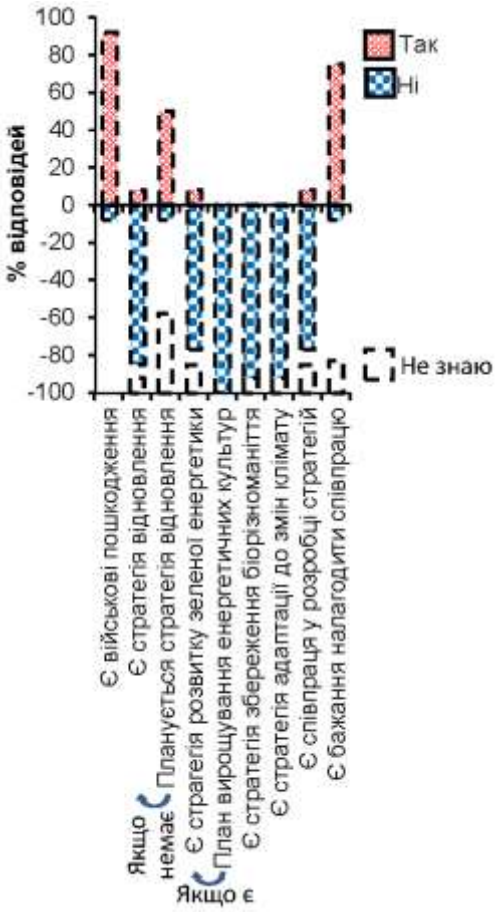


Fig. 2. Assessment of the readiness of amalgamated territorial communities to implement sustainable strategies of agrolandscape restoration after military activities. The columns represent the evaluation of the strategies in % (displayed on the left ordinate). Answers about availability of strategies are plotted above the upper abscissa and answers about their absence — under the upper abscissa axis. The answers "I don't know" are displayed above the lower abscissa.

Among 13 of **amalgamated territorial communities** that participated in the survey (**Fig. 2**; 1 from each Dnipropetrovsk, Kherson and Kyiv regions and 10 from Kharkiv region), the lands of 11 OTG were damaged as a result of military operations (mining and littering with explosive objects and chemical compounds of military origin, remnants of rocket fuel) . Only one of surveyed communities had a strategic plan for restoring damaged agricultural landscapes, but more than a third of them (5) plan to develop such a plan. Unfortunately, most communities do not have strategies for restoring and preserving biodiversity, adapting to climate change, developing green energy and cultivating energy crops. Such

a lack of the request and of the content defined by communities makes it difficult to implement sustainable strategies for agrolandscape restoration proposed by the conference participants. Only 3 communities currently cooperate with scientific, public and international organizations in developing above-mentioned strategies, yet most of communities (9) wish to establish such cooperation.

In order to obtain a more representative picture, it is recommended to conduct surveys and strategic discussions involving a wider range of beneficiaries and stakeholders. For the development of solutions and strategies, international cooperation, long-term projects, innovative solutions (for example, transfer of land to special funds for restoration), pilot projects (to assess technological, economic, social and ecological components of restoration at the level of agro-landscapes), and community training are important.

References

Alieksieienko, I., Koltun, V., Grynchuk, N., Vakulenko, V., & Kohut, O. (2023). Sustainable Development of Territories during the Period of Post-War Environmental Restoration. WSEAS Transactions on Environment and Development, 19, 350–360. Scopus. https://doi.org/10.37394/232015.2023.19.31

Altaf, R., Altaf, S., Hussain, M., Shah, R. U., Ullah, R., Ullah, M. I., Rauf, A., Ansari, M. J., Alharbi, S. A., Alfarraj, S., & Datta, R. (2021). Heavy metal accumulation by roadside vegetation and implications for pollution control. PLOS ONE, 16(5), e0249147. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249147

Amabogha, O. N., Garelick, H., Jones, H., & Purchase, D. (2023). Combining phytoremediation with bioenergy production: developing a multi-criteria decision matrix for plant species selection. Environmental Science and Pollution Research, 30(14), 40698-40711. https://doi.org/10.1007/s11356-022-24944-z

ATTRA. (n.d.). Understanding Organic Pricing and Costs of Production. Retrieved October 31, 2023, from https://attra.ncat.org/publication/understanding-organic-pricing-and-costs-of-production/

Barbosa, B., Costa, J., & Fernando, A. L. (2018). Production of Energy Crops in Heavy Metals Contaminated Land: Opportunities and Risks. In R. Li & A. Monti (Eds.), Land Allocation for Biomass Crops: Challenges and Opportunities with Changing Land Use (pp. 83–102). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74536-7_5

Behera, B., Venkata Supraja, K., & Paramasivan, B. (2021). Integrated microalgal biorefinery for the production and application of biostimulants in circular bioeconomy. Bioresource Technology, 339, 125588. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125588

Bendre, M. R., Thool, R. C., & Thool, V. R. (2015). Big data in precision agriculture: Weather forecasting for future farming. 2015 1st International Conference on Next Generation Computing Technologies (NGCT), 744–750. https://doi.org/10.1109/NGCT.2015.7375220

Ben Mrid, R., Benmrid, B., Hafsa, J., Boukcim, H., Sobeh, M., & Yasri, A. (2021). Secondary metabolites as biostimulant and bioprotectant agents: A review. Science of the Total Environment, 777, 146204. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146204

Best, E. P. H., & Haeck, J. (Eds.). (1983). Ecological Indicators for the Assessment of the Quality of Air, Water, Soil, and Ecosystems. Ecological Indicators for the Assessment of the Quality of Air, Water, Soil, and Ecosystems: Papers Presented at a Symposium Held in Utrecht, October 1982. (2012). Netherlands: Springer Netherlands.

Borzykh, O. I., Sergiienko, V. G., Tytova, L. V., Biliavska, L. O., Boroday, V. V., Tkalenko, G. M., & Balan, G. O. (2022). Potential of some bioagents in fungal diseases controlling and productivity enhancement of tomatoes. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 55(15), 1750–1765. https://doi.org/10.1080/03235408.2022.2116685

Breus, D., & Yevtushenko, O. (2022). Modeling of Trace Elements and Heavy Metals Content in the Steppe Soils of Ukraine. Journal of Ecological Engineering, 23(2), 159–165. https://doi.org/10.12911/22998993/144391

Buczyńska, A. (2020). Remote sensing and GIS technologies in land reclamation and landscape planning processes on post-mining areas in the Polish and world literature. AIP Conference Proceedings, 2209(1), 040002. https://doi.org/10.1063/5.0000009

Burkynskyi, B., Andryeyeva, N., Khumarova, N., & Kostetska, K. (2021). An Innovative Approach to the Implementation of Sustainable Business Ideology in Ukraine. Environmental Research, Engineering and Management, 77(4), 48–63. https://doi.org/10.5755/j01.erem.77.4.29163

Bulyhin, S., & Tonkha, O. (2018). Biological evaluation of the rationality of soil usage in agriculture. *Agricultural Science and Practice*, 5(1), 23– 29. https://doi.org/10.15407/agrisp5.01.023

Cambridge University Press (n.d.). Rewilding | Ecology and conservation. (Retrieved October 31, 2023, from https://www.cambridge.org/gb/academic/subjects/life-sciences/ecology-and-conservation/rewilding, https://www.cambridge.org/gb/academic/subjects/life-sciences/ecology-and-conservation

Cherchyk, L. (2022). Methodology for the assessment of damage and economic losses from harm to forest ecosystems as a result of armed aggression. Forestry Studies, 77(1), 2–20. Scopus. https://doi.org/10.2478/fsmu-2022-0009

Congjuan, L., Abulimiti, M., Jinglong, F., & Haifeng, W. (2022). Ecologic Service, Economic Benefits, and Sustainability of the Man-Made Ecosystem in the Taklamakan Desert. Frontiers in Environmental Science, 10, 813932. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.813932

CORDIS (n.d). Energy crops used to remediate heavy metal sites. Retrieved November 8, 2023, from https://cordis.europa.eu/article/id/238337-energy-crops-used-to-remediate-heavy-metal-sites

Cosgrove, G. P., Hay, R. J. M., & Boswell, C. C. (1985). Establishment and management of sown finishing pastures. NZGA: Research and Practice Series, 3, 59–64. https://doi.org/10.33584/rps.3.1985.3313

Dai, C., Li, M., Liu, Y., Tran, D. H., Jiang, H., Tang, S., & Shen, J. (2023). Involvement of the inhibition of mitochondrial apoptotic, p53, NF-κB pathways and the activation of Nrf2/HO-1 pathway in the protective effects of curcumin against copper sulfate-induced nephrotoxicity in mice. Ecotoxicology and Environmental Safety, 249, 114480. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114480

Davidson, C. M. (2013). Methods for the Determination of Heavy Metals and Metalloids in Soils. In B. J. Alloway (Ed.), Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability (pp. 97–140). Netherlands: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7_4

Dias, L. M., Kaplan, R. S., & Singh, H. (2021, August 24). Making Small Farms More Sustainable—And Profitable. Harvard Business Review. https://hbr.org/2021/08/making-small-farms-more-sustainable-and-profitable

Dubey, K., & Dubey, K. P. (2022). Introduction of forestry species and probiotics for phytoremediation of waterlogged agricultural landscapes. In Dyn. And Interrelat. Between Nat., Sci., and Soc. (pp. 379–395). Nova Science Publishers, Inc.; Scopus. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85140676489&partnerID=40&md5=1a4b7d75bad90f833ca410f4e9ef2340

EarthStat (n.d). EarthStat—GIS data for agriculture and the environment. (n.d.). Retrieved September 30, 2023, from http://www.earthstat.org/

Edrisi, S. A., Sarkar, P., Son, J., Prakash, N. T., & Baral, H. (2022). Assessing the Realization of Global Land Restoration: A Meta-analysis. Anthropocene Science, 1(1), 179–194. https://doi.org/10.1007/s44177-022-00018-0

Egoh, B. N., Nyelele, C., Holl, K. D., Bullock, J. M., Carver, S., & Sandom, C. J. (2021). Rewilding and restoring nature in a changing world. PLOS ONE, 16(7), e0254249. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254249

El Jazouli, A., Barakat, A., Ghafiri, A., El Moutaki, S., Ettaqy, A., & Khellouk, R. (2017). Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: A case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). Geoscience Letters, 4(1), 25. https://doi.org/10.1186/s40562-017-0091-6

Elnahal, A. S. M., El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Desoky, E.-S. M., El-Tahan, A. M., Rady, M. M., AbuQamar, S. F., & El-Tarabily, K. A. (2022). The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: A review. European Journal of Plant Pathology, 162(4), 759–792. Scopus. https://doi.org/10.1007/s10658-021-02393-7

EUROPARC Federation. (n.d.). IUCN Guidelines for Ecological Corridors. Retrieved October 31, 2023, from https://www.europarc.org/news/2020/07/iucn-guidelines-for-ecological-corridors/

European Comission. (2023, March 9). International cooperation with Ukraine in research and innovation.. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/europe-world/international-cooperation/association-horizon-europe/ukraine_en

FAO. (December 2022.). Ukraine: Impact of the war on agriculture and rural livelihoods in Ukraine: Findings of a nation-wide rural household survey. https://doi.org/10.4060/cc3311en

FAO. (2022). Ukraine: Note on the impact of the war on food security in Ukraine. https://doi.org/10.4060/cc1025en

FAO. (n.d.). Ecosystem Restoration monitoring | National Forest Monitoring.. Retrieved September 30, 2023, from https://www.fao.org/national-forest-monitoring/areas-of-work/restoration-monitoring/en/

Fathi, M., Haghi Kashani, M., Jameii, S. M., & Mahdipour, E. (2022). Big Data Analytics in Weather Forecasting: A Systematic Review. Archives of Computational Methods in Engineering, 29(2), 1247–1275. https://doi.org/10.1007/s11831-021-09616-4

Ferguson, R. S., & Lovell, S. T. (2014). Permaculture for agroecology: Design, movement, practice, and worldview. A review. Agronomy for Sustainable Development, 34(2), 251–274. https://doi.org/10.1007/s13593-013-0181-6

Fernandez-Lopez C., Posada-Baquero R., & Ortega-Calvo J.-J. (2022). Nature-based approaches to reducing the environmental risk of organic contaminants resulting from military activities. Science of the Total Environment, 843, 157007. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157007

Food Tank. (2023, March 27). The Post-War Recovery of the Ukrainian Agricultural Sector. https://foodtank.com/news/2023/03/post-war-recovery-of-the-ukrainian-agricultural-sector/

Frontiers (2023). Coastal Rewilding as a Nature-Based Solution | Frontiers Research Topic. (n.d.). Retrieved October 31, 2023, from https://www.frontiersin.org/research-topics/48120/coastal-rewilding-as-a-nature-based-solution

Gerwing, T. G., Hawkes, V. C., Gann, G. D., & Murphy, S. D. (2022). Restoration, reclamation, and rehabilitation: On the need for, and positing a definition of, ecological reclamation. Restoration Ecology, 30(7), e13461. https://doi.org/10.1111/rec.13461

GIS University (n.d.). GIS in Agriculture — Two important uses. Retrieved September 30, 2023, from https://gis-university.com/gis-in-agriculture/

Gomes, H. I. (2012). Phytoremediation for bioenergy: Challenges and opportunities. Environmental Technology Reviews, 1(1), 59–66. https://doi.org/10.1080/09593330.2012.696715

