

Issue 2. P. 51–61. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.01.003> (дата звернення: 05.04.2021).

17. Батуревич О.О., Берсан Т.О. Продуктивна та економічна ефективність вирощування товарного коропа за використання в годівлі нетрадиційних кормових добавок. *Рибогосподарська наука України*. Київ : ІПГ НААНУ, 2020. № 2 (52). С. 86–96. URL: <https://doi.org/10.15407/fsu2020.02.086> (дата звернення: 05.04.2021).

18. Simon M., Kurinenko H., Kolesnik N. (2020) Economic efficiency of growing early juveniles of russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833) with the introduction of inactivated baker's yeast in their diet. *Рибогосподарська наука України*. Київ : ІПГ НААНУ, 2020. № 2 (52). С. 78–85. URL: <https://doi.org/10.15407/fsu2020.02.078> (дата звернення: 05.04.2021).

19. Hussain D. Effect of Aflatoxins in Aquaculture: Use of Bentonite Clays as Promising Remedy. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2018. P. 1009–1016. URL: http://www.trjfas.org/10.4194/1303-2712-v18_8_10 (дата звернення: 05.04.2021).

20. Bityutskyy V.S., Tsekhmistrenko S.I., Tsekhmistrenko O.S., Oleshko O.A., Heiko L.M. Influence of selenium on redox processes, selenoprotein metabolism and antioxidant status of aquaculture facilities. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 114. Херсон : Видавничий дім Гельветика, 2020. С. 231–240.

21. Ушкаренко В.О., Голобородько В.О., Коковіхін С.В. Методика польового дослідження (зрошувальне землеробство) : навчальний посібник. Херсон : Грінв Д.С., 2014. 448 с.

22. Методи іхтіологічних досліджень : навчальний посібник / Ю.А. Пилипенко, П.Г. Шевченко, В.В. Цедик, В.О. Корнієнко. Херсон : Олді-плюс, 2017. 432 с.

УДК 504.054

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.35>

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ БІОРЕМЕДІАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ НЕСАНКЦІОНОВАНИМИ ЗВАЛИЩАМИ ВІДХОДІВ ЗЕМЕЛЬ

Писаренко П.В. – д.с.-г.н., професор кафедри екології,
збалансованого природокористування та захисту довкілля,
Полтавська державна аграрна академія

Самойлік М.С. – д.е.н., професор кафедри екології,
збалансованого природокористування та захисту довкілля,
Полтавська державна аграрна академія

Тараненко А.О. – к.с.-г.н., доцент кафедри екології,
збалансованого природокористування та захисту довкілля,
Полтавська державна аграрна академія

Середа М.С. – аспірант кафедри екології,
збалансованого природокористування та захисту довкілля,
Полтавська державна аграрна академія

Проблема поводження з твердими побутовими відходами є надзвичайно актуальною для регіонів України. Звалища відходів займають цінні в сільськогосподарському значенні земельні ресурси. Особливу небезпеку створюють несанкціоновані звалища твердих побутових відходів, які забруднюють землі сільськогосподарського призна-

чення та створюють збитки доквілю й сільському господарству. Водночас питання скорочення площ забруднених земель, утворення яких зумовлене несанкціонованими звалищами відходів, їх відновлення й повернення в господарський обіг залишаються актуальними для наукового пошуку. Тому метою досліджень стало наукове обґрунтування ремедіації ґрунтів несанкціонованих звалищ твердих побутових відходів за допомогою пробіотичних препаратів. Результати досліджень хімічного аналізу проб фільтрату показали перевищення ГДК вмісту важких металів і нафтопродуктів. Проведено оцінку фітотоксичного ефекту (ФЕ) ґрунту в районі розміщення несанкціонованого звалища ТПВ на схожість, ріст і кореневу систему висадженого насіння крес-салату (*Lepidium sativum*) до й після обробки пробіотичними препаратами. В експериментальних умовах встановлено, що всі зразки ґрунту після застосування пробіотичних препаратів характеризувалися відсутністю токсичності. Зразки ґрунту Т.2, Т.3 і Т.4 характеризувалися ФЕ за довжиною та масою коренів як високотоксичні, що пов'язано з чутливістю крес-салату до цього діапазону забруднень (важкі метали, нафтопродукти). У результаті застосування пробіотику ці зразки ґрунту характеризувалися як нетоксичні, тобто це вказує на нейтралізацію впливу забруднень. За довжиною та масою наземної частини зразок ґрунту Т.4 характеризувався токсичністю вище за середню, Т.2 і Т.3 – середньою токсичністю. Після очищення ґрунту за допомогою пробіотику ФЕ досліджуваних зразків характеризувався як нетоксичний. У всіх досліджуваних точках зафіксовано чітку динаміку збільшення ефекту очищення при збільшенні концентрації забруднень у ґрунті.

