

### Література:

1. Денисик Г. Природнича географія Поділля. Вінниця: ЕкоБізнесЦентр, 1998. 183 с.
2. Державне агентство водних ресурсів України. Державний облік водокористування. URL: <https://www.davr.gov.ua/derzhavnij-oblik-vodokoristuvannya> (дата звернення 25.09.2023).
3. Децентралізація. Офіційний сайт. URL: <http://decentralization.gov.ua>
4. Кузик І. Структура водокористування водогосподарської ділянки річки Збруч. «Професор Ольга Заставецька – вчена, педагог, організатор географічної науки» (до 70-ої річниці від дня народження вченої): збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. Редакційна колегія: Заставецька Л.Б., Заставецький Т.Б., Мариняк Я.О., Стецько Н.П. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2023. С. 184-188.
5. Кузик І., Мельник Ю. Водокористування як чинник формування екологічної безпеки басейну річки Нічлава. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2023. №1. С. 240-247. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.23.1.26>
6. Природні умови та ресурси Тернопільщини. За заг. ред. М.Я. Сивого, Л.П. Царика. Тернопіль: ТзОВ: «Терно-граф», 2011. 512 с.

## АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ УКРАЇНИ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

*Єфремова О.О., Репецький Д.В.*

[25efrem@gmail.com](mailto:25efrem@gmail.com)

*Хмельницький національний університет*

*Military activities cause large-scale and long-term degradation of the environment, primarily soil cover. Scientific developments in the field of monitoring and ecological and geochemical assessment of soil conditions in the context of military conflicts are fragmented, which necessitates solving the problem of geochemical analysis and assessment of the ecological state of territories and finding ways to restore disturbed lands. The article discusses the types of soil damage caused by military operations and the main ways of soil restoration.*

**Key words:** *military operations, soil damage, soil restoration.*

Військові дії та обстріли, які тривають в Україні з 24 лютого 2022 р., призводять до знищення і забруднення навколишнього середовища, що має серйозні наслідки для екології, економіки та здоров'я людей. Від снарядів та авіабомб утворюються вирви, створюються нові заміновані території, знищується важка військова техніка, що призводить до витоку нафтопродуктів, випалення землі та інших шкідливих наслідків. Загалом, пошкодження ґрунту внаслідок військових дій можна розподілити на механічні, фізичні та хімічні.

Механічні пошкодження виникають внаслідок вибухів та обстрілів, пересування важкої техніки та військ, будівництва захисних споруд, і полягають в ущільненні, заболочуванні та руйнуванні структури ґрунту. Відбувається знищення гумусового шару, зниження родючості та водоутримуючої здатності ґрунтів.

Фізичні пошкодження виникають внаслідок вібраційних, радіоактивних та теплових впливів. Вібрація призводить до ущільнення ґрунту, витискання води, просідання поверхні, утворення порожнин, зміни мікрорельєфу. Радіоактивний вплив наразі не фіксується, але не може повністю виключатися. Тепловий вплив зумовлює локальне підвищення температури, що викликає порушення термічного та водного режиму, зміну гранулометричного та агрегатного складу, що, в свою чергу, призводить до зниження біорізноманіття [1, 2].

Хімічний вплив виявляється у зміні природних фізико-хімічних параметрів ґрунту, збільшенні концентрації токсико-хімічних речовин, в першу чергу важких металів та їх сполук, порушення біохімічних та мікробіологічних процесів, знищенні рослинності.

Отже, військові дії мають серйозний негативний вплив на якість та продуктивність ґрунтового покриву, а відновлення природних екосистем та сільськогосподарських угідь після війни може вимагати значних зусиль та ресурсів. Тому необхідно здійснювати моніторинг ґрунтів і посівів до того часу, доки вплив забруднення на рослини і продукцію не буде відсутній.

Аналіз наслідків бойових дій перед вибором технології відновлення земельного покриву є важливою процедурою для визначення окремих заходів та ресурсів для відновлення пошкоджених територій. При цьому першочерговим постає питання безпеки території, тобто виявлення вибухонебезпечних об'єктів і, за необхідності, розмінування території. Далі необхідно ідентифікувати землі, пошкоджені бойовими діями та фактори впливу на них (переміщення військових, вибухи або інші бойові дії) [1]. Наступним є визначення типу впливу (хімічний, механічний, фізичний) та наслідків для земель. І вже після здійснюється оцінка рівня забруднення ґрунту внаслідок певного впливу.

На основі такого аналізу можна прийняти рішення щодо вибору оптимальної технології відновлення земель та розробки плану відновлення, включаючи заходи з очищення (детоксикації), рекультивації та відновлення довкілля.

