

35. Dazzi C., Lo Papa G. Anthropogenic soils: general aspects and features. *Ecosystems*. 2015. Vol. 1, №1. P. 3–8.
36. Hamilton C. The Anthropocene as rupture. *The Anthropocene Review*. 2016. Vol. 3, №2. P. 93–106.
37. de Groot R., Brander L., van der Ploeg S., Costanza R., et al. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*. 2012. Vol. 1, №1. P. 50–61.
38. Schwilch G., Bernet L., Fleskens L., Giannakis E., et al. Operationalizing ecosystem services for the mitigation of soil threats: A proposed framework. *Ecological Indicators*. 2016. Vol. 67. P. 586–597.
39. Sagoff M. On the Economic Value of Ecosystem Services. *Environmental Values*. 2008. Vol. 17, №2. P. 239–257.

УДК 631.879.34

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.51>

ОЦІНКА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИСТКИ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ АГРОЦЕНОЗІВ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

Цьова Ю.А. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля,

Полтавський державний аграрний університет

Все більш широкого напрямку набуває використання пробіотичних та бактеріальних препаратів для інтенсифікації процесів очистки ґрунту. Особливо дане питання актуалізується в умовах воєнних дій на Україні. Для визначення можливих шляхів ремедіації ґрунту, забрудненого важкими металами та нафтопродуктами використано метод проростків. Для експрес-тестів фітотоксичності використано *Triticum aestivum*. Всі досліді проведені в чотириразній повторності.

Встановлено, що у результаті використання пробіотичних препаратів на найбільш забрудненому ґрунті (Zn+Pb+НП) покращення біометричних показників у порівнянні з неочищеним ґрунтом складо: на 61% по пророслому насінню; на 50–55% по довжині сходів та довжині коренів; на 28–30% по масі наземної частини та кореневої системи.

Таким чином, у результаті проведеної біологічної очистки ґрунту пробіотичними препаратами *Sviteko-Agrobiotic-01* (розведення 1:100) із різними забрудненнями (важкими металами та нафтопродуктами) фітотоксичність усіх зразків складо менше 20% за біометричними показниками *Triticum aestivum*, тобто фітотоксичність відсутня. Окрім того, у результаті очистки контрольного зразка та зразка, забрудненого нафтопродуктами спостерігається значне покращення біометричних показників *Triticum aestivum*.

Одержані результати свідчать, що на найбільш забрудненому ґрунті спостерігалось покращення біометричних показників, яке складо 86–92% від чистого контролю. Тобто, якщо погіршення даних показників на забрудненому ґрунті складо 33–43% у порівнянні з чистим контролем, то на очищеному ґрунті дані показники погіршилися тільки на 7–10%.

На основі проведеної економічної та екологічної ефективності внаслідок оптимізації екологічно (збиток за забруднення довкілля) та економічного (чистий дохід) критеріїв встановлено, що запропоновані методи відновлення техногенно забруднених земель за допомогою пробіотичних препаратів внаслідок воєнних дій на Україні є як економічно, так і екологічно ефективними заходами.

Одержані результати досліджень можуть бути використані при розробці рекомендації щодо відновлення техногенно забруднених земель внаслідок воєнних дій на Україні та повернення їх у господарських обіг у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроecosистем.

Ключові слова: ґрунт, очищення, біологічні методи, важкі метали, фітотоксичність, ефективність.

Tsova Yu.A. Assessment of the environmental and economic efficiency of cleaning technologically contaminated agroecosystems as a consequence of military actions

The use of probiotic and bacterial preparations for the intensification of soil purification processes is becoming more and more widespread. This issue is especially relevant in the context of military operations in Ukraine. The seedling method was used to determine possible ways of remediation of soil contaminated with heavy metals and oil products. Triticum aestivum was used for rapid tests of phytotoxicity. All experiments were carried out in quadruplicate.

It was found that as a result of the use of probiotic preparations on the most polluted soil (Zn+Pb+NP), the improvement of biometric indicators in comparison with untreated soil amounted to: 61% in terms of germinated seeds; by 50–55% in the length of the shoots and the length of the roots; by 28–30% by weight of the ground part and root system.