Проведені дослідження є основою для розробки наукових засад і практичних рекомендацій щодо формування системи відновлення техногенно забруднених територій і повернення їх у господарський обіг регіонів України.

Ключові слова: пробіотичні препарати, тверді побутові відходи, ґрунт, несанкціоноване звалище, фітотоксичний вплив.

Pysarenko P.V., Samoilk M.S., Taranenko A.O., Sereda M.S. Scientific arguments of bioremediation of land contaminated by unsanctioned waste landfills

The problem of waste management is extremely urgent for the regions of Ukraine. Landfills occupy valuable agricultural land resources. Unauthorized landfills are especially hazardous. They pollute agricultural lands and create damage to the environment and agricultural production. At the same time, the issues of reducing of contaminated land, their restoration and return to agricultural production are relevant for scientific research. The aim of our research was to ground scientifically using probiotics for soil remediation on unsanctioned landfills of waste. The results of chemical analysis of filtrate samples showed the high concentration of heavy metals and petroleum products. The assessment of the phytotoxic effect (PE) of the soil on the germination, growth and root system of planted watercress seeds (*Lepidium sativum*) before and after treatment with probiotics was performed. It was found that all soil samples after the use of probiotics were characterized as non-toxic. Soil samples T.2, T.3 and T.4 were characterized by phytotoxic effect on the length and weight of roots. This is due to the sensitivity of watercress to this range of contaminants (heavy metals, petroleum products). After the application of probiotics, soil samples were characterized as non-toxic. It indicates the neutralization of the effects of contamination. In terms of length and weight of the aboveground part, T.4 soil sample was characterized by above-average toxicity, T.2 and T.3 was characterized by average toxicity. After using the probiotic, PE of test samples was characterized as non-toxic. At all the studied places, the dynamic of increasing the cleaning effect of the soil with increasing concentration of contaminants was recorded.

The conducted research is the basis for the development of scientific principles and practical recommendations for the formation of a system for the restoration of contaminated areas and their return to agricultural production in Ukraine.

Key words: probiotic, waste, soil, unsanctioned landfill, phytotoxic effect.

Постановка проблеми. У Резолюції Генеральної Асамблеї ООН «Майбутнє, якого ми прагнемо» від 27 червня 2012 року вагоме місце відведено питанням поводження з відходами. Для України ця проблема є надзвичайно актуальною. За офіційними даними, в Україні щорічно утворюється близько 45 млн м³ побутових відходів, які захороняються на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею понад 9 тис. га. Площа, яку займають полігони твердих побутових відходів в окремих регіонах України, досягає 1000 й більше га [1].