Gu, T., Lu, Y., Li, F., Zeng, W., Shen, L., Yu, R., & Li, J. (2023). Microbial extracellular polymeric substances alleviate cadmium toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) by regulating cadmium uptake, subcellular distribution and triggering the expression of stress-related genes. Ecotoxicology and Environmental Safety, 257, 114958. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114958

IISD. (n.d.). EIA Online Learning Platform – Delve into EIA with clear and concise descriptions of its history, approaches and key steps, as well as case studies, country comparisons, and more. (n.d.). Retrieved September 30, 2023, from http://www.iisd.org/learning/eia/

Inobeme, A., Mathew, J. T., Jatto, E., Inobeme, J., Adetunji, C. O., Muniratu, M., Onyeachu, B. I., Adekoya, M. A., Ajai, A. I., Mann, A., Olori, E., Akhor, S. O., Eziukwu, C. A., Kelani, T., & Omali, P. I. (2023). Recent advances in instrumental techniques for heavy metal

quantification. Environmental Monitoring and Assessment, 195(4), 452. https://doi.org/10.1007/s10661-023-11058-3

Jaradat, M. A., Bani-Salim, M., & Awad, F. (2018). A Highly-Maneuverable Demining Autonomous Robot: An Over-Actuated Design. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 90(1), 65–80. https://doi.org/10.1007/s10846-017-0654-y

Jha, A. B., Misra, A. N., & Sharma, P. (2017). Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Soil Using Bioenergy Crops. B Phytoremediation Potential of Bioenergy Plants (c. 63–96). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3084-0_3

Kaur, P., Dhir, A., Talwar, S., & Alrasheedy, M. (2021). Systematic literature review of food waste in educational institutions: Setting the research agenda. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 33(4), 1160–1193. https://doi.org/10.1108/IJCHM-07-2020-0672

Koban, L. A., & Pfluger, A. R. (2023). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) exposure through munitions in the Russia–Ukraine conflict. Integrated Environmental Assessment and Management, 19(2), 376–381. https://doi.org/10.1002/ieam.4672

Kulish, H. (2022). Огляд збитків та втрат в АПК. Kyiv School of Economics. https://kse.ua/ua/oglyad-zbitkiv-ta-vtrat-v-apk/

Kulish, H. (n.d.). Підрив Каховської ГЕС завдав Україні щонайменше $2 млрд прямих збитків—Перші обрахунки KSE Institute. Kyiv School of Economics. Retrieved October 16, 2023, from https://kse.ua/ua/about-the-school/news/pidriv-kahovskoyi-ges-zavdav-ukrayini-shhonaymenshe-2-mlrd-pryamih-zbitkiv-pershi-obrahunki-kse-institute/

Kumar, P., & Verma, P. (2022). A Process for Improved Agriculture: Harvest Forecasting. In Dwivedi R.K., Saxena A.Kr., Khan G., & Bhardwaj S. (Eds.), Proc. Int. Conf. Syst. Model. Adv. Res. Trends, SMART (pp. 703–707). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; Scopus. https://doi.org/10.1109/SMART55829.2022.10047435

Li, Q., & Yan, J. (2020). Sustainable agriculture in the era of omics: Knowledge-driven crop breeding. Genome Biology, 21(1), 154. https://doi.org/10.1186/s13059-020-02073-5

Liselotte J (2022). Understanding Loss and Damage: Addressing the unavoidable impacts of climate change. Briefing. Think Tank. European Parliament https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2022)733598

Liu, H., & Jian, H. (2023). ANN-based prediction of ammonia nitrogen for wastewater discharge indicators under carbon neutral trend. Frontiers in Ecology and Evolution, 11, 1199870. https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1199870

Lurgi, M., Wells, K., Kennedy, M., Campbell, S., & Fordham, D. A. (2016). A Landscape Approach to Invasive Species Management. PLOS ONE, 11(7), e0160417. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160417

Maestre, F. T., Solé, R., & Singh, B. K. (2017). Microbial biotechnology as a tool to restore degraded drylands. Microbial Biotechnology, 10(5), 1250–1253. https://doi.org/10.1111/1751-7915.12832

MathWorks (n.d.). Predictive Modeling—Time-Series Regression, Linear Regression Models. Retrieved September 30, 2023, from https://www.mathworks.com/discovery/predictive-modeling.html

McKinsey Sustainability. (n.d.). COP27: Financing the transition to net zero. (n.d.). Retrieved October 31, 2023, from https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/sustainability-blog/cop27-financing-the-transition-to-net-zero

Moor, C., Lymberopoulou, T., & Dietrich, V. J. (2001). Determination of Heavy Metals in Soils, Sediments and Geological Materials by ICP-AES and ICP-MS. Microchimica Acta, 136(3), 123–128. https://doi.org/10.1007/s006040170041

Muscat, R. J. (2005). Reviving Agriculture in the Aftermath of Violent Conflict: A Review of Experience. Journal of Peacebuilding & Development, 2(2), 77–92.

Nair, P. K. R., Kumar, B. M., & Nair, V. D. (2022). Historical developments: The coming of age of agroforestry. In An introd. To agrofor.: Four Decades of Scientific dev. (pp. 3–20). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75358-0_1

Nwankwegu, A. S., Zhang, L., Xie, D., Onwosi, C. O., Muhammad, W. I., Odoh, C. K., Sam, K., & Idenyi, J. N. (2022). Bioaugmentation as a green technology for hydrocarbon pollution remediation. Problems and prospects. Journal of Environmental Management, 304, 114313. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114313

OECD (2022), "Environmental impacts of the war in Ukraine and prospects for a green reconstruction", OECD Policy Responses on the Impacts of the War in Ukraine, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9e86d691-en.

Pantera, A., Mosquera-Losada, M. R., Herzog, F., & den Herder, M. (2021). Agroforestry and the environment. Agroforestry Systems, 95(5), 767–774. https://doi.org/10.1007/s10457-021-00640-8

Paria, B., Pani, A., Mishra, P., & Behera, B. (2021). Irrigation-based agricultural intensification and future groundwater potentiality: Experience of Indian states. SN Applied Sciences, 3(4), 449. https://doi.org/10.1007/s42452-021-04417-7

Pearson, S., Camacho-Villa, T. C., Valluru, R., Gaju, O., Rai, M. C., Gould, I., Brewer, S., & Sklar, E. (2022). Robotics and Autonomous Systems for Net Zero Agriculture. Current Robotics Reports, 3(2), 57–64. https://doi.org/10.1007/s43154-022-00077-6

PLOS Collections (2021, July 13). Rewilding and Restoration. https://collections.plos.org/collection/rewilding-restoration/

Posthumus, A. C. (1983). Higher Plants as Indicators and Accumulators of Gaseous Air Pollution. In E. P. H. Best & J. Haeck (Eds.), Ecological Indicators for the Assessment of the Quality of Air, Water, Soil, and Ecosystems: Papers presented at a Symposium held in Utrecht, October 1982 (pp. 263–272). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-6322-1_9

Raimundo, F., Glória, A., & Sebastião, P. (2021). Prediction of Weather Forecast for Smart Agriculture supported by Machine Learning. 2021 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT), 0160–0164. https://doi.org/10.1109/AIIoT52608.2021.9454184

Raj, A. J. (2017). Role of trees and woody vegetation in soil fertility enrichment and food security in dryland agroforestry as a climate smart agriculture strategy. International Journal of Tropical Agriculture. https://www.academia.edu/45066394/Role_of_trees_and_woody_vegetation_in_soil_fertility_enrichment_and_food_security_in_dryland_agroforestry_as_a_climate_smart_agriculture_strategy

Rani J. & Paul B. (2023). Challenges in arid region reclamation with special reference to Indian Thar Desert—its conservation and remediation techniques. International Journal of Environmental Science and Technology, 20(11), pp. 12753–12774 https://doi.org/10.1007/s13762-022-04746-z

Ranjan, R. (2021). Payments for ecosystems services-based agroforestry and groundwater nitrate remediation: The case of Poplar deltoides in Uttar Pradesh, India. Journal of Cleaner Production, 287, 125059. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125059

Rewilding Europe (2022, February 2). Rewilding efforts boost natural water flow further in the Ukrainian Danube Delta.. https://rewildingeurope.com /news/rewilding-efforts-boost-natural-water-flow-further-in-the-ukrainian-danube-delta/

Rieznik, S., Havva, D., Chekar, O. (2021). Enzymatic activity of typical chernozems under the conditions of the organic farming systems. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXIV(2), 114-119.

Rieznik, S., Havva, D., Butenko, A., Novosad, K. (2021). Biological activity of chernozems typical of different farming practices. *Agraarteadus*, 32(2), 307-313. https://doi.org/10.15159/jas.21.34

Rieznik, S., Havva, D., Dehtiarov, V., & Pachev, I. (2023). Dynamics of the Number of Functional Groups of Microorganisms under Different Farming Systems. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 26(1), 549–567

Saber, M., El-Ashry, S., Nizinski, J., Montoroi, J.-P., & Zaghloul, A. (2015). Chemical characterization of sewage effluent repetitively used in arid soils irrigation. Phytotechnologies for Sustainable Development. 12th International Conference, International Phytotechnology Society, 2015 September 27-30 Hilton Garden Inn - Manhattan, KS

Saeed, K., Legramante, J. M., Angeletti, S., Curcio, F., Miguens, I., Poole, S., Tascini, C., Sozio, E., & Del Castillo, J. G. (2021). Mid-regional pro-adrenomedullin as a supplementary tool to clinical parameters in cases of suspicion of infection in the emergency department. Expert Review of Molecular Diagnostics, 21(4), 397–404. https://doi.org/10.1080/14737159.2021.1902312

Saha, L., Tiwari, J., Bauddh, K., & Ma, Y. (2021). Recent Developments in Microbe–Plant-Based Bioremediation for Tackling Heavy Metal-Polluted Soils. Frontiers in Microbiology, 12. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.731723

Satellite Imaging Corp. (n.d.). GIS Maps for Agriculture Mapping. Retrieved September 30, 2023, from https://www.satimagingcorp.com/services/geographic-information-systems/gis-maps-agriculture-mapping/

Shahid, M., Khan, M. S., & Singh, U. B. (2023). Pesticide-tolerant microbial consortia: Potential candidates for remediation/clean-up of pesticide-contaminated agricultural soil. Environmental Research, 236, 116724. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116724

Shepard, M. (2020). Water for Any Farm: Applying Restoration Agriculture Water Management Methods on Your Farm. USA: Acres U.S.A.

Shikha, D., & Singh, P. K. (2021). In situ phytoremediation of heavy metal–contaminated soil and groundwater: A green inventive approach. Environmental Science and Pollution Research, 28(4), 4104–4124. Scopus. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11600-7

Simelton, E., Carew-Reid, J., Coulier, M., Damen, B., Howell, J., Pottinger-Glass, C., Tran, H. V., & Van Der Meiren, M. (2021). NBS Framework for Agricultural Landscapes. Frontiers in Environmental Science, 9, 678367. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.678367

Skydan, O., Nykolyuk, O., Pyvovar, P., & Topolnytskyi, P. (2023). Methodological foundations of information support for decision-making in the field of food, environmental, and socio-economic components of national security. Scientific Horizons, 26(1), 87–101. https://doi.org/10.48077/scihor.26(1).2023.87-101

Stoddard, I., Anderson, K., Capstick, S., Carton, W., Depledge, J., Facer, K., Gough, C., Hache, F., Hoolohan, C., Hultman, M., Hällström, N., Kartha, S., Klinsky, S., Kuchler, M., Lövbrand, E., Nasiritousi, N., Newell, P., Peters, G. P., Sokona, Y., … Williams, M. (2021). Three decades of climate mitigation: Why haven't we bent the global emissions curve? Annual Review of Environment and Resources, 46(1), Article 1. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-011104

Superagronom.com (2021). Вміст гумусу в ґрунтах знижується, кислотність зростає— Дослідження. (n.d.).. Retrieved October 31, 2023, from https://superagronom.com/news/12311-vmist-gumusu-v-gruntah-znijuyetsya-kislotnist-zrostaye--doslidjennya

Sydorenko, S. (2020). Управління зоною пригнічення лісових смуг: ефективні методи комбінованого режиму ведення господарства. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, лісовому та садово-парковому господарстві», 30 жовтня 2020 року, Біла Церква.

Sytar, O., & Taran, N. (2022). Effect of heavy metals on soil and crop pollution in Ukraine – a review. Journal of Central European Agriculture, 23(4), 881–887. https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.4.3603

Tiodar, E. D., Văcar, C. L., & Podar, D. (2021). Phytoremediation and Microorganisms-Assisted Phytoremediation of Mercury-Contaminated Soils: Challenges and Perspectives. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(5), Article 5. https://doi.org/10.3390/ijerph18052435

Transpanancy International Ukraine (2022, May 19). Reconstruction of Ukraine after the war—Transparency International Ukraine. https://ti-ukraine.org/en/blogs/reconstruction-of-ukraine-after-the-war/

U.S. Agency for International Development Agriculture Resilience Initiative—Ukraine (AGRI - Ukraine) | Fact Sheet | Ukraine. (2023, July 18).. https://www.usaid.gov/ukraine/agriculture-resilience-initiative-agri-ukraine

UNEP (2022, October 14). The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine: A Preliminary Review. UNEP - UN Environment Programme. http://www.unep.org/resources/report/environmental-impact-conflict-ukraine-preliminary-review

Vallejo-Gómez, D., Osorio, M., & Hincapié, C. A. (2023). Smart Irrigation Systems in Agriculture: A Systematic Review. Agronomy, 13(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/agronomy13020342

van Noordwijk, M., Gitz, V., Minang, P. A., Dewi, S., Leimona, B., Duguma, L., Pingault, N., & Meybeck, A. (2020). People-Centric Nature-Based Land Restoration through Agroforestry: A Typology. Land, 9(8), Article 8. https://doi.org/10.3390/land9080251

Vincent-Caboud, L., Casagrande, M., David, C., Ryan, M. R., Silva, E. M., & Peigne, J. (2019). Using mulch from cover crops to facilitate organic no-till soybean and maize production. A review. Agronomy for Sustainable Development, 39(5), 45. https://doi.org/10.1007/s13593-019-0590-2

Volkohon, V.V. (2012). Microbiological aspects of reproduction of soil fertility. *Bulletin of Agricultural Science*, 9, 9–14.