Детоксикація ґрунту – сукупність заходів і методів, що спрямовані на створення в забруднених ґрунтах таких умов, які послаблюють або повністю позбавляють ґрунт від дії токсичних забруднюючих речовин, а також забезпечують сприятливі умови для його самоочищення. Наразі на забруднених територіях доцільно рекомендувати застосовувати такі методи детоксикації:

- фізичні – видалення забрудненого шару ґрунту та його захоронення. Доцільним може стати для ділянок активних бойових дій із руйнуванням будівель, техніки тощо, коли видалення сміття без поверхневого шару ґрунту не можливе;
- хімічні – інактивація або зниження токсичної дії забруднювачів за допомогою вапнування, внесення органічних і мінеральних добрив тощо;
- біологічні – вирощування культур, які є стійкими до забруднення і здатні виносити з ґрунту токсичні речовини [3].

Рекультивація та відновлення включають наступні практики: землеробство, стабілізацію, фітосанацію, компостування, хімічне вилуговування (промивання), термічну десорбцію, хімічну екстракцію, хімічне окислення або відновлення та захоронення. Для поліпшення ситуації на забруднених ділянках вже можна використовувати основні агротехнічні прийоми такі, як зміна агротехнології. До змін агротехнології можна віднести: обробіток ґрунту, сівозміну, фіторемедіацію, хімічну меліорацію, застосування мікробіологічних препаратів, системи удобрення та рекультивації.

Обробіток ґрунту. Внаслідок вибухів та руху важкої військової техніки на полі окремі ділянки мають високу щільність верхніх горизонтів ґрунту. Проблему з ущільненням можна вирішити глибоким обробітком, глибину якого визначають на основі вимірів щільності та/або твердості. Плантажна оранка, глибоке меліоративне розпушування, щільювання – заходи агротехнічної меліорації, які спрямовані на збільшення потужності кореневмісного шару та поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту. Такі заходи опосередковано можуть допомагати культурам рости в умовах підвищеної концентрації забруднюючих речовин [1].

Сівозміна. Хімічне забруднення ґрунтів безпосередньо впливає на умови росту і розвитку кореневої системи рослин. При підборі культур потрібно звернути увагу на два основні моменти: вплив забруднювача на посівні якості насіння, ріст культур та їхня урожайність; накопичення забруднювача в основній продукції.

На забруднених ґрунтах особливу агрономічну цінність мають культури, які можуть давати врожай за підвищеного вмісту важких металів та радіонуклідів, але при цьому їх

концентрація у зерні не перевищує максимально допустимі рівні. Одна із таких культур – кукурудза. А от соняшник – навпаки, має природну властивість накопичувати цезій та кадмій, причому концентрація останнього може перевищувати діючі обмеження. Найбільшу небезпеку являють рухомі форми важких металів, які є легкодоступними для рослин. Рухомість важких металів істотно залежить від цілого ряду агрохімічних та фізико-хімічних властивостей ґрунту та його гранулометричного складу. Основними з них є вміст органічної речовини, рН ґрунтового розчину та відсоток вмісту мулистої фракції. Виходячи з цього, більш перспективним напрямком детоксикації забруднених важкими металами ґрунтів є розроблення заходів, спрямованих саме на зниження рухомості важких металів, закріплення їх у ґрунті, що в свою чергу, призводить до зниження доступності токсикантів для рослин та їх накопичення в продукції агроценозів. Одним із таких заходів є вапнування – хімічний спосіб детоксикації забруднених важкими металами ґрунтів, який призводить до зниження рухомості полютантів за рахунок утворення важкорозчинних комплексних сполук, а також сорбції їх оксидами і гідроксидами заліза і марганцю. Внесення вапнякових матеріалів збагачує ґрунт кальцієм, покращує його структуру, активує процеси окислення тощо. Дози  $\text{CaCO}_3$  слід розраховувати, виходячи з буферної здатності ґрунту, і диференціювати, залежно від ступеня забруднення ґрунту важкими металами, оскільки наразі не існує нормативів щодо обсягів внесення вапнякових матеріалів в ґрунт саме з метою його детоксикації [3].