Техногенне забруднення навколишнього середовища призводить до деградації екологічних систем, глобальних кліматичних і геохімічних змін, до регіональних і локальних екологічних криз і катастроф. Поверхневі накопичувачі твердих побутових відходів (далі – ТПВ), стічні води полігонів і звалищ відходів у результаті недотримання правил їх складування й захоронення наносять збиток флорі й фауні, здоров'ю населення та впливають на динамічну рівновагу біосфери. Накопичення токсичних речовин призводить до поступової зміни хімічного складу ґрунтів, порушення цілісності геохімічного середовища існування живих організмів. Звалища твердих відходів може спричинити забруднення ґрунтів, поверхневих, підземних вод та атмосфери. Досить часто під звалища відходів виділяються цінні в сільськогосподарському значенні земельні ресурси [1, с. 121]. Особливу небезпеку створюють несанкціоновані звалища твердих побутових відходів, які забруднюють землі сільськогосподарського призначення та створюють економічні збитки докільню й сільському господарству.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вплив звалищ і полігонів на довкілля досліджували такі вітчизняні та зарубіжні вчені: В.В. Вамболь [2], Т.Б. Годовська [3], І.С. Єремєєв [4], А.Н. Мирний [5], Т.А. Сафранов [6], Т.П. Шаніна [7], К. Сінг [8], Г. Іл [9] та інші. Вивченню впливу захоронення твердих побутових відходів на здоров'я людей присвячено наукові праці Г.В. Лисиченко [10], А.Б. Качинського [11], Т.В. Бойко [12], Ю. Юньзяна [13] та інших. Але питання скорочення площ забруднених земель несанкціонованими звалищами відходів, їх відновлення й повернення в господарський обіг недостатньо опрацьовані та залишаються актуальними для наукового пошуку.

Постановка завдання. Метою досліджень стало наукове обґрунтування напрямів ремедіації ґрунтів під несанкціонованими звалищами твердих побутових відходів за допомогою пробіотичних препаратів. Головним завданням досліджень стала оцінка фітотоксичності ґрунту в районі розміщення несанкціонованого звалища ТПВ до й після очистки пробіотичними препаратами.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проведено у 2020 році на території несанкціонованого звалища ТПВ за межами с. Сенча (Полтавська обл., Лохвицький р-н). Площа звалища – 1,7 га, об'єм – 6700 м³. Звалище розміщене на землях сільськогосподарського призначення. Для дослідження відібрані зразки ґрунту й фільтрату.

Перший етап передбачав оцінку хімічного аналізу проб фільтрату. Хімічний аналіз проб проводили в лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАА (свідцтво про атестацію № 042-19) за показниками вмісту важких металів (методику МВВ 081/12-0648-09, МВВ 081/12-0649-09, МВВ 081/12-0416-07, МВВ 081/12-0455-07, МВВ 081/12-0413-07, МВВ 081/12-0652-09, МВВ № 081/12-0117-03), нафтопродуктів (МВВ 081/12-0645-09). При дослідженні використано спектрофотометр атомно-абсорбційний С-115 У (С-115 ПК) № 0479933600197.

Результати досліджень показали перевищення вмісту важких металів, норми яких установлені Наказом МОЗ від 14 липня 2020 року № 1595 [14].

Усереднені дані вмісту важких металів представлені на рис. 1–3.

Другий етап передбачає проведення оцінки фітотоксичного ефекту ґрунту в районі розміщення несанкціонованого звалища ТПВ. Відібрано зразки ґрунту з території цього звалища ТПВ (Т.4) на відстані 50 м (Т.3), 100 м (Т.2), та 200 м (Т.1) від звалища. Як контроль використано зразок ґрунту, відібраного на відстані 1 км від звалища ТПВ.