Thus, as a result of the biological treatment of soil with probiotic preparations Sviteko-Agrobiotic-01 (dilution 1: 100) with various contaminants (heavy metals and oil products), the phytotoxicity of all samples was less than 20% according to the biometric indicators of Triticum aestivum, i.e. there is no phytotoxicity. In addition, as a result of cleaning the control sample and the sample contaminated with petroleum products, a significant improvement in the biometric indicators of Triticum aestivum is observed.

The obtained results indicate that the most contaminated soil showed an improvement in biometric indicators, which amounted to 86–92% of the clean control. That is, if the deterioration of these indicators on the contaminated soil was 33–43% compared to the clean control, then on the cleaned soil these indicators worsened by only 7–10%.

Based on the conducted economic and ecological efficiency as a result of the optimization of ecological (damages due to environmental pollution) and economic (net income) criteria, it was established that the proposed methods of restoring technologically polluted lands with the help of probiotic preparations as a result of military actions in Ukraine are both economically and ecologically effective measures.

The obtained research results can be used in the development of recommendations for the restoration of technogenically polluted lands as a result of military actions in Ukraine and their return to economic circulation in the context of ensuring ecological and food security of the region and creating sustainable agroecosystems.

Key words: soil, purification, biological methods, heavy metals, phytotoxicity, efficiency.

Постановка проблеми. Ґрунтовий покрив є саморегулюючим біологічної системою, найважливішою частиною біосфери в цілому. Серед безлічі техногенних факторів, які впливають на ґрунтовий покрив, особливе місце займає забруднення ґрунтів важкими металами, такими як цинк, свинець, кадмій, а також нафтопродуктами. Особливо дане питання актуалізується в сучасних умовах ведення воєнних дій в Україні.

За даними ОБСЄ [1] під час детонації ракет та артилерійських снарядів утворюється низка хімічних сполук, а також велика кількість токсичної органіки, окислюються навколишні ґрунти, деревина, дернина, конструкції. Забруднення, які потрапляють у атмосферне повітря та водне середовище, вторинно забруднює ґрунтовий покрив. Металеві уламки снарядів, що потрапляють у довкілля, також не є безпечними та цілковито інертними. Чавун із домішками сталі є найбільш поширеним матеріалом для виробництва оболонки босприпасів та містить у своєму складі не лише стандартні залізо та вуглець, а й сірку та мідь. Ці речовини потрапляють до ґрунту і можуть мігрувати до ґрунтових вод і в результаті потрапляти до харчових ланцюгів, впливаючи і на тварин, і на людей [2]. У менших масштабах, але з більшою різноманітністю впливів, джерелом забруднення є також згорілі танки, транспортні засоби, збиті літаки та інші залишки бойових дій.

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

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Все більш широкого напрямку набуває використання пробіотичних та бактеріальних препаратів для інтенсифікації процесів очистки ґрунту. Зокрема, даними дослідженнями займалися такі науковці та вчені як: Ван Хервейнена Р., Бондаренко Ю.Г., Демонд Г., Маркін В.В., Патица В.Ф., Волкогон В.В., Писаренко П.В., Самойлік М.С., Zhang Y. та багато інших [2–9]. Як зазначають дослідники Інституту мікробіології та вірусології ім. Заболотного, одним із перспективних методів очищення різних компонентів довкілля є використання пробіотичних препаратів [10]. Досліджено ефективність використання пробіотиків для очистки стічних вод [11–13], наявні дослідження щодо використання пробіотиків у боротьбі з евтрофікацією водоймищ [14–15]. Пробіотичні препарати (пробіотики) складаються з пробіотичних бактерій та ферментів і не містять хімічних й мінеральних забруднювачів. За способом застосування пробіотики можна умовно віднести до класу реагентів, але завдяки своїй екологічності, вони не мають негативного впливу на якість води чи ґрунту у порівнянні з хімічними методами. Пробіотичні бактерії за визначенням є непатогенними, нетоксичними, володіють високою адгезивною та антагоністичною здатністю до патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів.