ФітореMediaція. Це комплекс методів очищення стічних вод, ґрунтів і атмосферного повітря з використанням зелених рослин. Забруднений ґрунт можна поступово відновити, висіваючи культури, які мають високий винос забруднювача і бажано значну біомасу. Як динамічно розвинений напрям відновлення властивостей, екологічних функцій та якостей ґрунту фітореMediaція об'єднує значну кількість методів, які базуються на процесах: фітостабілізації (імобілізації органічних і неорганічних забруднювачів шляхом адсорбції коренями рослин, часточками ґрунту або осадження в прикореневій зоні; передбачає перетворення полютантів у нерозчинні, малорухомі форми і подальше підтримання їх у такому стані завдяки сполукам, що виділяються кореневою системою рослин у ґрунтовий комплекс; запобігає переміщенню полютантів у ґрунті, ґрунтових водах або повітрі, зменшує ерозію, винос і вилуговування, сприяє відновленню екосистем і біорізноманіття); фітоекстракції (поглинання забруднювачів кореневою системою рослин разом із поживними речовинами і транслокація їх у надземні органи; по завершенні вегетації й транслокаційних процесів надземні органи рослин скошуюють і піддають відповідній переробці; використовують для очищення ґрунтів і водойм, забруднених важкими металами й радіонуклідами); фітостимуляції (збільшує мікробний метаболізм у рослинній ризосфері, що важливо для процесу очищення); фітодеградації і фітотрансформації (розкладання ксенобіотиків до нетоксичних сполук, базується на значному потенціалі метаболізму і біорозмаїтті рослин); фітовипаровуванні (вилучення токсикантів із ґрунту рослинами і виділення в атмосферу легких неотруйних сполук); ризофільтрації (вилучення рослинами розчинених форм токсикантів із рідкої фази завдяки значній поглинальній здатності кореневої системи рослин); ризодеградації (розкладання ксенобіотиків у ризосферній зоні рослин за допомогою мікроорганізмів) [4].

Актуальними залишаються питання розроблення методів екологічної реMediaції забруднених ґрунтів, пов'язаних зі здатністю різних фітореMediaнтів оптимізувати та відновлювати природний стан (структуру та функції) ґрунту, швидко формувати потужну кореневу систему та надземну вегетативну масу, проявляти високий коефіцієнт біоаккумуляції. Широкий спектр видів рослин має потенціал для використання в біоенергетичних та фітореMediaційних цілях на основі їх екосистемних властивостей для встановлення кращого зв'язку між фітотерапією ґрунту – відновлення та виробництва біопалива. Особливої уваги заслуговують енергетичні культури – рослини, які спеціально вирощують для використання як палива або ж для виробництва на їх основі біопалива. Вони здатні накопичувати неорганічні забруднювачі в кореневій системі та розкласти

стійкі органічні забруднювачі у ґрунті, тому ці види рослин є оптимальними для фітостабілізації та фітодеструкції. Найбільш поширеними енергетичними культурами є: міскантус, верба, тополя, світчграсс, сорго, еспарцет, рижій, буркун тощо [4].

Мікробіологічні препарати. Мікробіота ґрунту також зазнає впливу воєнних дій. У випадку забруднення важкими металами мікробіологічні препарати можуть зменшити надходження токсичних елементів до рослини. Це дасть можливість рости і розвиватися культурі, а також стримати рівень забруднення врожаю у межах допустимого рівня. Якщо поле вигоріло, то у верхньому шарі ґрунту (до 5-10 см) відбувається повна або часткова стерилізація, і внесення мікробіологічних препаратів теж сприятиме швидшому відновленню мікрофлори. Також ці засоби можуть допомогти і з проблемою паливо-мастильного забруднення ґрунтів. Дослідження показали, що на ділянках, забруднених нафтопродуктами, окремі групи мікроорганізмів сприяли втричі швидшій їх деструкції.

Хімічна меліорація. На кислих ґрунтах можна зменшити рухомість важких металів і радіонуклідів за рахунок внесення вапнякових матеріалів. При рН 6,5 спостерігається найменша розчинність і, відповідно, доступність важких металів. Кальцій є антагоністом не тільки для забруднювачів, тому при вапнуванні можуть блокуватися рухомі сполуки макро- і мікроелементів (фосфор, цинк, марганець тощо), що варто враховувати при побудові системи удобрення. На лужних ґрунтах для боротьби із забруднювачами варто проводити гіпсування. Для детоксикації надлишку важких металів також можна використати цеоліти. Так при їх застосуванні на кислих ґрунтах, забруднених свинцем, вдалося знизити вміст цього металу на 30 %. Серед інших матеріалів доведена ефективність базальтових туфів, які, як сорбенти, очищують ґрунти від радіонуклідів і важких металів.