Welsh, C., & Dodd, E. (2022). Rebuilding Ukraine's Agriculture Sector: Emerging Priorities. https://www.csis.org/analysis/rebuilding-ukraines-agriculture-sector-emerging-priorities

Wierzbowska, J., Kovačik, P., Sienkiewicz, S., Krzebietke, S., & Bowszys, T. (2018). Determination of heavy metals and their availability to plants in soil fertilized with different waste substances. Environmental Monitoring and Assessment, 190(10), 567. https://doi.org/10.1007/s10661-018-6941-7

World Bank, Government of Ukraine, European Union, United Nations (2023). Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment: February 2022 - February 2023. World Bank. Retrieved October 18, 2023, from https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099184503212328877/P1801740d1177f03c0ab180057556615497

World Bank. (n.d.). Sustainable Finance. Retrieved October 31, 2023, from https://www.worldbank.org/en/topic/financialsector/brief/sustainable-finance

Wu, B., Peng, H., Sheng, M., Luo, H., Wang, X., Zhang, R., Xu, F., & Xu, H. (2021). Evaluation of phytoremediation potential of native dominant plants and spatial distribution of heavy metals in abandoned mining area in Southwest China. Ecotoxicology and Environmental Safety, 220, 112368. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112368

Yakymchuk, A., Panukhnyk, O., Horal, L., Hrynkevych, S., & Rohozian, Y. (2023). Development of territorial communities: Aspects of natural capital conservation and budget financing. Ser. Earth Environ. Sci. 150(1), 012004. Institute of Physics; Scopus. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1150/1/012004

Zhang, Y., Yin, Z., Li, S., Zhang, J. J., Sun, H. Z., Liu, K., Shirai, K., Hu, K., Qiu, C., Liu, X., Li, Y., Zeng, Y., & Yao, Y. (2023). Ambient PM2.5, ozone and mortality in Chinese older adults: A nationwide cohort analysis (2005–2018). Journal of Hazardous Materials, 454, 131539. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131539

Zakharchenko, E., Datsko, O., Mishchenko, Y., Melnyk, A., Kriuchko, L., Rieznik, S., Hotvianska, A. (2023). Efficiency of biofertilizers when growing corn for grain. *Modern Phytomorphology*. 17, 50-56. https://doi.org/10.5281/zenodo.2023-17-200117

БТУ-Центр. (2017). Бактерії для озимих. *The Ukrainian Farmer*. https://btu-center.com/publication/2020/bakterii-dlya-ozimikh/

Болоховський, В.В., Болоховський, В.В., Гаркот, В.С., Назарук, С.В., Прозур, В.П., Калінкін, О.Г., Бульбас, В.М., Черненко, Т.М., Іванов, В.Д. (2002). *Спосіб очистки та*

відновлення ґрунтів, забруднених нафтою, нафтопродуктами і мінеральними солями пластових вод (Patent 50955). https://uapatents.com/8-50955-sposib-ochistki-ta-vidnovlennya-gruntiv-zabrudnenikh-naftoyu-naftoproduktami-i-mineralnimi-solyami-plastovikh-vod.html

Іщенко В (2023). «Бомба уповільненої дії». Як за рік великої війни погіршилася екологічна ситуація в Україні. (n.d.). Retrieved October 17, 2023, from https://novosti.dn.ua/article/8376-bomba-upovilnenoyi-diyi-yak-za-rik-velykoyi-vijny-pogirshylasya-ekologichna-sytuatsiya-v-ukrayini

ЕкоЗагроза. (n.d.). ЕкоЗагроза. Retrieved October 18, 2023, from https://ecozagroza.gov.ua/

Кабінет Міністрів України (2022). Про затвердження Порядку розроблення, проведення громадського обговорення, погодження програм комплексного відновлення області, території територіальної громади (її частини) та внесення змін до них. (n.d.). Офіційний вебпортал парламенту України. Retrieved October 22, 2023, from https://zakon.rada.gov.ua/go/1159-2022-%D0%BF

Комітет держвлади, місцсамоврядування, регрозвитку та містобудування. (2023). План дій з розробки Програми комплексного відновлення територій громад—Експертні пропозиції. Retrieved October 23, 2023, from https://decentralization.gov.ua/news/16609

Леонов О. (2023, July 6). Про екологічні наслідки військової агресії росії та перспективи їх подолання. Укрінформ. https://www.ukrinform.ua/rubric-polytics/3732026-pro-ekologicni-naslidki-vijskovoi-agresii-rosii-ta-perspektivi-ih-podolanna.html

Матвєєв М. (2023). Сільське господарство та ринок сільськогосподарських земель України: Вплив війни. Вокс Україна. Retrieved October 18, 2023, from https://voxukraine.org/silske-gospodarstvo-ta-rynok-silskogospodarskyh-zemel-ukrayiny-vplyv-vijny

Приседська В., Шрамович В. (n.d.). Як війна руйнує природу України. BBC News Україна. Retrieved October 18, 2023, from https://bbc.com/ukrainian/extra/mwu5sxghvc/ukraine_war_damaged_nature

Слово і Діло (2022). Природа та війна: Як російська агресія вплинула на довкілля. (2023, October 22). https://www.slovoidilo.ua/2022/11/08/infografika/suspilstvo/pryroda-ta-vijna-yak-rosijska-ahresiya-vplynula-dovkillya

УКРАЇНОМОВНА ВЕРСІЯ

Резолюція міжнародної науково-практичної онлайн конференції “Стале відновлення сільськогосподарських ландшафтів після військових дій” 30 вересня — 4 жовтня 2023, онлайн

Редактори
[1]Світлана Сидоренко* , **[2]Павло Арданов**
[1]Канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник відділу лісовідновлення та захисного лісорозведення Українського ордену “Знак Пошани” науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (УкрНДІЛГА) (svit23sydorenko@gmail.com), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1426-7614
[2]Канд. біол наук., доцент Інституту біомедичних технологій Відкритого міжнародного університету розвитку людини “Україна”; старший науковий співробітник Центру дослідження агроландшафтів Лейбніца; заступник голови ГС “Пермакультура в Україні”, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0229-915X

Підписанти резолюції конференції

Проблема. В Україні виникла гостра проблема відновлення сільськогосподарських ландшафтів після військових дій, яка вимагає концентрації зусиль широкого кола зацікавлених сторін. Внаслідок воєнних дій значні площі сільськогосподарських земель були пошкоджені та забруднені, що призвело до зниження продуктивності сільського господарства, зменшення доходів місцевих громад та збитків для національної економіки. Враховуючи це, необхідно розробити та реалізувати ефективні стратегії для сталого відновлення сільськогосподарських ландшафтів. Це сприятиме забезпеченню продовольчої безпеки та економічному зростанню країни, а також досягненню екологічних цілей, таких як покращення родючості ґрунту, збереження та відновлення біорізноманіття та розвиток сталого сільського господарства.

Сучасний стан. Війна в Україні завдала значної шкоди навколишньому середовищу країни, зокрема сільськогосподарським угіддям, які наразі заміновані, а це понад 100 тис. кв. км території (UNEP, 2022; OECD, 2022).

Внаслідок конфлікту багато агроландшафтів зазнають руйнівних впливів, зокрема руйнування структури та біоти ґрунтів, спалення лісів та лісосмуг, забруднення водних джерел та земель небезпечними речовинами тощо. Вчені, які досліджують ґрунти та сільське господарство в Україні, стверджують, що в результаті воєнних дій було зруйновано щонайменше 10,5 млн гектарів сільськогосподарських угідь. Це становить 25% сільськогосподарських угідь України (Матвєєв et al., 2023; Приседська & Шрамович, n.d.).

За даними Державної екологічної інспекції, за час війни понад 280 тис. кв. м ґрунту забруднено сполуками, що становлять загрозу (Іщенко, 2023). Понад 59 тис. гектарів лісів та інших насаджень випалені ракетами та снарядами. Загалом орієнтовні розрахунки збитків, встановлених Державною екологічною інспекцією відповідно до затверджених методик, становлять 2 трлн 65 млрд грн (ЕкоЗагроза, n.d.; Леонов, 2023).

Повне вторгнення росії в Україну відбилося на сільському господарстві країни надзвичайно негативно. Військові дії та наслідки конфлікту призвели до серйозних збитків в аграрному секторі (Матвєєв, 2023). Вирощування зернових значно скоротилося, збільшилася земельна площа, яка може бути замінована. Блокада Чорного моря та пошкодження сільськогосподарських підприємств також призвели до збільшення витрат та ризиків для виробництва й експорту зерна. Негативні наслідки війни відчутні як для великих аграрних підприємств, так і для дрібних виробників, які втратили можливість вести свою діяльність унаслідок зростання вартості продукції та загальних збитків (FAO, 2022). Усі ці фактори спричинили серйозні виклики для України та її аграрного сектору. Станом на лютий 2023 року

загальні збитки українського сільського господарства оцінюються в 40,2 млрд дол. США, із них прямі збитки становлять 8,7 млрд доларів (Kulish, 2022; World Bank et al., 2023).

За оцінками ФАО суттєвої деградації зазнали 33 % сільськогосподарських земель в Україні, що на 13 % більше у порівнянні з довоєнним періодом, а решта земель перебуває під її загрозою (FAO, 2022).

Знищення Каховської ГЕС призвело до значного поглиблення екологічної кризи. Згадане знищення спричинило падіння резервуару Каховської ГЕС на 72%, або 14 395 куб. км води. Сума прямих збитків, спричинених підривом Каховської ГЕС, складає щонайменше $2 млрд. Сільському господарству завдано збитків на $25 млн. Довкіллю та екології завдано втрат на $1,5 млрд втрат. 150 тонн нафти витекло під час вибуху дамби (Kulish, n.d.; Приседська & Шрамович , n.d.)

Вплив війни на об'єкти природоохоронної мережі був також значним. Внаслідок нападу росії постраждали 20% природоохоронних територій України загальною площею близько мільйона гектарів. У зоні ризику опинилися 2,9 млн гектарів Смарагдової мережі — територій, які потребують охорони на загальноєвропейському рівні (Слово і Діло, 2022).

Програми та ініціативи відновлення агроландшафтів.

Держава активно працює над вирішенням проблеми відновлення сільськогосподарських ландшафтів, які постраждали внаслідок воєнних дій. Однак, це є складним і тривалим процесом, який потребує значних зусиль та ресурсів. Так, в Україні активно працюють над низкою стратегічних ініціатив щодо відновлення довкілля, екології та сільськогосподарських угідь після війни. Основні стратегії включають розробку Плану післявоєнного відновлення та розвитку, орієнтованого на зелену економіку та зниження викидів, а також пріоритетне відновлення понад 470 000 гектарів сільськогосподарських угідь, включаючи їх інспекцію та демінування. Перша ініціатива, представлена CSIS Ukraine Economic Reconstruction Commission (Welsh & Dodd, 2022) , спрямована на створення політичних рамок для залучення приватних інвестицій у реконструкцію української економіки, зокрема в сільському господарстві, енергетиці і транспорті. Друга ініціатива стосується екологічних наслідків війни та розвитку "зеленої" реконструкції (OECD, 2022), включаючи плани зниження викидів та зменшення ризиків для здоров'я та навколишнього середовища в короткостроковій перспективі. Також є ініціатива AGRI — Ukraine (AGRI - Ukraine, 2023), яку запустили Сполучені Штати через USAID для підтримки сільськогосподарського виробництва та експорту в Україні і пом'якшення світової кризи продовольчої безпеки, спричиненої війною проти України. Українська влада також розробляє кілька стратегій для відновлення агроландшафтів та довкілля після воєнних операцій.

До інших програм для відновлення сільських ландшафтів в Україні входять Програма комплексного відновлення областей та територіальних громад, яка визначає пріоритети політики відновлення та включає комплекс заходів для відновлення територій, що постраждали внаслідок збройної агресії (Кабінет Міністрів України, 2022). Ця програма розробляється у форматі електронного документа та може бути ініційована головою обласної державної адміністрації або виконавчим органом місцевої ради.

Також розроблена Програма комплексного відновлення територій громад (Комітет держвлади, місцсамоврядування, регрозвитку та містобудування, 2023), яка надає громадам методологічну основу, зразки документації та алгоритм дій для розробки власних програм відновлення. Ця програма допомагає громадам розробити план дій для відновлення їхніх територій.

У Додатку 1 наводиться систематизований перелік ініціатив, що спрямовані на відновлення агроландшафтів після військових дій в Україні. Дана інформація може допомогти у визначенні поточного стану відновлювальних зусиль, а також у виявленні можливих напрямків для подальших досліджень.