На даний час, при всьому комплексі методів відновлення техногенно порушених земель, що наводяться у науковій літературі, питання використання біологічних методів, зокрема пробіотичних препаратів, для очищення ґрунтів від важких металів, нафтопродуктів, мікробіологічного забруднення, є на сьогодні недостатньо вивченими. Це, в свою чергу, потребує обґрунтування та експериментального дослідження ефективності використання пробіотичних препаратів, як інноваційних екологоорієнтованих методів очищення та відновлення техногенно забруднених ґрунтів.

Метою роботи стало експериментально довести ефективність використання пробіотичних препаратів для очистки та відновлення техногенно забруднених агроценозів, внаслідок воєнних дій на Україні. Головним завданням досліджень стало оцінити фітотоксичність ґрунту, забрудненого важкими металами та нафтопродуктами, до і після очистки води пробіотичними препаратами, а також визначити ефективність їх використання.

Постановка завдання. Для визначення можливих шляхів ремедіації ґрунту, забрудненого важкими металами та нафтопродуктами використано метод проростків [16–17]. Для експрес-тестів фітотоксичності використано *Triticum aestivum*. Спосіб заснований на реакції дослідної культури на внесення в ґрунт різних забруднювачів. Це дозволяє виявити токсичну або стимулюючу дію тих чи інших речовин [18]. Визначається фітотоксичність ґрунту за величиною фітотоксичного ефекту за кількістю рослин, що виростили з моменту посіву насіння на 7 добу, розмірами та масою рослин (наземної й кореневої частини) на 14 добу.

Визначення фітотоксичного впливу ґрунтового середовища на біометричні показники рослин *Triticum aestivum* здійснювали на підставі розрахунку за формулою [19–20]:

$$\Phi E = [(M_o - M_k) / M_o] \times 100 \%,$$

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

M_k – маса або ростові показники рослин, що досліджується.

Всі досліді проведені в чотирикратній повторності. Для дослідження методів ремедіації забрудненого ґрунту проводили попереднє модельне забруднення свинцем та цинком (у вигляді $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}$ і $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$) та нафтопродуктами в концентраціях 2,0 ГДК, тобто, відповідно Наказу МОЗ від 14.07.2020 № 1595 «Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті» [21] при перерахунку на свинець (П) – 64 мг/кг (валовий вміст), з них 12,0 мг/кг (рухлива форма), при перерахунку на цинк (Ц) – 200 мг/кг (валовий вміст), з них 46,0 мг/кг (рухлива форма, рухливу форму елемента вилучають з ґрунту ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8). Дані концентрації важких металів відповідають середньому рівню забруднення територій за даними ОБСЄ на території Сходу України внаслідок воєнних дій [22–23].

Дослід проводився за наступною схемою: контрольні зразки (К); зразки, що містять нафтопродукти у розмірі 2 ГДК (2000 мг/кг); зразки, що містять цинк (Zn); зразки, що містять свинець (Pb); зразки, що містять свинець і цинк (Pb + Zn); зразки, містять свинець, цинк і нафтопродукти (НП + Ме). Очищення забрудненого ґрунту проводилося біологічними методами, використовуючи пробіотик *Sviteko-Agrobiotic-01* (розведення 1: 100) [24]. В окремі посудини висаджено насіння *Triticum aestivum* (по 100 шт.). Закладено чотири дослідні ділянки з трикратним повторенням. У процесі проведення експерименту оцінювали проростання насіння рослин, вимірювали висоту та масу наземної частини, а так само довжину й масу коренів рослин.