Система удобрення. Найдієвіші добрива на порушених ґрунтах в ході воєнних дій – органічні. На ділянках, що забруднені важкими металами внаслідок вибухів, органічні сполуки утворюють із забруднювачами комплекси, які є малорухомими. На полях, які вигоріли, відбувається зниження вмісту гумусу, знищення мікробіоти і рослинних решток, а концентрації рухомих форм важких металів підвищуються. Органічні добрива можуть поступово виправити негативні наслідки пожеж. Фосфорні добрива мають здатність до детоксикації важких металів. В результаті взаємодії у ґрунті утворюються фосфати металів (свинцю, цинку та ін.), які є важкорозчинними сполуками і малодоступні для рослин. На кислих ґрунтах економічно доцільніше використання фосфоритного борошна. Внесення підвищених доз калійних добрив на тлі збалансованого азотного і фосфорного живлення сприяє меншому накопиченню цезію-137 в рослинах. Пов'язано це з тим, що цезій-137 є хімічним аналогом калію.

Рекультивация. Рекультивация сильно порушених ґрунтів здійснюється шляхом механічного загортання бульдозерами та грейдерами без урахування генетичних горизонтів. Це – груба рекультивация. В такому випадку відновлення ґрунту триватиме десятки років із необхідністю серйозних інвестицій в органічні добрива, меліоранти та ін. Зняття забрудненого шару із подальшим завезенням ґрунту хорошої якості – дороговартісно. Тому, в тих випадках, коли ймовірні витрати не окупляться десятками чи сотнями років, доцільно законсервувати пошкоджені ділянки і дозволити природі запусити процес самовідновлення. Проте якщо рівень забруднення високий, а небезпечний забруднювач зможе (залежно від ґрунтово-кліматичних умов) легко мігрувати у підґрунтові води, то без заходів покращення не обійтися, оскільки постає питання в інтересах екологічної безпеки держави.

Отже, пошук методів ефективного відновлення порушених ґрунтів вимагає вирішення питань методичного, технологічного і правового змісту та потребує розробки і проведення комплексу фізико-хімічних і біологічних заходів, спрямованих на зниження інтенсивності процесів подальшої деградації таких ґрунтів, а повне відновлення повоєнних територій є пріоритетною складовою для їх безпечного розвитку.

### Література:

1. Голубцов О., Сорокіна Л., Сплодитель А., Чумаченко С. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. Київ: ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii-summary.pdf> (дата звернення 10.10.2023 р.).
2. Інформація про наслідки для довкілля від російської агресії в Україні 24 лютого – 18 березня 2022 року URL: <https://mepr.gov.ua/news/39062.html> (дата звернення 12.10.2023 р.).
3. Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище. [Т.М. Мислива, П.П. Надточій, Л.О. Герасимчук та ін.]. За ред. Т.М. Мисливої. Житомир, 2011. 50 с.
4. Борецька І.Ю., Джура Н.М., Романюк О.І. Фіторемедіація техногенно забруднених ґрунтів з використанням енергетичних культур. Екологічні науки, 2021. № 6 (39). С. 72-76. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.11>

## ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

Єфремова О.О., Юрков Ю.Д.  
[25efrem@gmail.com](mailto:25efrem@gmail.com)

Хмельницький національний університет

*The article describes the characteristics of surface waters of the Khmelnytskyi city territorial community. The qualitative and quantitative indicators of the community's surface waters as of 2021 are analyzed. The water quality of the Pivdennyi Buh River within the Khmelnytskyi City Territorial Community for 2012-2021 was assessed using the methodology of environmental assessment of surface water quality in the relevant categories, and the dynamics of water quality indicators over a ten-year period was determined. The possible sources of anthropogenic impact on natural waters are analyzed and the main environmental problems are identified.*

**Key words:** *surface water quality, environmental assessment, anthropogenic load, surface waters of the Khmelnytskyi city territorial community.*

Водні ресурси є одним з найважливіших, але в той же час найбільш вразливих компонентів навколишнього природного середовища, який здатний дуже швидко змінюватися під впливом господарсько-побутової діяльності людини. Постійне зростання антропогенного навантаження на гідросферу, зміна водного режиму та запасів поверхневих вод призводять до погіршення їх кількісних та якісних показників. Проблема раціонального використання водних ресурсів є актуальною для багатьох регіонів світу та України, в тому числі і для Хмельницької міської територіальної громади (МТГ).

Хмельницька міська територіальна громада – територіальна громада з адміністративним центром – м. Хмельницький, загальною площею – 492,821 км<sup>2</sup>. Утворена 12.06.2020 року шляхом об'єднання Хмельницької міської ради обласного значення та 6 старостинських округів: Богдановецької сільської ради Деражнянського району, Копистинської, Олешинської, Шаровечківської сільських територіальних громад та Пироговецької, Давидковецької сільських рад Хмельницького району [1].

Поверхневі водні об'єкти Хмельницької МТГ представлені р. Південний Буг (головна водна артерія), р. Кудрянка (Самець) і р. Плоска (праві притоки Південного Бугу), озером в Північному мікрорайоні, ставками в мікрорайонах Дубове та Ружична і