Нижче зібрано основні рекомендації учасників конференції відповідно до представлених на конференції тематичних секцій. Рекомендації підкріплено посиланнями на

академічні публікації з метою їх використання для розробки стратегій та програм відновлення постраждалих від війни агроландшафтів України залученими до цього процесу організаціями.

1. Оцінювання шкоди агроландшафтам

Для адекватного оцінювання збитків природним ресурсам під час війни, має бути створена та апробована методологія оцінювання із широким залученням наукових експертів. Результати такого оцінювання дозволять заздалегідь визначити повні обсяги збитків і розробити плани реабілітації довкілля після завершення військових дій (Alieksieienko et al., 2023; Burkynskyi et al., 2021; Cherchyk, 2022). Основними інструментами для оцінювання шкоди агроландшафтам з врахуванням безпекового фактору мають стати:

a. Методи дистанційного зондування Землі та інтенсивне використання географічних інформаційних систем (ГІС) — визначення зон ризику та ідентифікації можливих обсягів шкоди та сили їх впливу (EarthStat, n.d.; GIS University, n.d.; Satellite Imaging Corp, n.d.; El Jazouli et al., 2017).

b. Моделювання: Використання математичних моделей для прогнозування можливих збитків та оцінки їх впливу на агроландшафти (IISD, n.d.; MathWorks, n.d.; Skydan et al., 2023). Методи оцінки пов’язаної з війною шкоди включають прогностичне моделювання та методи післявоєнної наземної перевірки моделей (Koban & Pfluger, 2023).

c. Економічні підходи: оцінка економічних збитків, пов'язаних зі шкодою агроландшафтам, включаючи втрати врожаю, вартість відновлення та вплив на сільськогосподарські підприємства (Kumar & Verma, 2022; Liselotte, 2022).

d. Система моніторингу стану екосистем як показник відновлення деградованих ландшафтів (FAO, n.d.; Food Tank, 2023; Simelton et al., 2021) .

2. Моніторинг забруднень в харчових продуктах та кормах

Близько 70% посівних площ для основних експортних культур у зонах конфлікту можуть зазнати додаткового посиленого впливу важких металів (Sytar, 2022). Накопичення забруднень важкими металами та іншими токсикантами в харчових продуктах та кормах пов’язаний із станом ґрунту, особливо з вмістом гумусу та станом ґрунтової біоти. Варто зазначити, що за останні 25 років середній показник вмісту гумусу в ґрунтах України зменшився з 3,36% до 3,16% (Superagronom.com, 2021), проте на скільки цей показник зміниться після завершення військових дій — не відомо.

Рекомендовано проводити моніторинг вмісту токсикантів у продуктах рослинництва і тваринництва не лише на територіях, що зазнали безпосереднього руйнівного впливу внаслідок ведення військових дій, але й на тих, що знаходилися на шляху прямування ракет і можуть бути зонально чи точково забруднені високотоксичним ракетним пальним. Особливої уваги потребує моніторинг продукції з високим потенціалом накопичення важких металів (Simelton et al., 2021; Tiodar et al., 2021), продукції овочівництва та органічної продукції. Високозабруднена продукція рослинництва має вилучатися або використовуватися для біоенергетики. Продукція з вмістом забрудників близьким до верхніх меж допустимих значень може використовуватися для виробництва кормів з обов'язковим моніторингом накопичення забрудників у продовольчих продуктах тваринництва (що потребує подальших наукових досліджень).

Для моніторингу потрібно як створення мобільних лабораторій для визначення важких металів в ґрунтах (Davidson, 2013; Inobeme et al., 2023; Moor et al., 2001; Wierzbowska et al., 2018), так і розробка сенсорів та тест-систем для самостійного використання землевласниками. Потрібна розробка методик відбору проб як на ділянці, так і в партіях харчових продуктів. Дешевшими методиками попередньої оцінки потенційного вмісту забрудників можуть бути моделювання (Breus, 2022) та використання рослини-індикаторів, коли високий вміст забрудників засвідчують вегетативні симптоми (Saber et al., 2015), та в окремих випадках розроблені методики кількісного визначення інтенсивності впливу забруднювачів (Altaf et al., 2021; Best & Haeck, 1983; Posthumus, 1983; Saha et al., 2021)

3. Екстрені заходи для зменшення шкоди

У короткостроковій перспективі Україна повинна зосередитися на усуненні та зниженні найбільших ризиків, які війна створює для здоров'я людини та навколишнього середовища. Першочерговими мають стати наступні кроки:

a. Встановити зони безпеки для сільськогосподарських угідь та обмежити доступ до небезпечних зон (Dias et al., 2021).

b. Розробити план екстрених заходів з мінімізації впливу військових дій на агроландшафти, зокрема для запобігання поширенню забрудників довкіллям, забруднення водотоків та накопичення у трофічних ланцюгах (OECD, 2022).

c. Провести швидке оцінювання збитків для ініціювання відновлення найважливіших об'єктів сільськогосподарської інфраструктури.

d. Організувати моніторинг водних джерел та ґрунтів для виявлення забруднень.

e. Запровадити фіторемедіацію для очищення забруднених ґрунтів як найдоступніший захід.

f. Фінансово підтримувати постраждалі громади протягом періоду неможливості ведення безпечного агровиробництва. Зокрема підтримувати фермерські та приватні господарства, що знаходяться на забруднених землях, в тому числі сприяючи диверсифікації їх діяльності.

4. Стратегії відновлення — природоохоронні підходи та ревайлдинг

З урахуванням зовнішньополітичного курсу України на входження до Європейського Союзу та зобов’язання України щодо збереження та розширення природоохоронних територій, водно-болотних угідь та зменшення орних площ, встановлено:

- Загальна площа природно-заповідного фонду України є недостатньою і залишається значно меншою, ніж у більшості країн Європи, де середній відсоток заповідності становить 21%. Розширення цих територій на державному та місцевому рівнях необхідне для забезпечення довгострокового виживання екосистем, захисту зникаючих видів та пом'якшення наслідків зміни клімату.
- Збереження водно-болотних угідь може врятувати Україну від катастрофічних повеней. У Стратегії ЄС з біорізноманіття до 2030 року зазначено, що природоорієнтовані рішення, такі як захист і відновлення водно-болотних угідь, торфовищ, матимуть вирішальне значення для пом'якшення наслідків зміни клімату.
- В рамках загальних зусиль із захисту довкілля та збереження біорізноманіття можуть бути вжиті заходи з оптимізації землекористування, включаючи скорочення площі орних земель.

Отже, під час розробки стратегій відновлення постраждалих регіонів значне місце мають посідати природоохоронні підходи та ревайлдинг.

Консервація — виведення земель із господарського використання та насадження на цих територіях багаторічних трав, заліснення або ренатуралізацію, тобто поступове самостійне повернення до природного стану, є одним з найдешевших та найдоступніших способів поводження із ділянками, що зазнали сильного пошкодження через військові дії (van Noordwijk et al., 2020; Edrisi et al., 2022). Основними заходами відновлення біорізноманіття агроландшафтів є наступні:

a. Сприяння природоохоронним підходам щодо відновлення сільських ландшафтів, включаючи ревайлдинг, тобто відновлення природних екосистем та біорізноманіття (Anderson та Gough, 2021; Egoh et al., 2021). Першочерговими територіями для консервації є наближені до існуючих заповідних територій, органічних ферм (продуктивність яких залежить від навколишнього біорізноманіття та території зосередження великих агропідприємств та сильно розорані місцевості, де бракує природних та напівприродних зон для виконання агроекологічних функцій та функцій біокоридорів.

b. Розробити та застосовувати підходи щодо формування екологічно збалансованих ландшафтів в залежності від зонально-природних характеристик, економічно-соціальних, екологічних умов та особливостей територій на яких відбувається природне відновлення (Dong et al., 2022; Egoh et al., 2021; Yermolenko et al., 2021).

c. Сприяння впровадженню нових технологій сільськогосподарського виробництва, які максимально включають природоохоронні вимоги, та орієнтовані на досягнення екологічного балансу (безполицевий обробіток ґрунту, контурно-меліоративна організація території землекористування, органічне сільгоспвиробництво та ін.) (Vincent-Caboud et al., 2019);

d. Підсів або висів на полях рослин, які підтримують кормовий ланцюг місцевих тварин (Frontiers, 2023) та можуть використовуватися для фіторемедіації;

e. Доплати з місцевого бюджету товаровиробникам, що впроваджують органічні системи виробництва, змінюють структуру посівних площ в бік збільшення пасовищ, багаторічних деревних насаджень тощо (Cosgrove et al., 1985; PLOS Collections, 2021; Rewilding Europe, 2022; ATTRA, n.d.);

f. Посилення міжнародної співпраці — співпраця з міжнародними експертами у визначенні критеріїв вибору стратегії подальшого використання територій, які зазнали впливу бойових дій та їх повоєнного відновлення або консервації (European Comission, 2023; Transpanancy International Ukraine, 2022); активізувати входження до міжнародних консорціумів та спільну проєктну діяльність спрямовану на вирішення зазначених завдань у межах грантових програм (наприклад, Horizon Europe)

g. Відновлення (з акцентом на самовідновлення) природних екосистем на прикордонних та колишніх прифронтових територіях, оскільки агроландшафти цих територій, ймовірно, зазнали серйозних пошкоджень, є сильно замінованими, тому повернення їх в обробіток може бути складним та економічно недоцільним) (EUROPARC Federation, n.d.; Lurgi et al., 2016). При цьому вилучені з обробітку території, зокрема степової зони, можуть зазнавати значного поширення інвазійних видів, тому запобігання поширенню останніх потребує розробки скоординованих стратегій екологами та науковцями сільськогосподарської спеціалізації;

h. Розробка стратегій відновлення агроландшафтів на рівні держави та громад для створення й відновлення екологічно збалансованих ландшафтів;

i. Продовження модернізації природоохоронних установ на національному та регіональному рівнях, щоб забезпечити їм високу адміністративну потужність для ефективної реалізації заходів з екологічно стійкого відновлення ландшафтів.

5. Стратегії відновлення — рекультиваційні підходи

На деокупованих територіях агроландшафти після розмінування потребують подальших заходів із мінімізації екологічних ризиків. Для цього варто визначити алгоритм дій, який має передбачати проведення комплексного ароекологічного моніторингу стану агроценозів, визначення потенційних джерел забруднення, ступеня фізичної, хімічної та біологічної деградації ґрунтів, встановлення екотоксикологічного оцінювання локальних джерел забруднення і провадження, за необхідності, усіх етапів рекультивації ґрунтового покриву агроценозів для їх повернення у господарський обіг.

Рекультивація: проведення комплексу організаційних, технічних і біотехнологічних заходів, спрямованих на відновлення ґрунтового покриву та поліпшення стану та продуктивності порушених земель із фокусом уваги на збереження аборигенних видів та можливим включенням нових видів живих організмів для покращення біологічного різноманіття(Buczyńska, 2020; Kaur et al., 2021).

Фіторемедіація на місці є економічно ефективним, екологічно чистим, базованим на сонячній енергії перспективним підходом, який користується широким визнанням громадськості (Shikha, 2021). На постраждалих від війни територіях рекомендовано використовувати сучасні технології фіторемедіації з використанням сівозміни рослин —

гіперакумуляторів важких металів (Sytar, 2022). Пропонується використовувати багатофункційні рослини-біоремедіанти, які, наприклад, можуть слугувати кормовою базою для диких тварин чи використовуватися для біоенергетики. Фіторемедіація може включати додаткові заходи для підвищення її ефективності (наприклад, застосування мікробних препаратів, внесення поживних речовин та органіки тощо). Рекультивація може також включати ландшафтні роботи (наприклад, створення водоутримувальних структур, багаторічні деревні насадження задля покращення еколого-меліоративних умов вирощування сільськогосподарських культур на рекультивованих землях) (Gerwing et al., 2022).

6. Мікробні препарати в проєктах відновлення

Господарська діяльність людини стає причиною дедалі більшого втручання в природні процеси ґрунтоутворення, що призводить до значних змін у функціонуванні ґрунтової біоти (Rieznik et al., 2021, 2023). Наслідком довготривалого інтенсивного використання ґрунтів на біоценоз є суттєве збіднення складу біоценозів ґрунтів, зменшення чисельності і навіть зникнення окремих видів корисних організмів (Bulyhin, & Tonkha, 2018). Широко відомо, що мікробні препарати можуть використовуватися для пришвидшення відновлення деградованих земель, для покращення росту рослин-фітомеридіаторів, а також для відновлення ріноманіття місцевої мікробіоти (Dai et al., 2023; Gu et al., 2023; Maestre et al., 2017; Saha et al., 2021). Мікробіота ґрунту має найбільше значення для вегетуючих рослин. Корисні мікроорганізми розкладаючи рештки кореневої системи, післяжнивні рештки, гній, сидерати, тощо, підвищують вміст у ґрунті гумусу, рухомих сполук азоту, фосфору, калію, інших елементів. У результаті їх діяльності в ґрунті утворюються речовини біологічного походження, які мають властивості біокаталізаторів – ферменти, вітаміни, вільні амінокислоти, регулятори росту рослин, які активізують ростові процеси, підвищують стійкість до фітопатогенних мікроорганізмів. Воєнні дії негативно впливають як на агрохімічні властивості ґрунтів, так і на його мікробіоту. Тому її відновлення шляхом збільшення кількості корисної для сільськогосподарських культур сапротрофної мікрофлори є стратегічно дуже важливим. У цьому напрямку дієвим рішенням є застосування деструкторів, які містять у своєму складі гриби роду *Trichoderma*, бактерії родів *Bacillus, Azotobacter, Enterobacter, Enterococcus,* застосування яких сприяє значному зниженню видів патогенних грибів і підвищенню видів сапротрофних видів. (БТУ-Центр, 2017). Експериментально встановлено ефективність застосування мікробних препаратів Родекс, виробництва БТУ-ЦЕНТР для підвищення швидкості та відсотку деструкції залишків нафтопродуктів у процесах очищення ґрунту від нафтозабруднень. Таким чином, застосування біопрепаратів Родекс для здійснення біоремедіації забрудненого нафтою та дизельним паливом ґрунту є екологічним та ефективним методом (Болоховський et al., 2022).