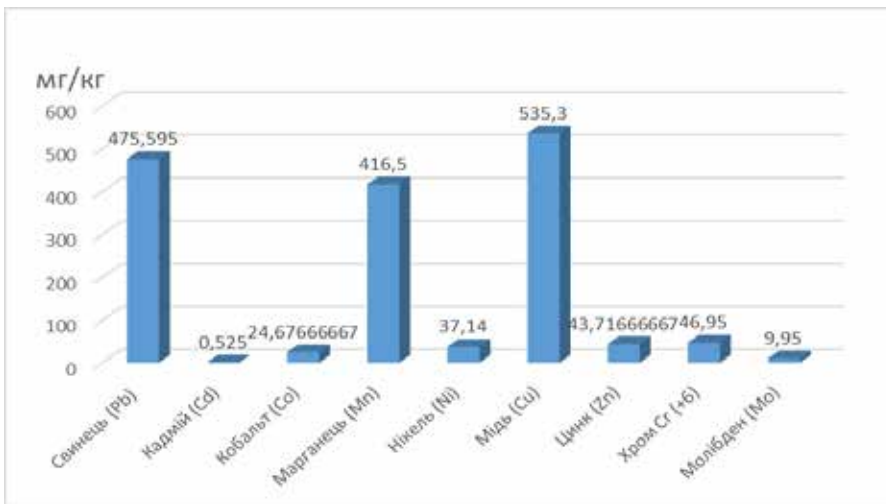


Рис. 1. Валовий уміст важких металів у ґрунті несанкціонованого звалища ТПВ, мг/кг

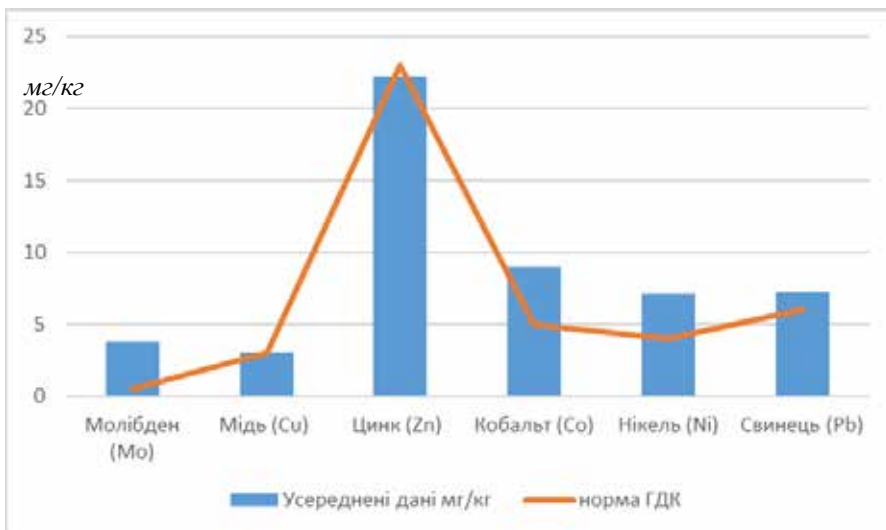


Рис. 2. Уміст рухових форм металів у ґрунті несанкціонованого звалища ТПВ, мг/кг

Визначення фітотоксичності ґрунту проведено методом проростків за допомогою насіння крес-салату (*Lepidium sativum*) [15 с. 45; 16, с. 21]. Аналізували схожість, ріст і кореневу систему насіння. Фітотоксичність ґрунту визначалася за величиною фітотоксичної ефекту за кількістю рослин, що виростили з моменту посіву насіння на 7 і 14 добу, розмірами та масою рослин.

Визначення фітотоксичного впливу ґрунту на ріст і кореневу систему рослин здійснювали на підставі розрахунку за формулою [15, с. 44]:

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

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

M_k – маса або ростові показники рослин у воді, що досліджується.

Визначення показників відбувалося в чотирикратній повторності.



Рис. 3. Уміст нафтопродуктів у ґрунті несанкціонованого звалища ТПВ

Попередні дослідження авторів і науковців ПДАА [17; 18] показали можливість використання пробіотичних препаратів (Світеко-ППВ, Світеко-ОПЛ, Світеко-Агробіотик-01) для очистки водних систем і ґрунту. Тому в роботі проведено дослідження можливості очистки ґрунту в районі розміщення несанкціонованого звалища ТПВ за допомогою пробіотику Світеко-Агробіотик-01 (у розведенні 1:100).

Порівняння кількості пророслого насіння *Lepidium sativum* і фітотоксичного ефекту (ФЕ) на зразках ґрунту до й після очистки пробіотичними препаратами приведено в таблиці 1.