У даному дослідженні використано пробіотичні препарати *Sviteko* (*Sviteko-Agrobiotic-01*), виробник ОВ «НВП Еко-Країна», с. Терешки, Полтавська обл., Україна, основними мікроорганізмами яких є *Bacillus subtilis*.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Для визначення можливих шляхів ремедіації ґрунту, забрудненого важкими металами та нафтопродуктами проведено низку дослідів. Для експрес-тестів фітотоксичності використано *Triticum aestivum*. Очищення забрудненого ґрунту проводилося біологічними методами, використовуючи пробіотик *Sviteko-Agrobiotic-01* (розведення 1:100) [24]. Порівняння біометричних показників *Triticum aestivum* на зразках ґрунту до і після очистки пробіотичними препаратами (дані фіксувалися на 7 добу після очищення) приведено на табл. 1.

За результатами одержаних даних встановлено, що використання пробіотичних препаратів на найбільш забрудненому ґрунті (Zn+Pb+НП) покращення біометричних показників у порівнянні з неочищеним ґрунтом склало: на 61% по пророслому насінню; на 50–55% по довжині сходів та довжині коренів; на 28–30% по масі наземної частини та кореневої системи. Також на найбільш забрудненому ґрунті покращення біометричних показників склало 86–92% від чистого контролю.

Тобто, якщо погіршення даних показників на забрудненому ґрунті склало 33–43% у порівнянні з чистим контролем, то на очищеному ґрунті дані показники погіршилися тільки на 7–10%.

Результати оцінки фітотоксичності до і після ремедіації ґрунту пробіотичним препаратом *Sviteko-Agrobiotic-01* (1:100 розведення) приведені на рис. 1.

Таким чином, у результаті проведеної біологічної очистки ґрунту пробіотичними препаратами *Sviteko-Agrobiotic-01* (розведення 1: 100) із різними

Таблиця 1

Біометричні показники зразків ґрунту, забруднених важкими металами нафтопродуктами, до і після біологічної очистки за допомогою пробіотику

Варіанти	Частка пророщеного насіння, %	Довжина сходів, см	Середня довжина коренів, см.	Вага наземної частини, г	Вага кореневої системи, г.
<i>До біологічної очистки за допомогою пробіотику</i>					
К	89	15,1	11,2	2,98	1,1
НП	69	10,9	7,6	2,18	0,81
Zn	74	12,5	8,9	2,17	0,84
Pb	70	11,8	8,6	2,29	0,95
Zn+Pb	60	10,3	7,9	2,15	0,8
Zn+Pb+НП	51	9,2	6,5	1,98	0,72
<i>Після біологічної очистки за допомогою пробіотику</i>					
К	95	16,8	11,8	3,12	1,3
НП	90	15,5	10,8	3,02	1,08
Zn	84	14,5	10,1	2,71	1,02
Pb	80	14,1	10	2,64	0,98
Zn+Pb	77	13,1	9,6	2,5	0,93
Zn+Pb+НП	82	13,8	10,1	2,54	0,97

забрудненнями (важкими металами та нафтопродуктами) фітотоксичність усіх зразків склала менше 20% за біометричними показниками *Triticum aestivum*, тобто фітотоксичність відсутня. Окрім того, у результаті очистки контрольного зразка та зразка, забрудненого нафтопродуктами спостерігається значне покращення біометричних показників *Triticum aestivum*. Це можна пояснити покращенням мікробіологічного ценозу ґрунту у результаті внесення пробіотику, а також тим, що нафтопродукти виступають середовищем живлення для пробіотичних мікроорганізмів, тому при їх наявності збільшується ефективність дії пробіотиків. Тобто, якщо погіршення даних показників на забрудненому ґрунті склало 33–43% у порівнянні з чистим контролем, то на очищеному ґрунті дані показники погіршилися тільки на 7–10%.

Результати оцінки фітотоксичності до і після ремедіації ґрунту пробіотичним препаратом Sviteko-Agrobiotic-01 (1:100 розведення) приведені на рис. 1.

Таким чином, у результаті проведеної біологічної очистки ґрунту пробіотичними препаратами Sviteko-Agrobiotic-01 (розведення 1: 100) із різними забрудненнями (важкими металами та нафтопродуктами) фітотоксичність усіх зразків склала менше 20% за біометричними показниками *Triticum aestivum*, тобто фітотоксичність відсутня. Окрім того, у результаті очистки контрольного зразка та зразка, забрудненого нафтопродуктами спостерігається значне покращення біометричних показників *Triticum aestivum*. Це можна пояснити покращенням мікробіологічного ценозу ґрунту у результаті внесення пробіотику, а також тим, що нафтопродукти виступають середовищем живлення для пробіотичних мікроорганізмів, тому при їх наявності збільшується ефективність дії пробіотиків.