Використання мікробних препаратів для відновлення ґрунту, підвищення продуктивності (Borzykh et al., 2022; Shahid et al., 2023), та в якості альтернативи хімічним пестицидам (Saeed et al., 2021) сприяють збереженню та поліпшенню якості й родючості ґрунту (Volkohon, 2012). Ефективні інокулянти та корисні мікроорганізми в підтримці вирощування рослин та зменшенні використання хімічних пестицидів (Elnahal et al., 2022) можуть покращити стан пошкодженого війною та деградованого інтенсивним агровиробництвом ґрунту та його мікробіологічну активність (Behera et al., 2021). Мікробні біостимулятори та біопротектори, а також використання більш ефективних штамів мікроорганізмів для підвищення продуктивності культур (Ben Mrid et al., 2021; Zakharchenko et al., 2023) та спільнот мікроорганізмів для відновлення деградованих ґрунтів (Nwankwegu et al., 2022) спільно сприяють стійкому та екологічно безпечному вирощуванню рослин.

7. Агролісівництво та лісомеліорація в проєктах відновлення

Для покращення екологічного стану агроландшафтів після військових дій в України, підвищення продуктивності та стійкості ландшафтів, необхідно сприяти підвищенню

полезахисної лісистості до мінімально необхідного рівня екологічно-адаптованого землекористування, включаючи:

a. Ширше використання малопоширених в Україні практик агролісівництва як інтегрованого підходу для зменшення викидів парникових газів, збільшення водоутримання, структурування ґрунтів та зменшення ерозії, та фіторемедіації, зокрема від важких металів (Nair et al., 2022; Rani J. & Paul B., 2023; Ranjan, 2021; Zhang et al., 2023). Розробити методичні рекомендації щодо створення сумісних посадок та підбору сільськогосподарських, технічних, лікарських культур або медоносів для ділянок з різним освітленням (з різною тіньовитривалістю) (Dubey & Dubey, 2022; Sydorenko, 2020);
b. Розробити рішення безпечного розмінування, відновлення (зокрема з використанням робототехніки) та оцінювання екологічного стану полезахисних лісових смуг (Jaradat et al., 2018; Muscat, 2005; Pearson et al., 2022);
c. Використання в лісосмугах посухостійких інтродукованих деревних рослин (після проведення наукових досліджень щодо їх потенційних інвазивних впливів), адаптованих до жорстоких умов степу з урахуванням впливу змін клімату (Pantera et al., 2021; Raj, 2017);
d. Започаткувати системну міжвідомчу співпрацю та координацію під час інвентаризації, моніторингу та охорони захисних насаджень (Congjuan et al., 2022) із залученням територіальних громад.

8. Біоенергетичні культури в проєктах відновлення

Ремедіація з використанням енергетичних культур дозволяє фермеру зберігати прибутковість під час процесу очищення та відновлення родючості ґрунтів, громаді – розвивати енергетичну автономність а природі надає додаткові оселища у випадку вирощування багаторічних культур із довгим циклом ротації. Успішний розвиток біоенергетики потребує місцевої інфраструктури, проведення адвокації та дорадчої підтримки.

У роботі з будь-якою культурою, в тому числі енергетичною, пермакультурним (стійким та багатофункціональним) рішенням є ущільнені посадки з максимально різноманітним геномом, а не вибір одного найбільш продуктивного сорту рослини (Ferguson & Lovell, 2014; Q. Li & Yan, 2020). Тому найбільш доцільним рішенням у плануванні посадок енергетичних культур є комбінація трав'янистих рослин та деревних культур на одній ділянці в рамках технології агролісівництва. Особливу перевагу над іншими методами практика змішаних посадок має на землях, забруднених важкими металами (Barbosa et al., 2018; CORDIS, n.d.). Наприклад, спільне вирощування соняшнику (*Helianthus annuus*), сої (*Glycine max*) або верб (*Salix* spp.) та тополь (*Populus* spp.) значно збільшує швидкість міграції важких металів у ґрунті й ефективність фіторемедіації (Jha, 2017; Amabogha, 2023). Однак, конкретна комбінація культур, які можна вирощувати разом для фіторемедіації, залежатиме від конкретних умов ґрунту, типів наявних забруднювачів і специфічних характеристик культур. Для забезпечення максимальної ефективності фіторемедіації важливий також ефективний просторовий розподіл рослин (Wu, Peng, Sheng et al. 2021). Існують різні способи поєднання видів на ділянці, коли рослини ростуть впродовж одного і того ж часового проміжку або почергово (Gomes, 2012)

9. Пом'якшення наслідків — перепланування технологій вирощування та системи зрошування

Повоєнне відновлення означає господарювання в умовах обмежених ресурсів (зокрема, водних). Це викликає потребу зміни технологій вирощування на більш ресурсоефективні, зміну набору вирощуваних культур (наприклад, на більш посухостійкі для безполивних та прибуткові для зрошуваних полів) та характеру господарювання (наприклад, отримання фермерами частини прибутку завдяки встановленню сонячних або вітрових ферм, завдяки державним та грантовим компенсаціям для збільшення площ підтримки біорізноманіття). Пріоритетними заходами є:

a. Перехід на ресурсоефективне цифрове сільське господарство (зокрема використання сенсорів, знімків з супутників, дронів та штучного інтелекту) задля пом'якшення його впливу на клімат і навколишнє середовище (Liu, 2023);
b. Впровадження точного землеробства: прогнозування погоди в режимі реального часу допоможе землекористувачам приймати щоденні рішення щодо того, коли та скільки зрошувати, удобрювати та як оптимально застосовувати пестициди до своїх посівів (Bendre et al., 2015; Fathi et al., 2022; Raimundo et al., 2021);
c. Оптимізація водопостачання, зокрема визначення потенційних місцевих джерел зрошення (кар'єрні озера, ставки) (Paria, 2021; Vallejo-Gómez, 2023); створення невеликих ставків та контурний обробіток ґрунту для затримання снігового та дощового водостоку (Shepard, 2020), застосування філософії спільного управління зрошенням за активної участі громадян у процесах прийняття рішень;
d. Підтримка переходу на органічне та екологічне агровиробництво, зокрема завдяки першочергової підтримки повоєнного відновлення угідь органічних виробників (або тих, що планують розпочати органічне виробництво);
e. Розвиток стійких та децентралізованих агропродовольчих систем задля забезпечення продовольчої та екологічної безпеки України;
f. Фінансування зелених інвестиційних планів з відповідною і довгостроковою підтримкою (McKinsey Sustainability , n.d.; World Bank, n.d.)

Отже, Україна має низку викликів щодо сталого відновлення сільськогосподарських ландшафтів, постраждалих внаслідок воєнних дій росії. Проте, розв'язання цих проблем є складним і тривалим процесом, який потребує значних зусиль, ресурсів та розробки консенсусних рішень із широким колом зацікавлених сторін та бенефіціарів — аграріями, представниками місцевих органів влади, науковцями, екологами, міжнародними та місцевими громадськими організаціями.

У довгостроковій перспективі "зелене" відновлення після війни повинно бути пріоритетним для фундаментальної трансформації України на шляху до зеленої економіки (OECD, 2022; Welsh & Dodd, 2022). Пріоритетним напрямком зовнішньої політики України має стати гармонізація національного законодавства з європейськими директивами (Yakymchuk et al., 2023) та його імплементація у регіонах постраждалих від війни. Раціональне науково-обґрунтоване оцінювання ризиків в поєднанні з новими економічно доцільними методами відновлення, мають стати стимулом для ширшого застосування природоохоронних рішень (Fernandez-Lopez C. et al., 2022)

Опитування учасників конференції та представників керівних органів сільських ОТГ щодо стратегій відновлення агроландшафтів

Організаторами конференції було проведено опитування, в якому взяли участь 35 учасників конференції (**Рис. 1**) та 13 представників керівних органів ОТГ (**Рис. 2**) для попереднього визначення громадської підтримки запропонованих вище стратегій відновлення агроландшафтів.

Серед учасників опитування переважали науковці (сільське господарство та екологія), а також жителі Одеської, Херсонської та Київської областей (хоча інші області та роди занять були також представлені, **Рис. 1Г**). Ділянки чверті респондентів постраждали від ведення бойових дій (вирви від вибухів снарядів, уламки боєприпасів та військової техніки, замінування, використання в якості військового полігону).

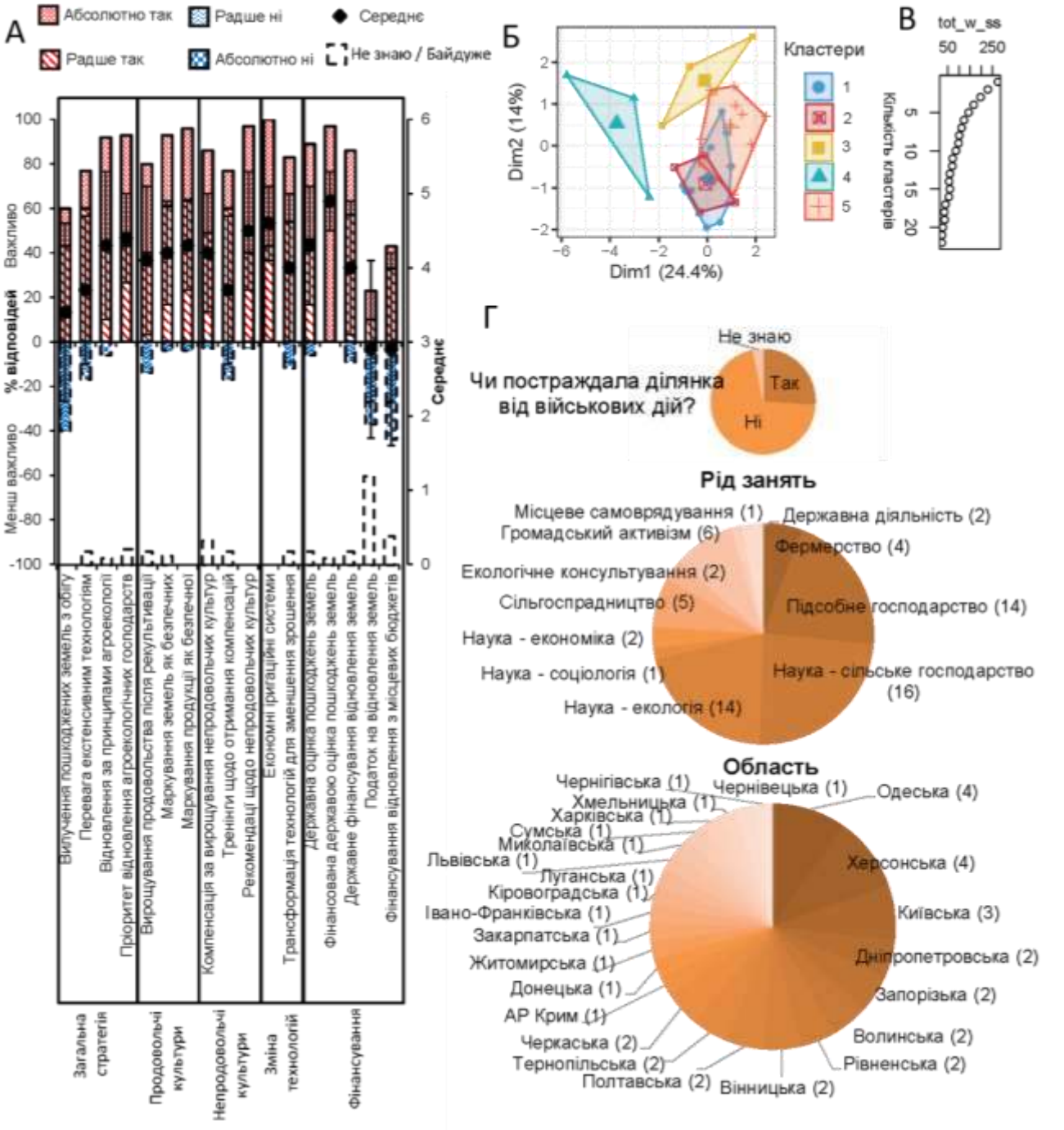


Рис. 1. А. Оцінка учасниками конференції AgRes2023 (n=35) стратегій відновлення агроландшафтів після військових дій. Стовпці представляють оцінювання стратегій у % (відображено на лівій ординаті). Діаграма розсіювання та планки помилок вказують на середні значення (на основі нижченаведеної шкали) і стандартні відхилення, відповідно, відображені на правій ординаті. Відповіді, що визначають стратегію як абсолютно важливу (5) та радше важливу (4), і розташовані під верхньою віссю абсцис, а ті, що визначають стратегію як радше непотрібну (2), і абсолютно непотрібну (1) — під верхньою віссю абсцис. Відповіді "Не знаю / Байдуже"(3) відображені над нижньою абсцисою. **Б.** Оптимальна кількість кластерів, визначена за допомогою внутрішньокластерного графіка суми квадратів (tot_w_ss). **В.** Кластеризація відповідей респондентів методом к-середніх. **Г.** Структура респондентів опитування. Цифри в дужках позначають кількість учасників в категоріях; учасники мали можливість вказати кілька областей проживання та родів занять.