Результати зниження фітотоксичності (ФЕ) зразків ґрунту внаслідок очистки їх пробіотиком відображено на рис. 4.

За результатами досліджень на крес-салаті встановлено таке:

- усі зразки ґрунту після очистки характеризувалися відсутністю токсичності;
- зразки ґрунту Т.2, Т.3 і Т.4 характеризувалися ФЕ за довжиною та масою коренів як високотоксичні, що пов'язано з чутливістю крес-салату до цього діапазону забруднень (важкі метали, нафтопродукти). У результаті очищення пробіотиком ці зразки ґрунту характеризувалися як нетоксичні, тобто це вказує на нейтралізацію впливу забруднень;
- за довжиною та масою наземної частини тільки зразок ґрунту Т.4 характеризувався токсичністю вище за середню, Т.2 і Т.3 – середньою токсичністю, після очищення ґрунту за допомогою пробіотику ФЕ ці зразки характеризувалися як нетоксичні;
- у всіх випадках зафіксовано чітку динаміку до збільшення ефекту очистки при збільшенні концентрації забруднень у ґрунті.

Висновки і пропозиції. Таким чином, у результаті дослідження встановлено ефективність використання пробіотичних препаратів для зниження фітотоксичного ефекту в ґрунті, що дає змогу зробити припущення про можливість включення пробіотичних препаратів у систему відновлення техногенно забруднених територій. Авторами розроблено план рекультивативної та ремедіаційної досліджуваної забрудненої території з використанням пробіотиків на початковому етапі очистки. Альтернативні сценарії відновлення території приведено на рис. 5.

Таблиця 1

Біометричні показники зразків ґрунту до й після біологічної очистки за допомогою пробіотику

Зразок ґрунту	Крес-салат									
	за проростанням		за довжиною коренів		за масою коренів		за довжиною наземної частини		за масою наземної частини	
	проростання насіння до очистки, %	проростання насіння після очистки, %	довжина коренів до очистки, см	довжина коренів після очистки, см	маса коренів до очистки, мг	з маса коренів після очистки, г	довжина наземної частини до очистки, см	довжина наземної частини після очистки, см	маса наземної частини до очистки, г	маса наземної частини після очистки, г
контроль	92	96	4,2	4,5	0,005	0,006	6,1	6,5	0,06	0,06
T.1	84	90	3,3	4,1	0,004	0,005	5,2	6	0,05	0,06
T.2	79	85	1,5	4	0,002	0,005	4,3	5,9	0,04	0,05
T.3	70	86	1,5	3,8	0,001	0,005	3,5	5,5	0,04	0,05
T.4	69	84	1,1	3,8	0,001	0,005	3,2	5,6	0,03	0,05