Доцільність кожного агротехнічного прийому пояснюються його економічною оцінкою. Проведено аналіз економічної ефективності вирощування озимої пшениці в умовах воєнних дій на Україні (табл. 2) на основі модельного експерименту.



Рис. 1. Фітотоксичний ефект зразків ґрунту, забруднених важкими металами нафтопродуктами, до і після біологічної очистки за допомогою пробіотику, % (а – до очистки, б – після очистки)

При цьому, враховуючи результати попередніх лабораторних досліджень по біометричним показникам на *Triticum aestivum*, економічна оцінка ґрунтувалася на ряді припущень:

- враховуючи результати оцінки на найбільш забрудненому досліді (Zn+Pb+NP, 2ГДК), зокрема щодо зниження біометричних показників на 33–42% (у тому числі по частці пророслого насіння – 42%), урожайність на забрудненій ділянці приймається нижчою на 30% (найгірший варіант) у порівнянні зі звичайним ґрунтом (фонове забруднення, без додаткових агротехнічних заходів);
- враховуючи результати ремедіації за допомогою пробіотику *Sviteko-Agrobiotic-01* (розведення 1:100), урожайність на очищеному ґрунті пробіотиком приймається нижчою на 10% у порівнянні зі звичайним (фоновим) ґрунтом.

Аналіз економічної ефективності вирощування озимої пшениці на забруднених ґрунтах показав, що найбільш високі її показники отримані на варіанті, де застосовували пробіотик (100 л/га, 10% розведення). Чистий прибуток у даному варіанті складає 18479,1 грн, рентабельність 106,7%, тоді як на забрудненому контролі відповідно 13045,7 грн., 87,8%.

Таблиця 2

Економічна та енергетична ефективність вирощування *Triticum aestivum* на забрудненому ґрунті та після його очистки*

Показники на 1 га	Контроль (забруднений)	Пробіотик, 100 л/га
Урожайність, ц	27,9*	35,8*
Вартість урожаю, грн.	27900	35800
Виробничі витрати, грн	14854,4	17320,9
Чистий прибуток, грн	13045,7	18479,1
Рентабельність, %	87,8	106,7
Енергетичні затрати, МДж	17989,91	19913,5
Енергоємність продукції, МДж	45900,5	58897,4
Коефіцієнт енергетичної ефективності	2,6	3,0

Таблиця 3

Розрахунок еколого-економічного збитку за забруднення ґрунтів внаслідок бойових дій під час дії воєнного стану після їх очистки

Забруднюючі речовини	Розмір шкоди, грн	Питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення ґрунтів відповідної земельної ділянки	Нормативна грошова оцінка земельної ділянки, ґрунти якої зазнали забруднення, грн/кв.м	Площа земельної ділянки, ґрунти якої зазнали забруднення, кв.м;	Коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини	Коефіцієнт, що застосовується для врахування природоохоронної цінності земельної ділянки	Вартість рекультивації земель, забруднених внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану
<i>Розрахунок забрудненої ділянки (контроль), на 1 га</i>							
Нафтопродукти, $P_{ш1}$	664200	1,5	3,39	10 000	4	3	54000
Свинець, $P_{ш2}$	664200	1,5	3,39	10 000	4	3	54000
Цинк, $P_{ш3}$	664200	1,5	3,39	10 000	4	3	54000
Сумарний розмір $P_{ш.заг.} = 0,5 \times (P_{ш1} + P_{ш2} + P_{ш3})$	996300						
<i>Розрахунок очищеної ділянки пробіотиком, на 1 га</i>							
Нафтопродукти, $P_{ш1}$	117643,3	1,1**	3,39	10 000	1*	3	5773,3****
Свинець, $P_{ш2}$	117643,3	1,1	3,39	10 000	1	3	5773,333
Цинк, $P_{ш3}$	117643,3	1,1	3,39	10 000	1	3	5773,333
Сумарний розмір $P_{ш.заг.} = 0,5 \times (P_{ш1} + P_{ш2} + P_{ш3})$	176465						

* – зменшено до 1, враховуючи результати аналізу вмісту важких металів та нафтопродуктів після очистки, усереднені дані 2 ГДК до очистки, 0,5ГДК після очистки.