Після проведення конференції погляди учасників на вибір **загальної стратегії** поводження із найбільш пошкодженими землями (вилучення з сільськогосподарського обігу та відновлення природних екосистем чи рекультивація та повернення в обробіток) лишаються полярними (**Рис. 1А**).

Прибічники ревайлдингу вважають, що треба зменшеншити дисбаланс між агросистемами та природними/напівприродними системами в ландшафті та надати пріоритет поверненню в обробіток менш забруднених та замінованих земель. Для цього потрібно розробити критерії оцінки ступеня пошкодження та небезпеки. Тоді як прихильники повернення сильно забруднених земель в сільськогосподарський обіг, наголошують на важливості проведення рекультивації для запобігання поширенню забруднення довкіллям та можливості застосування наявних технологій швидкої рекультивації (за наявності коштів на їх використання).

Більш одностайно учасники оцінили важливість екстенсивних технологій відновлення земель — фіторемедіації з використанням енергетичних та інших технічних культур, зауважуючи при цьому на важливості врахування місцевих економічних, екологічних та соціальних потреб, а також потребу розробки індивідуальних рішень та необхідність в певних ситуаціях контролювати вміст забрудників в технічних культурах.

Учасники розуміють, що системний підхід та комплексна реабілітація агроландшафтів є важливими (за умови наявності ресурсів і на орієнтацією на найбільш кліматично вразливі території Півдня та Сходу України) і полягають у застосуванні принципів та стратегій агроекології, відновленні лісових смуг (від 10% загальної площі), проведенні заходів боротьби з ерозією та запровадженні сівозміни, вирощувані сидератів (не рідше 1 сезону — від 90 днів суцільної вегетації — на 3 роки) та інших підходах для структурування та підвищення водоутримувальної здатності ґрунту.

Наголошується на важливості використання біологічних препаратів, що сприяють розвитку ґрунтової біоти та створення багаторічних насаджень (пасовища, сіножаті, сади) на схилах задля їх стабілізації. На думку учасників, агроекологічна трансформація країни потребує пріоритетного фінансування відновлення постраждалих агроекологічних господарств та тих, що зобов'язуються перейти на агроекологічне виробництво. При цьому висловлюються занепокоєння щодо вибіркової стратегії надання державної допомоги за цим сценарієм та щодо обмеженості фінансових ресурсів держави (пропонується залучити міжнародне фінансування з фондів де-карбонізації, консервації та природного відновлення, репарації тощо). Пропонується розробляти заохочуючі (трансформаційні) програми державного співфінансування з подальшим приватним фінансуванням, проведення агроекологічних заходів або викуп пошкоджених земель державними та/або комунальними фондами для проведення на них агроекологічних заходів відновлення. Також наголошено на довгостроковості процесу відновлення пошкоджених військовими діями земель, через що такі проєкти можуть бути неприбутковими або збитковими для землевласників, тому мають фінансуватися державою.

Учасники конференції усвідомлюють **небезпеку виробництва продовольчих продуктів на забруднених землях**, отже в переважній більшості підтримують призупинення продовольчого виробництва до проведення рекультиваційних заходів або/та аналізу вмісту токсикантів в продовольчих продуктах, де безпечність земель та продуктів мають підтверджуватися документально. При цьому наголошується на відсутності наявних механізмів довгострокового контролю та контролюючих органів, важливості попередження зловживань, пріоритетності та фінансовій доцільності таких заходів для органічного, зокрема, експортного виробництва.

Визначаючи пріоритетність **вирощування непродовольчих культур на найбільш забруднених землях** (за умови їх повного розмінування), переважна більшість учасників погоджується з правом замлевласників отримувати державну компенсацію з карбонових субсидій України в період зниження прибутковості виробництва. При цьому зауважується відсутність узгодженої методики контролю за реальною секвестрацією ґрунтами вуглецю й

відсутність чітких індикаторів, законодавчої бази та механізмів донесення цієї стратегії землевласникам (на рівнях від виробничого до адміністративного). Пропонується поєднання карбонових субсидій та пільгового кредитування для покриття сезонних витрат фермерів.

Учасники конференції підтримують **відновлення та перепланування систем зрошення в бік підвищення їх ресурсоефективності**, з використанням технологій точного землеробства та альтернативних джерел енергії. При цьому також наголошується на важливості дренажних систем, що притидіятимуть потраплянню токсикантів до ґрунтових на поверхневих вод. Учасники також підтримують масштабну зміну культур включаючи покращену сівозміну з багаторічними травами, технології вирощування, як-от, обмеження зрошуваних площ до 4–20 га, залежно від місцевих водних ресурсів. Вони також пропонують покращувати мікроклімат через оптимізацію агролісоландшафтів на територіях зі зруйнованою зрошувальною системою, що має заохочуватися державними субсидіями в рамках довгострокової державної стратегії адаптації до зміни клімату. Зазначається на необхідності розв'язання системної проблеми недотримання Водного кодексу.

Аналізуючи **фінансування процедур оцінки пошкоджень та відновлення постраждалих земель**, учасники загалом погоджуються на важливості державного фінансування та координування цих процесів. Вони, проте, усвідомлюють корупційні ризики. Важливим є моніторинг процесу на всіх етапах, включно з оцінкою ефективності ремедіації земель та залучення міжнародного досвіду та ресурсів. Більшість учасників не підтримує фінансування зазначених процедур з податкових коштів та місцевих бюджетів. Зазначається можливість використання диференційованих податкових пільг для заохочення пріоритетних стратегій відновлення земель. Наприклад, від повного звільнення оподаткування земель для їх ревайлдингу та тимчасового звільнення на період їх консервації для їх природного очищення та відновлення родючості до податкових пільг при втіленні агроекологічних заходів.

Хоча відповіді учасників конференції не дозволяють сформувати чітко визначені групи (**Рис. 1Б**), можна умовно виділити **5 кластерів** (**Рис. 1В**):
1, 3 — Прихильники консервації сильно забруднених земель та контролю безпечності продуктів, вирощених на них.
2 — Прихильники агроекологічного відновлення, чиї земельні ділянки не постраждали від військових дій.
4 — Науковці та консультанти, що працюють в сільському господарстві і переважно виступають проти вилучення сильно забруднених земель з обігу та проти запровадження загальнодержавного безкоштовного сервісу оцінки пошкоджень ділянок.
5 — Переважно науковці різних спеціальностей, що виступають проти вилучення сильнозабруднених земель з обігу, але за контроль якості продуктів, вирощених на них, та за агроекологічне відновлення і сталу трансформацію сільського господарства.

Серед 13 **об’єднаних територіальних громад** (ОТГ), що взяли участь в опитуванні (**Рис. 2**, по 1 з Дніпропетровської, Херсонської та Київської областей та 10 з Харківської області), землі 11 ОТГ зазнали пошкоджень в результаті військових дій (замінування та засмічення вибухонебезпечними предметами та хімічними сполуками військового походження, залишками ракетного пального). Лише одна з опитаних громад має стратегічний план відновлення пошкоджених агроландшафтів, проте більше третини (5) планують його розробляти. На жаль, більшість громад не мають стратегій відновлення та збереження біорізноманіття, адаптації до зміни клімату, розвитку зеленої енергетики та вирощування енергетичних культур, що ускладнює втілення запропонованих учасниками конференції сталих стратегій відновлення агроландшафтів, за відсутності сформованого громадами запиту та контексту. Лише 3 громади наразі співпрацюють з науковими, громадськими та міжнародними організаціями у розробці вищеперерахованих стратегічних планів, проте більшість громад (9) бажають налагодити таку співпрацю.

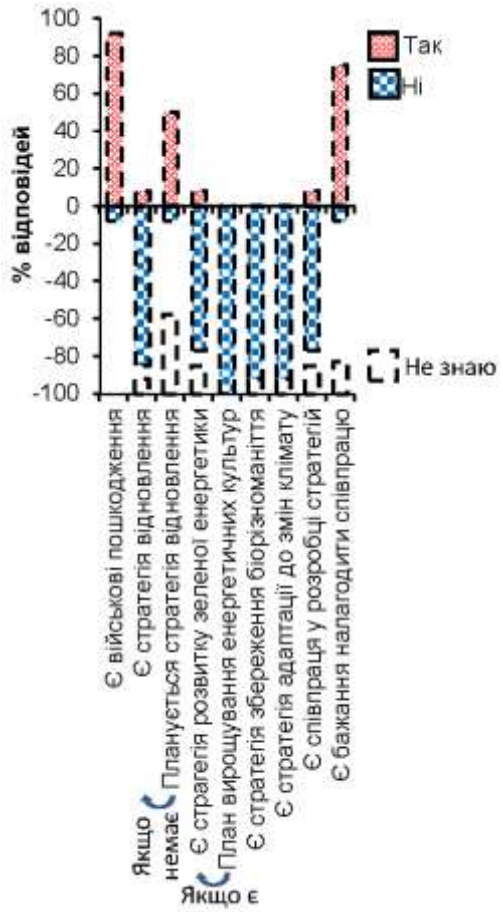


Рис. 2. Оцінка готовності об'єднаних територіальних громад до втілення сталих стратегій відновлення агроландшафтів після військових дій. Стовпці представляють оцінювання стратегій у % (відображено на лівій ординаті). Відповіді, про наявність стратегій розташовані над верхньою віссю абсцис, про відсутність стратегій — під верхньою віссю абсцис. Відповіді "Не знаю" відображені над нижньою абсцисою.

Для отримання більш репрезентативної картини, рекомендовано проведення опитувань та стратегічних дискусій із залученням ширшого кола вигодоотримувачів та зацікавлених сторін. Для розробки рішень та стратегій важлива міжнародна співпраця, довготермінові проєкти, інноваційні рішення (наприклад, виведення земель в спеціальні фонди для відновлення), пілотні проєкти (для оцінки технологічної, економічної, соціальної та екологічної складових відновлення на рівні агроландшафтів), та навчання громад.

Список використаних джерел

Alieksieienko, I., Koltun, V., Grynchuk, N., Vakulenko, V., & Kohut, O. (2023). Sustainable Development of Territories during the Period of Post-War Environmental Restoration. WSEAS Transactions on Environment and Development, 19, 350–360. Scopus. https://doi.org/10.37394/232015.2023.19.31

Altaf, R., Altaf, S., Hussain, M., Shah, R. U., Ullah, R., Ullah, M. I., Rauf, A., Ansari, M. J., Alharbi, S. A., Alfarraj, S., & Datta, R. (2021). Heavy metal accumulation by roadside vegetation and implications for pollution control. PLOS ONE, 16(5), e0249147. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249147

Amabogha, O. N., Garelick, H., Jones, H., & Purchase, D. (2023). Combining phytoremediation with bioenergy production: developing a multi-criteria decision matrix for plant species selection. Environmental Science and Pollution Research, 30(14), 40698-40711. https://doi.org/10.1007/s11356-022-24944-z

ATTRA. (n.d.). Understanding Organic Pricing and Costs of Production. Retrieved October 31, 2023, from https://attra.ncat.org/publication/understanding-organic-pricing-and-costs-of-production/

Barbosa, B., Costa, J., & Fernando, A. L. (2018). Production of Energy Crops in Heavy Metals Contaminated Land: Opportunities and Risks. In R. Li & A. Monti (Eds.), Land Allocation for Biomass Crops: Challenges and Opportunities with Changing Land Use (pp. 83–102). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74536-7_5

Behera, B., Venkata Supraja, K., & Paramasivan, B. (2021). Integrated microalgal biorefinery for the production and application of biostimulants in circular bioeconomy. Bioresource Technology, 339, 125588. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125588

Bendre, M. R., Thool, R. C., & Thool, V. R. (2015). Big data in precision agriculture: Weather forecasting for future farming. 2015 1st International Conference on Next Generation Computing Technologies (NGCT), 744–750. https://doi.org/10.1109/NGCT.2015.7375220

Ben Mrid, R., Benmrid, B., Hafsa, J., Boukcim, H., Sobeh, M., & Yasri, A. (2021). Secondary metabolites as biostimulant and bioprotectant agents: A review. Science of the Total Environment, 777, 146204. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146204

Best, E. P. H., & Haeck, J. (Eds.). (1983). Ecological Indicators for the Assessment of the Quality of Air, Water, Soil, and Ecosystems. Ecological Indicators for the Assessment of the Quality of Air, Water, Soil, and Ecosystems: Papers Presented at a Symposium Held in Utrecht, October 1982. (2012). Netherlands: Springer Netherlands.