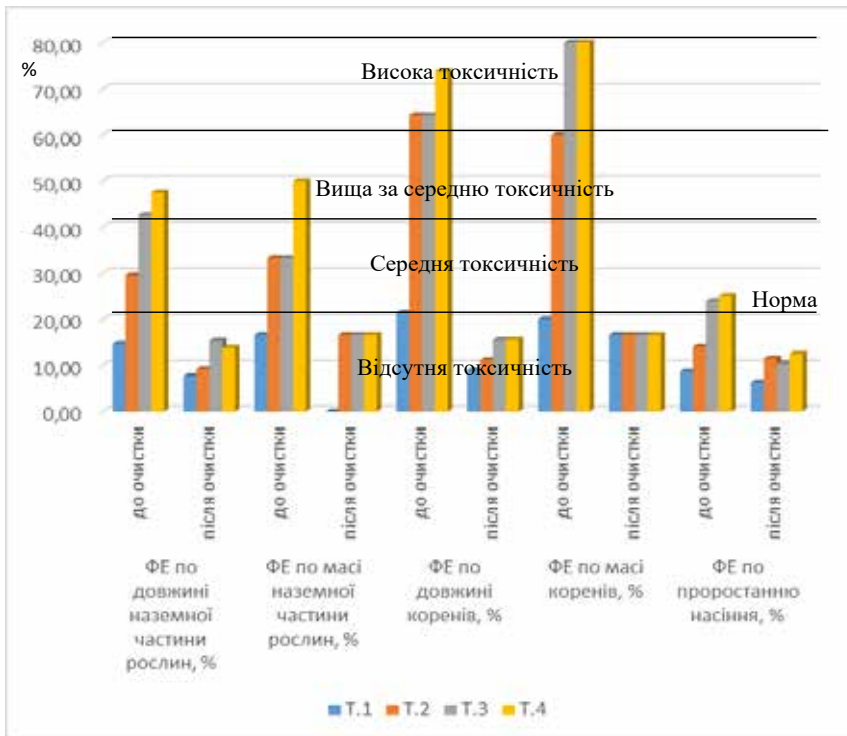


Рис. 4. Фітотоксичний ефект до й після очистки на крес-салаті, %

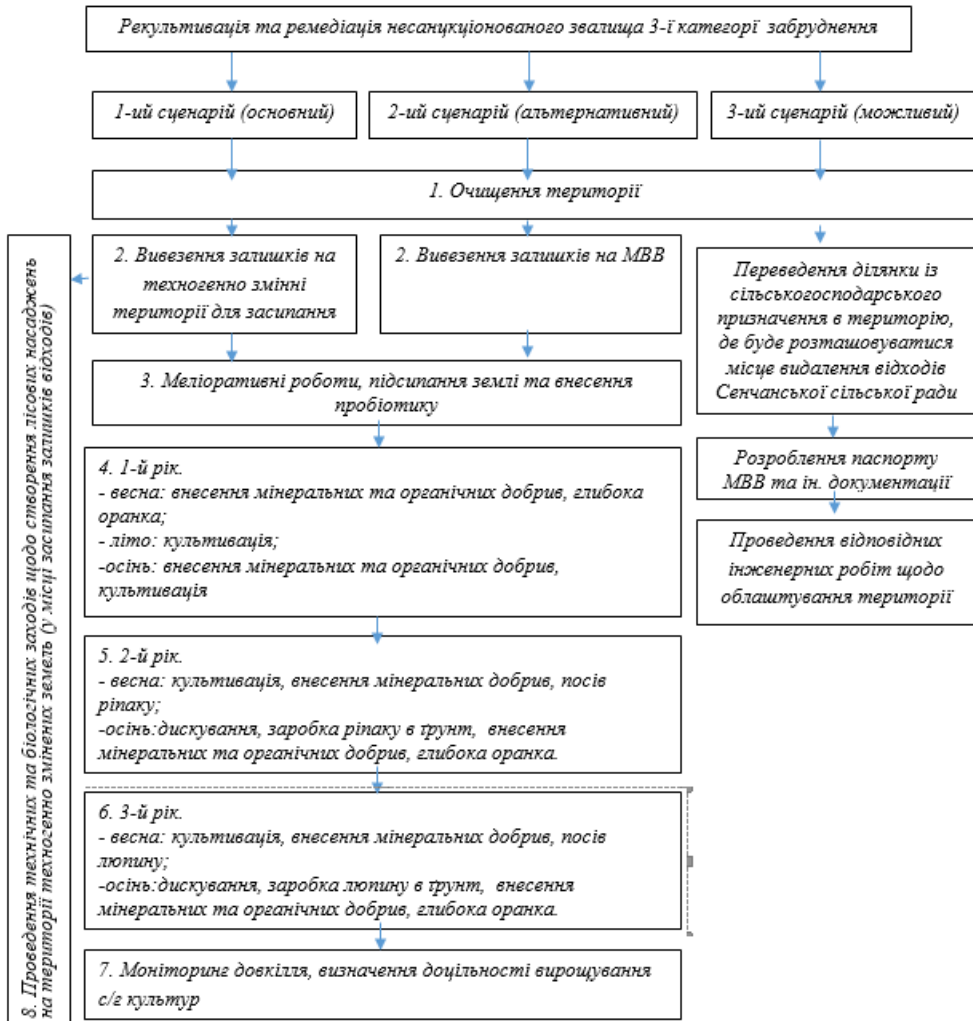


Рис. 5. Сценарії рекультивациі та подальшого використання досліджуваної ділянки

За основним сценарієм (1) передбачено очищення цієї території від накопичених ТПВ (з попереднім сортуванням можливих ресурсоцінних фракцій); зняття поверхневого шару землі на глибину 10 см з метою прискорення ремедіації цієї території; розміщення на території меліоранту (для передбачення можливого токсичного забруднення); насип чистого ґрунту на висоту 10 см та ущільнення.

Наступним етапом мають бути заходи із залучення території в сільськогосподарський обіг, але з включенням заходів ремедіації: уносяться мінеральні й органічні добрива, проводиться глибока оранка, уносяться пробіотичні препарати (для ремедіації); проводиться культивування землі. Для вилучення з ґрунту важких металів передбачається посів ріпаку, після чого можна територію засіяти люпином або продовжувати сівозміну з культурами, які вилучають важкі метали (горох, ріпак тощо). Через 3 роки обов'язковим є проведення моніторингу ділянки та визначення доцільності вирощування сільськогосподарських культур.

Отримані результати експериментів дали змогу оцінити фітотоксичність ґрунту в районі розміщення несанкціонованого звалища ТПВ на основі вирощування рослин *Lepidium sativum* і надати рекомендації щодо напрямів ремедіації несанкціонованих звалищ твердих побутових відходів на землях сільськогосподарського призначення. В експериментальних умовах встановлено, що всі зразки ґрунту після очистки пробіотичними препаратами характеризувалися відсутністю токсичності, що вказує на нейтралізацію впливу забруднень, також у всіх випадках зафіксовано чітку динаміку до збільшення ефекту очистки при збільшенні концентрації забруднень у ґрунті.

Проведені дослідження є основою для розробки наукових засад і практичних рекомендацій щодо формування системи відновлення техногенно забруднених територій і повернення їх у господарський обіг регіонів України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Екологічні аспекти міжрегіональної взаємодії у сфері поводження з твердими відходами (на прикладі програми реабілітації забруднених земель)/П.В. Писаренко, А.О. Тараненко, Д.В. Чальцев, О.О. Кахикало, К.С. Гришина, О.П. Корчагін. *Вісник ПДАА*. 2020. № 4. С. 120–127.