** – зменшено до 1,1 враховуючи результати оцінки фітотоксичності, вплив забруднення зменшився до 70% у порівнянні з контролем.

*** – зменшено до 0,1 враховуючи результати оцінки фітотоксичності, вплив забруднення відсутній у порівнянні з контролем;

**** – дані відповідно розрахунків витрат на очищення, поділених на кількість забруднень. * – зменшено до 1, враховуючи результати аналізу вмісту важких металів та нафтопродуктів після очистки, усереднені дані 2 ГДК до очистки, 0,5ГДК після очистки. ** – зменшено до 1,1 враховуючи результати оцінки фітотоксичності, вплив забруднення зменшився до 70% у порівнянні з контролем.

*** – зменшено до 0,1 враховуючи результати оцінки фітотоксичності, вплив забруднення відсутній у порівнянні з контролем;

**** – дані відповідно розрахунків витрат на очищення, поділених на кількість забруднень.

Відповідно до [25–26] проведено розрахунок збитку за забруднення 1 га важкими металами та нафтопродуктами (при вмісті забруднюючих речовин 2ГДК) та приведено у табл. 3.

Реалізація будь-яких заходів потребує оптимізації агроекологічних та економічних критеріїв ефективності їх реалізації. Проведена оптимізація екологічних та економічних критеріїв (рис. 2) для запропонованих технологій відновлення техногенно забруднених земель сільськогосподарського призначення внаслідок воєнних дій на Україні у порівнянні із існуючою ситуацією (контроль, відновлювальні заходи відсутні).

За екологічний критерій визначено розмір збитку за забруднення ґрунтів на площі 1 га, грн, за економічний – чистий дохід від реалізації сільськогосподарської продукції на площі 1 га, грн.

За даними рис. 2 бачимо що, точка *O* – максимальний оптимум екологічного і економічного критерію ефективності реалізації заходів. Відстань *a* (відповідає базовому сценарію – контроль, без очищення) є найдалшою від оптимуму у порівнянні з відстанями *b* (відповідає сценарію очистки пробіотиком).

Висновки і пропозиції. Таким чином встановлено, що у результаті використання пробіотичних препаратів на найбільш забрудненому ґрунті (Zn+Pb+НП) покращення біометричних показників у порівнянні з неочищеним ґрунтом складо: на 61% по пророслому насінню; на 50–55% по довжині сходів та довжині коренів; на 28–30% по масі наземної частини та кореневої системи. Також на найбільш забрудненому ґрунті покращення біометричних показників складо 86–92% від чистого контролю. Тобто, якщо погіршення даних показників на забрудненому ґрунті складо 33–43% у порівнянні з чистим контролем, то на очищеному ґрунті дані показники погіршилися тільки на 7–10%.

У результаті проведеної біологічної очистки ґрунту пробіотичними препаратами *Sviteko-Agrobiotic-01* (розведення 1:100) із різними забрудненнями (важкими металами та нафтопродуктами) фітотоксичність усіх зразків складо менше 20% за біометричними показниками *Triticum aestivum*, тобто фітотоксичність відсутня.