Borzykh, O. I., Sergiienko, V. G., Tytova, L. V., Biliavska, L. O., Boroday, V. V., Tkalenko, G. M., & Balan, G. O. (2022). Potential of some bioagents in fungal diseases controlling and productivity enhancement of tomatoes. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 55(15), 1750–1765. https://doi.org/10.1080/03235408.2022.2116685

Breus, D., & Yevtushenko, O. (2022). Modeling of Trace Elements and Heavy Metals Content in the Steppe Soils of Ukraine. Journal of Ecological Engineering, 23(2), 159–165. https://doi.org/10.12911/22998993/144391

Buczyńska, A. (2020). Remote sensing and GIS technologies in land reclamation and landscape planning processes on post-mining areas in the Polish and world literature. AIP Conference Proceedings, 2209(1), 040002. https://doi.org/10.1063/5.0000009

Burkynskyi, B., Andryeyeva, N., Khumarova, N., & Kostetska, K. (2021). An Innovative Approach to the Implementation of Sustainable Business Ideology in Ukraine. Environmental Research, Engineering and Management, 77(4), 48–63. https://doi.org/10.5755/j01.erem.77.4.29163

Bulyhin, S., & Tonkha, O. (2018). Biological evaluation of the rationality of soil usage in agriculture. *Agricultural Science and Practice*, 5(1), 23– 29. https://doi.org/10.15407/agrisp5.01.023

Cambridge University Press (n.d.). Rewilding | Ecology and conservation. (Retrieved October 31, 2023, from https://www.cambridge.org/gb/academic/subjects/life-sciences/ecology-and-conservation/rewilding, https://www.cambridge.org/gb/academic/subjects/life-sciences/ecology-and-conservation

Cherchyk, L. (2022). Methodology for the assessment of damage and economic losses from harm to forest ecosystems as a result of armed aggression. Forestry Studies, 77(1), 2–20. Scopus. https://doi.org/10.2478/fsmu-2022-0009

Congjuan, L., Abulimiti, M., Jinglong, F., & Haifeng, W. (2022). Ecologic Service, Economic Benefits, and Sustainability of the Man-Made Ecosystem in the Taklamakan Desert. Frontiers in Environmental Science, 10, 813932. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.813932

CORDIS (n.d). Energy crops used to remediate heavy metal sites. Retrieved November 8, 2023, from https://cordis.europa.eu/article/id/238337-energy-crops-used-to-remediate-heavy-metal-sites

Cosgrove, G. P., Hay, R. J. M., & Boswell, C. C. (1985). Establishment and management of sown finishing pastures. NZGA: Research and Practice Series, 3, 59–64. https://doi.org/10.33584/rps.3.1985.3313

Dai, C., Li, M., Liu, Y., Tran, D. H., Jiang, H., Tang, S., & Shen, J. (2023). Involvement of the inhibition of mitochondrial apoptotic, p53, NF-κB pathways and the activation of Nrf2/HO-1 pathway in the protective effects of curcumin against copper sulfate-induced nephrotoxicity in mice. Ecotoxicology and Environmental Safety, 249, 114480. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114480

Davidson, C. M. (2013). Methods for the Determination of Heavy Metals and Metalloids in Soils. In B. J. Alloway (Ed.), Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability (pp. 97–140). Netherlands: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7_4

Dias, L. M., Kaplan, R. S., & Singh, H. (2021, August 24). Making Small Farms More Sustainable—And Profitable. Harvard Business Review. https://hbr.org/2021/08/making-small-farms-more-sustainable-and-profitable

Dubey, K., & Dubey, K. P. (2022). Introduction of forestry species and probiotics for phytoremediation of waterlogged agricultural landscapes. In Dyn. And Interrelat. Between Nat.,

Sci., and Soc. (pp. 379–395). Nova Science Publishers, Inc.; Scopus. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85140676489&partnerID=40&md5=1a4b7d75bad90f833ca410f4e9ef2340

EarthStat (n.d). EarthStat—GIS data for agriculture and the environment. (n.d.). Retrieved September 30, 2023, from http://www.earthstat.org/

Edrisi, S. A., Sarkar, P., Son, J., Prakash, N. T., & Baral, H. (2022). Assessing the Realization of Global Land Restoration: A Meta-analysis. Anthropocene Science, 1(1), 179–194. https://doi.org/10.1007/s44177-022-00018-0

Egoh, B. N., Nyelele, C., Holl, K. D., Bullock, J. M., Carver, S., & Sandom, C. J. (2021). Rewilding and restoring nature in a changing world. PLOS ONE, 16(7), e0254249. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254249

El Jazouli, A., Barakat, A., Ghafiri, A., El Moutaki, S., Ettaqy, A., & Khellouk, R. (2017). Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: A case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). Geoscience Letters, 4(1), 25. https://doi.org/10.1186/s40562-017-0091-6

Elnahal, A. S. M., El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Desoky, E.-S. M., El-Tahan, A. M., Rady, M. M., AbuQamar, S. F., & El-Tarabily, K. A. (2022). The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: A review. European Journal of Plant Pathology, 162(4), 759–792. Scopus. https://doi.org/10.1007/s10658-021-02393-7

EUROPARC Federation. (n.d.). IUCN Guidelines for Ecological Corridors. Retrieved October 31, 2023, from https://www.europarc.org/news/2020/07/iucn-guidelines-for-ecological-corridors/

European Comission. (2023, March 9). International cooperation with Ukraine in research and innovation.. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/europe-world/international-cooperation/association-horizon-europe/ukraine_en

FAO. (December 2022.). Ukraine: Impact of the war on agriculture and rural livelihoods in Ukraine: Findings of a nation-wide rural household survey. https://doi.org/10.4060/cc3311en

FAO. (2022). Ukraine: Note on the impact of the war on food security in Ukraine. https://doi.org/10.4060/cc1025en

FAO. (n.d.). Ecosystem Restoration monitoring | National Forest Monitoring.. Retrieved September 30, 2023, from https://www.fao.org/national-forest-monitoring/areas-of-work/restoration-monitoring/en/

Fathi, M., Haghi Kashani, M., Jameii, S. M., & Mahdipour, E. (2022). Big Data Analytics in Weather Forecasting: A Systematic Review. Archives of Computational Methods in Engineering, 29(2), 1247–1275. https://doi.org/10.1007/s11831-021-09616-4

Ferguson, R. S., & Lovell, S. T. (2014). Permaculture for agroecology: Design, movement, practice, and worldview. A review. Agronomy for Sustainable Development, 34(2), 251–274. https://doi.org/10.1007/s13593-013-0181-6

Fernandez-Lopez C., Posada-Baquero R., & Ortega-Calvo J.-J. (2022). Nature-based approaches to reducing the environmental risk of organic contaminants resulting from military activities. Science of the Total Environment, 843, 157007. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157007

Food Tank. (2023, March 27). The Post-War Recovery of the Ukrainian Agricultural Sector. https://foodtank.com/news/2023/03/post-war-recovery-of-the-ukrainian-agricultural-sector/

Frontiers (2023). Coastal Rewilding as a Nature-Based Solution | Frontiers Research Topic. (n.d.). Retrieved October 31, 2023, from https://www.frontiersin.org/research-topics/48120/coastal-rewilding-as-a-nature-based-solution

Gerwing, T. G., Hawkes, V. C., Gann, G. D., & Murphy, S. D. (2022). Restoration, reclamation, and rehabilitation: On the need for, and positing a definition of, ecological reclamation. Restoration Ecology, 30(7), e13461. https://doi.org/10.1111/rec.13461

GIS University (n.d.). GIS in Agriculture — Two important uses. Retrieved September 30, 2023, from https://gis-university.com/gis-in-agriculture/

Gomes, H. I. (2012). Phytoremediation for bioenergy: Challenges and opportunities. Environmental Technology Reviews, 1(1), 59–66. https://doi.org/10.1080/09593330.2012.696715

Gu, T., Lu, Y., Li, F., Zeng, W., Shen, L., Yu, R., & Li, J. (2023). Microbial extracellular polymeric substances alleviate cadmium toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) by regulating cadmium uptake, subcellular distribution and triggering the expression of stress-related genes. Ecotoxicology and Environmental Safety, 257, 114958. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114958

IISD. (n.d.). EIA Online Learning Platform – Delve into EIA with clear and concise descriptions of its history, approaches and key steps, as well as case studies, country comparisons, and more. (n.d.). Retrieved September 30, 2023, from http://www.iisd.org/learning/eia/

Inobeme, A., Mathew, J. T., Jatto, E., Inobeme, J., Adetunji, C. O., Muniratu, M., Onyeachu, B. I., Adekoya, M. A., Ajai, A. I., Mann, A., Olori, E., Akhor, S. O., Eziukwu, C. A., Kelani, T., & Omali, P. I. (2023). Recent advances in instrumental techniques for heavy metal quantification. Environmental Monitoring and Assessment, 195(4), 452. https://doi.org/10.1007/s10661-023-11058-3

Jaradat, M. A., Bani-Salim, M., & Awad, F. (2018). A Highly-Maneuverable Demining Autonomous Robot: An Over-Actuated Design. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 90(1), 65–80. https://doi.org/10.1007/s10846-017-0654-y

Jha, A. B., Misra, A. N., & Sharma, P. (2017). Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Soil Using Bioenergy Crops. B Phytoremediation Potential of Bioenergy Plants (с. 63–96). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3084-0_3

Kaur, P., Dhir, A., Talwar, S., & Alrasheedy, M. (2021). Systematic literature review of food waste in educational institutions: Setting the research agenda. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 33(4), 1160–1193. https://doi.org/10.1108/IJCHM-07-2020-0672

Koban, L. A., & Pfluger, A. R. (2023). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) exposure through munitions in the Russia–Ukraine conflict. Integrated Environmental Assessment and Management, 19(2), 376–381. https://doi.org/10.1002/ieam.4672

Kulish, H. (2022). Огляд збитків та втрат в АПК. Kyiv School of Economics. https://kse.ua/ua/oglyad-zbitkiv-ta-vtrat-v-apk/

Kulish, H. (n.d.). Підрив Каховської ГЕС завдав Україні щонайменше $2 млрд прямих збитків—Перші обрахунки KSE Institute. Kyiv School of Economics. Retrieved October 16, 2023, from https://kse.ua/ua/about-the-school/news/pidriv-kahovskoyi-ges-zavdav-ukrayini-shhonaymenshe-2-mlrd-pryamih-zbitkiv-pershi-obrahunki-kse-institute/

Kumar, P., & Verma, P. (2022). A Process for Improved Agriculture: Harvest Forecasting. In Dwivedi R.K., Saxena A.Kr., Khan G., & Bhardwaj S. (Eds.), Proc. Int. Conf. Syst. Model. Adv. Res. Trends, SMART (pp. 703–707). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; Scopus. https://doi.org/10.1109/SMART55829.2022.10047435

Li, Q., & Yan, J. (2020). Sustainable agriculture in the era of omics: Knowledge-driven crop breeding. Genome Biology, 21(1), 154. https://doi.org/10.1186/s13059-020-02073-5

Liselotte J (2022). Understanding Loss and Damage: Addressing the unavoidable impacts of climate change. Briefing. Think Tank. European Parliament https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2022)733598

Liu, H., & Jian, H. (2023). ANN-based prediction of ammonia nitrogen for wastewater discharge indicators under carbon neutral trend. Frontiers in Ecology and Evolution, 11, 1199870. https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1199870

Lurgi, M., Wells, K., Kennedy, M., Campbell, S., & Fordham, D. A. (2016). A Landscape Approach to Invasive Species Management. PLOS ONE, 11(7), e0160417. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160417

Maestre, F. T., Solé, R., & Singh, B. K. (2017). Microbial biotechnology as a tool to restore degraded drylands. Microbial Biotechnology, 10(5), 1250–1253. https://doi.org/10.1111/1751-7915.12832

MathWorks (n.d.). Predictive Modeling—Time-Series Regression, Linear Regression Models. Retrieved September 30, 2023, from https://www.mathworks.com/discovery/predictive-modeling.html

McKinsey Sustainability. (n.d.). COP27: Financing the transition to net zero. (n.d.). Retrieved October 31, 2023, from https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/sustainability-blog/cop27-financing-the-transition-to-net-zero

Moor, C., Lymberopoulou, T., & Dietrich, V. J. (2001). Determination of Heavy Metals in Soils, Sediments and Geological Materials by ICP-AES and ICP-MS. Microchimica Acta, 136(3), 123–128. https://doi.org/10.1007/s006040170041

Muscat, R. J. (2005). Reviving Agriculture in the Aftermath of Violent Conflict: A Review of Experience. Journal of Peacebuilding & Development, 2(2), 77–92.

Nair, P. K. R., Kumar, B. M., & Nair, V. D. (2022). Historical developments: The coming of age of agroforestry. In An introd. To agrofor.: Four Decades of Scientific dev. (pp. 3–20). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75358-0_1

Nwankwegu, A. S., Zhang, L., Xie, D., Onwosi, C. O., Muhammad, W. I., Odoh, C. K., Sam, K., & Idenyi, J. N. (2022). Bioaugmentation as a green technology for hydrocarbon pollution remediation. Problems and prospects. Journal of Environmental Management, 304, 114313. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114313

OECD (2022), "Environmental impacts of the war in Ukraine and prospects for a green reconstruction", OECD Policy Responses on the Impacts of the War in Ukraine, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9e86d691-en.