2. Вамболь В.В. Ідентифікація джерел формування екологічної небезпеки в місцях несанкціонованого накопичення відходів. *Вісник КрНУ імені Михайла Осроградського*. 2016. № 1 (96). С. 122–128.
3. Годовська Т.Б., Фещенко В.П. Екологістика та еколого-гігієнічний аналіз впливу на довкілля полігону ТПВ м. Житомира. *Збірник наукових статей III Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю*. 2011. Т. 1. С. 57–60 URL: <http://eco.com.ua/>.
4. Єремєєв І.С., Марчук С.В. Дослідження впливу полігонів ТПВ на землі сільськогосподарського призначення. *АГРОСВІТ*. 2015. № 15. С. 3–8.
5. Мирный А.Н., Систер В.Г. Современные технологии обезвреживания и утилизации ТБО. Москва, 2003. 303 с.
6. Класифікація твердих муніципальних відходів – передумова формування ефективної системи поводження з їх потоками / Т.А. Сафранов, Т.П. Шаніна, О.Р. Губанова, В.Ю. Приходько. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2014. № 18. С. 32–37.
7. Управління та поводження з відходами: підручник / Т.П. Шаніна, О.Р. Губанова, М.О. Клименко та ін. ; за ред. Т.А. Сафранова, М.О. Клименко. Одеса : Вид-во ТЕС, 2012. 272 с.
8. Singh C., Kumar A., Roy S. Estimating Potential Methane Emission from Municipal Solid Waste and a Site Suitability Analysis of Existing Landfills in Delhi, India. *Technol.* 2017. № 5 (4). P. 62–68.
9. Il H., Gui N., Jee H. Pollution level and reusability of the waste soil generated from demolition of a rural railway. *Environmental Pollution*. 2018. Vol. 240. P. 867–874.
10. Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л., Хміль Г.А. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління. Київ, 2008. 543 с.
11. Качинский А.Б., Агаркова Н.В. Структурный анализ системы обеспечения экологической и природно-техногенной безопасности Украины. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2013. № 1. С. 7–11.
12. Бойко Т.В. Особливості використання методу «індекс–ризик» для оцінки техногенної безпеки об'єктів. *Восточно-Европейський журнал передових технологій*. 2009. № 6/5 (42). С. 44–47.
13. Effects of ambient air pollution from municipal solid waste landfill on children's non-specific immunity and respiratory health / Y. Yunjiang, Y. Ziling, S. Peng, L. Bigui. *Environmental Pollution*. 2018. Vol. 236. P. 382–390.

14. Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті : Наказ МОЗ від 14.07.2020 № 1595.

15. Грицаєнко Г.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ, 2003. 320 с.

16. Методы биотестирования качества водной среды и почвы / под ред. О.Ф. Филенко. Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1989. 124 с.

17. Pisarenko P.V., Samoylik M.S., Korchagin O.P. Phytotoxic assessment of sewage treatment methods in disposal sites. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 341. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/341/1/012002/pdf> (*Scopus*).

18. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Молчанова А.В. Біоіндикаційна оцінка впливу місць видалення відходів на стан навколишнього природного середовища. *Вісник ПДАА*. 2018. № 1. С. 88–93.

УДК 502.333

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.36>

ОЦІНКА СТАЛОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ НА ТЕРИТОРІЇ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Стратічук Н.В. – к.е.н., доцент кафедри екології та сталого розвитку
імені професора Ю.В. Пилипенка,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Корнієнко В.О. – к.с.-г.н., доцент кафедри водних біоресурсів та аквакультури,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Економічний, екологічний і соціальний складники процвітання суспільства в сучасності ґрунтуються на концепції сталого розвитку, досягти якого є пріоритетом для будь-якої країни. В основі сталого розвитку лежать невід’ємні права всіх людей світу на життя й повноцінний розвиток на основі раціонального використання природних ресурсів і рівня розвинення ресурсозберігаючих технологій. У цих дослідженнях висвітлено питання щодо стану використання природних ресурсів і проведено розрахунок індексу екологічно сталого розвитку Херсонської області в просторовій і часовій ретроспективі. Для порівняння отриманих результатів вибірково обрано декілька регіонів України за їх належністю до різних економічних районів та основними тенденціями розвитку. На основі аналізу структури природних ресурсів надано економічну оцінку сталому використанню різних видів природних ресурсів у регіоні. Зроблено розрахунок індексу екологічно сталого розвитку окремої території, на основі якого може бути вдосконалена система управління регіональним розвитком.

З’ясовано, що кожна з проаналізованих областей має специфічні тенденції розвитку й, відповідно, відрізняється впливом антропогенного навантаження на природні екосистеми. Застосовані методологічні підходи дають змогу використовувати отриману інформацію для достовірної оцінки еколого-економічного розвитку певного регіону. На основі оптимізованих нами засальновідомих методів досліджень створено систему показників, яка на основі комплексного підходу достовірно описує перебіг найбільш вагомих економічних та екологічних процесів у тій чи іншій області. Ця система базується на аналізі великого масиву статистичної інформації й дає можливість визначити інтегральний показник екологічно сталого розвитку регіону, що, по суті, є найкращим показником стану використання природних ресурсів.

У ході проведених досліджень визначено комплекс еколого-економічних факторів, що впливають на результати оцінки розвитку територій. Досліджено економічну політику держави в контексті ефективного управління природними ресурсами. На основі проведеного аналізу стану використання природних ресурсів запропонована кластерна система індикаторів еколого-економічного розвитку території.