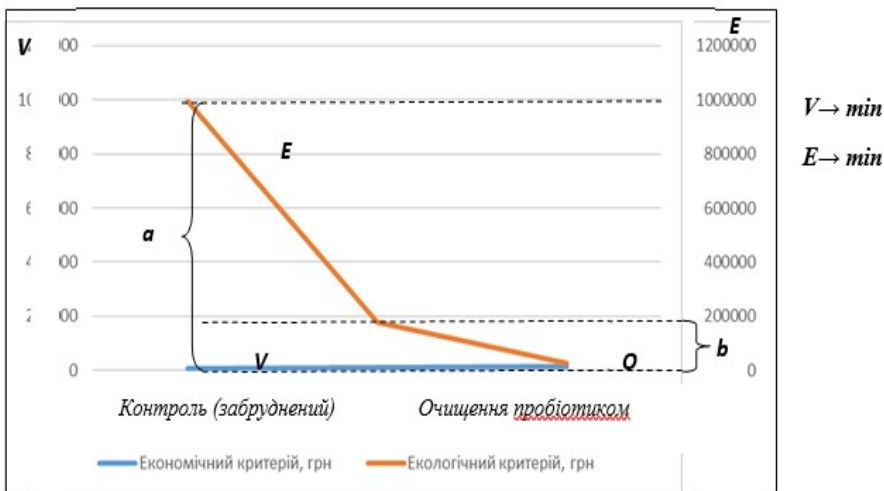


Рис. 2. Оптимізація екологічних та економічних критеріїв ефективності відновлення забруднених агроценозів внаслідок воєнних дій (на площі – 1 га)

Окрім того, у результаті очистки контрольного зразка та зразка, забрудненого нафтопродуктами спостерігається значне покращення біометричних показників *Triticum aestivum*.

На основі проведеної економічної та екологічної ефективності внаслідок оптимізації екологічного (збиток за забруднення довкілля) та економічного (чистий дохід) критеріїв встановлено, що запропоновані методи відновлення техногенно забруднених земель за допомогою пробіотичних препаратів внаслідок воєнних дій на Україні є як економічно, так і екологічно ефективними заходами.

Окрім того, враховуючи головні принципи сталого розвитку, а також положення, відображені у резолюції Генеральної Асамблеї ООН №70/1 від 25 червня 2015 року «Перетворення нашого світу: порядок денний в галузі сталого розвитку на період до 2030 року», у системі відносин людства та природи визначено пріоритетність екологічних та соціальних критеріїв над економічними. Виходячи з цього, основною цінністю суспільства є здоров'я людей та збереження довкілля. Тому, реалізація запланованих заходів відповідає принципам сталого розвитку та є частиною їх реалізації на локальному рівні.

Одержані результати досліджень можуть бути використані при розробці рекомендації щодо відновлення техногенно забруднених земель внаслідок воєнних дій на Україні та повернення їх у господарських обіг у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроecosystem.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Vasyliuk O., Shyriaieva D., Kolomytsev G., Spinova J. Steppe protected areas on the territory of Ukraine in the context of the armed conflict in the Donbas region and Russian annexation of the Crimean Peninsula. *Grassland research and conservation (Bulletin of the Eurasian Dry Grassland Group)*. 2017. № 1 (33). P. 15–23.
2. Маркін В.В. Можливості інтенсифікації очищення міських стічних вод за допомогою пробіотичних засобів. Комунальне господарство міст. *Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова*. 2014. Вип. 114. С. 131–135.
3. Zhang Y., Angelidaki I. A new method for in situ nitrate removal from groundwater using submerged microbial desalination-denitrification cell. *Water Research*. 2019. Vol. 47, №5. P. 1827–1836.
4. Bondarenko Y.G., Samotuga V.V., Papach V.V., Bilyk L.I. Medical-hygienic evolution of the impact of the nitrates of water of decentralized water delivery sources on the health status of the children of the early age. *Environment and Health*. 2011. №4. P. 23–25.
5. Dermont G., Bergeron M., Mercier G., Richer-Lafleche M. Metal-contaminated soils: remediation practices and treatment technologies. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*. 2008. Vol. 12, № 3. P. 188–209.
6. Гуляєва Г.Б., Токовенко І.П., Пасічник Л.А., Патица В.П. Вплив штучної інокуляції штамами фітопатогенних мікроорганізмів, виділених з різних джерел на фізіолого-біохімічні параметри рослин *Galega orientalis*. *ScienceRise: Biological Science*. 2019. №4 (19). С. 10–16.
7. Волкогон В.В., Заришняк А.С., Гриник І.В. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Аграрна наука, 2011. 156 с.
8. Herwijna R. van., Hutchingsb T.R., Al-Tabbaac A., Moffatb A.J., Johnsd M.L. Remediation of metal contaminated soil with mineralamended composts. *Environmental Pollution*. 2007. Vol. 150, № 3. P. 347–354.
9. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О.Ю., Серета М.С., Погосян А.А. Медико-біологічна та токсикологічна оцінка використання біопрепаратів у землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2021. №1. С. 187–196.