Pantera, A., Mosquera-Losada, M. R., Herzog, F., & den Herder, M. (2021). Agroforestry and the environment. Agroforestry Systems, 95(5), 767–774. https://doi.org/10.1007/s10457-021-00640-8

Paria, B., Pani, A., Mishra, P., & Behera, B. (2021). Irrigation-based agricultural intensification and future groundwater potentiality: Experience of Indian states. SN Applied Sciences, 3(4), 449. https://doi.org/10.1007/s42452-021-04417-7

Pearson, S., Camacho-Villa, T. C., Valluru, R., Gaju, O., Rai, M. C., Gould, I., Brewer, S., & Sklar, E. (2022). Robotics and Autonomous Systems for Net Zero Agriculture. Current Robotics Reports, 3(2), 57–64. https://doi.org/10.1007/s43154-022-00077-6

PLOS Collections (2021, July 13). Rewilding and Restoration. https://collections.plos.org/collection/rewilding-restoration/

Posthumus, A. C. (1983). Higher Plants as Indicators and Accumulators of Gaseous Air Pollution. In E. P. H. Best & J. Haeck (Eds.), Ecological Indicators for the Assessment of the Quality of Air, Water, Soil, and Ecosystems: Papers presented at a Symposium held in Utrecht, October 1982 (pp. 263–272). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-6322-1_9

Raimundo, F., Glória, A., & Sebastião, P. (2021). Prediction of Weather Forecast for Smart Agriculture supported by Machine Learning. 2021 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT), 0160–0164. https://doi.org/10.1109/AIIoT52608.2021.9454184

Raj, A. J. (2017). Role of trees and woody vegetation in soil fertility enrichment and food security in dryland agroforestry as a climate smart agriculture strategy. International Journal of Tropical Agriculture. https://www.academia.edu/45066394/Role_of_trees_and_woody_vegetation_in_soil_fertility_enrichment_and_food_security_in_dryland_agroforestry_as_a_climate_smart_agriculture_strategy

Rani J. & Paul B. (2023). Challenges in arid region reclamation with special reference to Indian Thar Desert—its conservation and remediation techniques. International Journal of Environmental Science and Technology, 20(11), pp. 12753–12774 https://doi.org/10.1007/s13762-022-04746-z

Ranjan, R. (2021). Payments for ecosystems services-based agroforestry and groundwater nitrate remediation: The case of Poplar deltoides in Uttar Pradesh, India. Journal of Cleaner Production, 287, 125059. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125059

Rewilding Europe (2022, February 2). Rewilding efforts boost natural water flow further in the Ukrainian Danube Delta.. https://rewildingeurope.com /news/rewilding-efforts-boost-natural-water-flow-further-in-the-ukrainian-danube-delta/

Rieznik, S., Havva, D., Chekar, O. (2021). Enzymatic activity of typical chernozems under the conditions of the organic farming systems. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXIV(2), 114-119.

Rieznik, S., Havva, D., Butenko, A., Novosad, K. (2021). Biological activity of chernozems typical of different farming practices. *Agraarteadus*, 32(2), 307-313. https://doi.org/10.15159/jas.21.34

Rieznik, S., Havva, D., Dehtiarov, V., & Pachev, I. (2023). Dynamics of the Number of Functional Groups of Microorganisms under Different Farming Systems. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 26(1), 549–567

Saber, M., El-Ashry, S., Nizinski, J., Montoroi, J.-P., & Zaghloul, A. (2015). Chemical characterization of sewage effluent repetitively used in arid soils irrigation. Phytotechnologies for Sustainable Development. 12th International Conference, International Phytotechnology Society, 2015 September 27-30 Hilton Garden Inn - Manhattan, KS

Saeed, K., Legramante, J. M., Angeletti, S., Curcio, F., Miguens, I., Poole, S., Tascini, C., Sozio, E., & Del Castillo, J. G. (2021). Mid-regional pro-adrenomedullin as a supplementary tool to clinical parameters in cases of suspicion of infection in the emergency department. Expert Review of Molecular Diagnostics, 21(4), 397–404. https://doi.org/10.1080/14737159.2021.1902312

Saha, L., Tiwari, J., Bauddh, K., & Ma, Y. (2021). Recent Developments in Microbe–Plant-Based Bioremediation for Tackling Heavy Metal-Polluted Soils. Frontiers in Microbiology, 12. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.731723

Satellite Imaging Corp. (n.d.). GIS Maps for Agriculture Mapping. Retrieved September 30, 2023, from https://www.satimagingcorp.com/services/geographic-information-systems/gis-maps-agriculture-mapping/

Shahid, M., Khan, M. S., & Singh, U. B. (2023). Pesticide-tolerant microbial consortia: Potential candidates for remediation/clean-up of pesticide-contaminated agricultural soil. Environmental Research, 236, 116724. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116724

Shepard, M. (2020). Water for Any Farm: Applying Restoration Agriculture Water Management Methods on Your Farm. USA: Acres U.S.A.

Shikha, D., & Singh, P. K. (2021). In situ phytoremediation of heavy metal–contaminated soil and groundwater: A green inventive approach. Environmental Science and Pollution Research, 28(4), 4104–4124. Scopus. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11600-7

Simelton, E., Carew-Reid, J., Coulier, M., Damen, B., Howell, J., Pottinger-Glass, C., Tran, H. V., & Van Der Meiren, M. (2021). NBS Framework for Agricultural Landscapes. Frontiers in Environmental Science, 9, 678367. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.678367

Skydan, O., Nykolyuk, O., Pyvovar, P., & Topolnytskyi, P. (2023). Methodological foundations of information support for decision-making in the field of food, environmental, and socio-economic components of national security. Scientific Horizons, 26(1), 87–101. https://doi.org/10.48077/scihor.26(1).2023.87-101

Stoddard, I., Anderson, K., Capstick, S., Carton, W., Depledge, J., Facer, K., Gough, C., Hache, F., Hoolohan, C., Hultman, M., Hällström, N., Kartha, S., Klinsky, S., Kuchler, M., Lövbrand, E., Nasiritousi, N., Newell, P., Peters, G. P., Sokona, Y., … Williams, M. (2021). Three decades of climate mitigation: Why haven't we bent the global emissions curve? Annual Review of Environment and Resources, 46(1), Article 1. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-011104

Superagronom.com (2021). Вміст гумусу в ґрунтах знижується, кислотність зростає—Дослідження. (n.d.).. Retrieved October 31, 2023, from https://superagronom.com/news/12311-vmist-gumusu-v-gruntah-znijuyetsya-kislotnist-zrostaye--doslidjennya

Sydorenko, S. (2020). Управління зоною пригнічення лісових смуг: ефективні методи комбінованого режиму ведення господарства. Матеріали міжнародної науково-практичної

конференції Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, лісовому та садово-парковому господарстві», 30 жовтня 2020 року, Біла Церква.

Sytar, O., & Taran, N. (2022). Effect of heavy metals on soil and crop pollution in Ukraine – a review. Journal of Central European Agriculture, 23(4), 881–887. https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.4.3603

Tiodar, E. D., Văcar, C. L., & Podar, D. (2021). Phytoremediation and Microorganisms-Assisted Phytoremediation of Mercury-Contaminated Soils: Challenges and Perspectives. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(5), Article 5. https://doi.org/10.3390/ijerph18052435

Transpanancy International Ukraine (2022, May 19). Reconstruction of Ukraine after the war—Transparency International Ukraine. https://ti-ukraine.org/en/blogs/reconstruction-of-ukraine-after-the-war/

U.S. Agency for International Development Agriculture Resilience Initiative—Ukraine (AGRI - Ukraine) | Fact Sheet | Ukraine. (2023, July 18).. https://www.usaid.gov/ukraine/agriculture-resilience-initiative-agri-ukraine

UNEP (2022, October 14). The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine: A Preliminary Review. UNEP - UN Environment Programme. http://www.unep.org/resources/report/environmental-impact-conflict-ukraine-preliminary-review

Vallejo-Gómez, D., Osorio, M., & Hincapié, C. A. (2023). Smart Irrigation Systems in Agriculture: A Systematic Review. Agronomy, 13(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/agronomy13020342

van Noordwijk, M., Gitz, V., Minang, P. A., Dewi, S., Leimona, B., Duguma, L., Pingault, N., & Meybeck, A. (2020). People-Centric Nature-Based Land Restoration through Agroforestry: A Typology. Land, 9(8), Article 8. https://doi.org/10.3390/land9080251

Vincent-Caboud, L., Casagrande, M., David, C., Ryan, M. R., Silva, E. M., & Peigne, J. (2019). Using mulch from cover crops to facilitate organic no-till soybean and maize production. A review. Agronomy for Sustainable Development, 39(5), 45. https://doi.org/10.1007/s13593-019-0590-2

Volkohon, V.V. (2012). Microbiological aspects of reproduction of soil fertility. *Bulletin of Agricultural Science*, 9, 9–14.

Welsh, C., & Dodd, E. (2022). Rebuilding Ukraine's Agriculture Sector: Emerging Priorities. https://www.csis.org/analysis/rebuilding-ukraines-agriculture-sector-emerging-priorities

Wierzbowska, J., Kovačik, P., Sienkiewicz, S., Krzebietke, S., & Bowszys, T. (2018). Determination of heavy metals and their availability to plants in soil fertilized with different waste substances. Environmental Monitoring and Assessment, 190(10), 567. https://doi.org/10.1007/s10661-018-6941-7

World Bank, Government of Ukraine, European Union, United Nations (2023). Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment: February 2022 - February 2023. World Bank. Retrieved October 18, 2023, from https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099184503212328877/P1801740d1177f03c0ab180057556615497

World Bank. (n.d.). Sustainable Finance. Retrieved October 31, 2023, from https://www.worldbank.org/en/topic/financialsector/brief/sustainable-finance

Wu, B., Peng, H., Sheng, M., Luo, H., Wang, X., Zhang, R., Xu, F., & Xu, H. (2021). Evaluation of phytoremediation potential of native dominant plants and spatial distribution of heavy metals in abandoned mining area in Southwest China. Ecotoxicology and Environmental Safety, 220, 112368. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112368

Yakymchuk, A., Panukhnyk, O., Horal, L., Hrynkevych, S., & Rohozian, Y. (2023). Development of territorial communities: Aspects of natural capital conservation and budget financing. Ser. Earth Environ. Sci. 150(1), 012004. Institute of Physics; Scopus. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1150/1/012004

Zhang, Y., Yin, Z., Li, S., Zhang, J. J., Sun, H. Z., Liu, K., Shirai, K., Hu, K., Qiu, C., Liu, X., Li, Y., Zeng, Y., & Yao, Y. (2023). Ambient PM2.5, ozone and mortality in Chinese older adults: A nationwide cohort analysis (2005–2018). Journal of Hazardous Materials, 454, 131539. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131539

Zakharchenko, E., Datsko, O., Mishchenko, Y., Melnyk, A., Kriuchko, L., Rieznik, S., Hotvianska, A. (2023). Efficiency of biofertilizers when growing corn for grain. *Modern Phytomorphology*. 17, 50-56. https://doi.org/10.5281/zenodo.2023-17-200117

БТУ-Центр. (2017). Бактерії для озимих. *The Ukrainian Farmer*. https://btu-center.com/publication/2020/bakterii-dlya-ozimikh/

Болоховський, В.В., Болоховський, В.В., Гаркот, В.С., Назарук, С.В., Прозур, В.П., Калінкін, О.Г., Бульбас, В.М., Черненко, Т.М., Іванов, В.Д. (2002). *Спосіб очистки та відновлення ґрунтів, забруднених нафтою, нафтопродуктами і мінеральними солями пластових вод* (Patent 50955). https://uapatents.com/8-50955-sposib-ochistki-ta-vidnovlennya-gruntiv-zabrudnenikh-naftoyu-naftoproduktami-i-mineralnimi-solyami-plastovikh-vod.html

Іщенко В (2023). «Бомба уповільненої дії». Як за рік великої війни погіршилася екологічна ситуація в Україні. (n.d.). Retrieved October 17, 2023, from https://novosti.dn.ua/article/8376-bomba-upovilnenoyi-diyi-yak-za-rik-velykoyi-vijny-pogirshylasya-ekologichna-sytuatsiya-v-ukrayini

ЕкоЗагроза. (n.d.). ЕкоЗагроза. Retrieved October 18, 2023, from https://ecozagroza.gov.ua/

Кабінет Міністрів України (2022). Про затвердження Порядку розроблення, проведення громадського обговорення, погодження програм комплексного відновлення області, території територіальної громади (її частини) та внесення змін до них. (n.d.). Офіційний вебпортал парламенту України. Retrieved October 22, 2023, from https://zakon.rada.gov.ua/go/1159-2022-%D0%BF

Комітет держвлади, місцсамоврядування, регрозвитку та містобудування. (2023). План дій з розробки Програми комплексного відновлення територій громад—Експертні пропозиції. Retrieved October 23, 2023, from https://decentralization.gov.ua/news/16609

Леонов О. (2023, July 6). Про екологічні наслідки військової агресії росії та перспективи їх подолання. Укрінформ. https://www.ukrinform.ua/rubric-polytics/3732026-pro-ekologicni-naslidki-vijskovoi-agresii-rosii-ta-perspektivi-ih-podolanna.html

Матвєєв М. (2023). Сільське господарство та ринок сільськогосподарських земель України: Вплив війни. Вокс Україна. Retrieved October 18, 2023, from https://voxukraine.org/silske-gospodarstvo-ta-rynok-silskogospodarskyh-zemel-ukrayiny-vplyv-vijny

Приседська В., Шрамович В. (n.d.). Як війна руйнує природу України. BBC News Україна. Retrieved October 18, 2023, from https://bbc.com/ukrainian/extra/mwu5sxghvc/ukraine_war_damaged_nature

Слово і Діло (2022). Природа та війна: Як російська агресія вплинула на довкілля. (2023, October 22). https://www.slovoidilo.ua/2022/11/08/infografika/suspilstvo/pryroda-ta-vijna-yak-rosijska-ahresiya-vplynula-dovkillya