10. Karpenko V.P., Poltoretskyi S.P., Liubych V.V., Patyka V.P. Microbiota in the Rhizosphere of Cereal Crops. *Microbiological Journal*. №1. 2021. P. 215–218.
11. Crini G., Montiel A., Badot P. Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique. *Presses universitaires de French-Comte*, 2017. 348 p.
12. Anjaneyulu Y., Sreedhara Chary & D N., Samuel Suman Raj. Decolourization of Industrial Effluents–Available Methods and Emerging Technologies–A Reviewю. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2005. Volume 4. P. 245–273.
13. Душкін С.С., Коваленко О.М., Дегтяр М.В. Ресурсозберігаючі технології очищення стічних вод: монографія. Харків: ХНАГГ, 2011. 146 с.
14. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О.Ю., Середя М.С., Корчагін О.П. Удосконалення егулювання евтрофікації водних об'єктів за допомогою біологічних методів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. Вип. 2 (101), С. 135–145.
15. Писаренко П.В., Корчагін О.П. Екологічне обґрунтування регулювання процесів евтрофікації водних об'єктів. *Таврійський вісник*. 2020. №114. С. 274–283.
16. ДСТУ ISO 11269-1:2004. Якість ґрунту. Визначення дії забрудників на флору ґрунту. Частина 1. Метод визначання інгібіторної дії на ріст коренів (ISO 11269-1995, IDT). [Чинний від 2005-07-01]. Вид. офіц. Харків: Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського Української Академії аграрних наук, 2005. 184 с.
17. ДСТУ ISO 11269-2: 2002. Якість ґрунту. Визначання дії забрудників на флору ґрунту. Частина 2. Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин (ISO 11269-1995, IDT). [Чинний від 2004-05-01]. Вид. офіц. Київ. Держстандарт України. 2004. 22 с.
18. Грицаєнко Г.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ, 2003. 320 с.
19. Pysarenko P.V., Samoilik M.S., Taranenko A.O., Tsova Yu.A., Sereda M.S. Investigation of the possibility of probiotic use for remediation of contaminated soil of solid domestic waste landfills. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 121, С. 276–286.
20. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О.Ю., Корчагін О.П. Оцінка фітотоксичної дії стічних вод місць захоронення відходів на стійкість *Triticum aestivum*. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. №2. С. 77–85.
21. Наказ МОЗ від 14.07.2020 № 1595 «Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті».
22. Vasyliuk O., Shyriaieva D., Kolomytsev G., Spinova J. Steppe protected areas on the territory of Ukraine in the context of the armed conflict in the Donbas region and Russian annexation of the Crimean Peninsula. *Grassland research and conservation (Bulletin of the Eurasian Dry Grassland Group)*. 2017. № 1 (33). P. 15–23.
23. Планування відновлення довкілля. Аналітична записка. Київ: Екологія. Право. Людина, 2022. 55 с.
24. Pysarenko, P., Samoilik, M., Taranenko, A., Tsova, Y., Sereda, M. Influence of probiotics-based products on phytopathogenic bacteria and fungi in agrocenosis. *Agraarteacus*. 2021. № 32(2). P. 303–306.
25. Постанова КМУ Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації (від 20 березня 2022 року №326).
26. Методика визначення шкоди та збитків, завданих земельному фонду України внаслідок збройної агресії Російської Федерації (Наказ Мінагрополітики та продовольства України від 18.05.2022 р., №295).