

Богельський С.В.,
здобувач вищої освіти ступеня «бакалавр»
спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології»
Науковий керівник: Козішкурт С.М., к.т.н., доцент,
доцент кафедри водної інженерії та водних технологій,
Національний університет водного господарства та природокористування
s.m.kozishkurt@nuwm.edu.ua

МЕЛІОРАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ ПІСЛЯВОЄННИХ ЛАНДШАФТІВ

Воєнні дії в Україні призводять до масштабної деградації земельних ресурсів. Механічні пошкодження ґрунтового покриву, спричинені вибухами та руйнуваннями, а також хімічне забруднення важкими металами, органічними токсикантами та залишками вибухових речовин, зумовлюють значне зниження родючості ґрунтів та порушення природних екосистем. Ці процеси мають тривалі негативні наслідки для сільського господарства, біорізноманіття та здоров'я населення (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив бойових дій на ґрунтовий покрив та екосистеми

Тип впливу	Опис	Наслідки
Механічне пошкодження	Утворення воронки, вирв та деградація родючого шару	Втрата родючості, підвищення ерозії, ускладнення обробки земель
Хімічне забруднення	Накопичення залишків вибухових речовин, важких металів, нафтопродуктів	Токсичність для рослин, ризик для здоров'я людей та тварин
Порушення гідрологічного режиму	Зміна водного балансу та фізико-хімічних характеристик ґрунтів	Порушення дренажу, затоплення, забруднення водоносних горизонтів
Наслідки для біоти та екосистем	Порушення середовища існування для ґрунтових організмів та зниження біорізноманіття	Втрата екосистемних послуг, зниження природної родючості ґрунтів

Наукові дослідження показують, що тривалість й інтенсивність воєнних дій безпосередньо впливають на рівень забруднення ґрунтів. Кумулятивний ефект від постійного надходження забруднюючих речовин призводить до перевищення порогів токсичності та порушення природних процесів самоочищення ґрунтів. Відновлення таких ґрунтів є складним і тривалим процесом, що потребує застосування спеціальних методів очищення та рекультивативної, зокрема агротехнічних, гідротехнічних, хімічних, фітомеліоративних заходів і біоремедіації. Ці заходи спрямовані на зменшення токсичності забруднювачів, поліпшення водно-повітряного та сольового режимів, відновлення біорізноманіття і стабілізацію екосистем. Зважаючи на масштаби забруднення, постає необхідність у розробці науково обґрунтованих комплексних меліоративних стратегій.

Метою роботи є обґрунтування підходів до відновлення деградованих ґрунтів, що поєднують традиційні методи меліорації з сучасними технологіями. Такий підхід дозволить не лише відновити родючість ґрунтів, а й забезпечити стійкий розвиток екосистем, запобігаючи подальшій деградації.

Агротехнічні меліорації. Внесення органічних і мінеральних добрив є одним із ключових заходів для відновлення родючості ґрунту та забезпечення рослин необхідними поживними речовинами. Органічні добрива, такі як компост або гній, покращують структуру ґрунту, підвищують його водоутримувальну здатність і активізують діяльність ґрунтових мікроорганізмів, що сприяє формуванню здорової ґрунтової екосистеми. Мінеральні добрива, у свою чергу, допомагають відновити баланс макро- та мікроелементів, дефіцит яких може виникати внаслідок руйнування чи забруднення ґрунтового покриву, забезпечуючи рослини необхідними елементами живлення.

Фітомеліорація та біоремедіація. Для очищення ґрунтів, забруднених важкими металами та залишками вибухових речовин, використовуються спеціальні рослини, здатні поглинати та накопичувати токсини. Вибір таких рослин здійснюється залежно від типу забруднення та екологічних умов території. Фітомеліорація є екологічно безпечним методом, який одночасно знижує токсичність ґрунтів і стабілізує їхню структуру. Біоремедіація, яка включає очищення ґрунту за допомогою мікроорганізмів або грибів, що розкладають токсичні речовини, також ефективно знижує концентрацію забруднювачів, особливо органічних, таких як нафтопродукти.

Гідротехнічні меліорації. Внаслідок бойових дій часто порушується природний водний баланс, що призводить до засух або надлишкової вологості. Гідромеліорація передбачає заходи, що відновлюють нормальний водний режим, забезпечуючи оптимальну вологість ґрунту для його природної відновлюваності. У зонах, де після руйнувань накопичується зайва вода, необхідним елементом є системи відкритого та закритого дренажу. Це важливо, адже надлишкова волога призводить до заболочення, яке негативно впливає на родючість ґрунту. Створення дренажних систем дозволяє контролювати рівень ґрунтових вод, запобігаючи підтопленням та надмірному зволоженню ґрунтів. Для успішного очищення ґрунтів необхідно враховувати хімічні процеси, що впливають на міграцію металів у ґрунтовому профілі. Метод промивання ґрунтів полягає в переміщенні забруднювачів із зони кореневого шару до глибших шарів, що сприяє зниженню їхньої концентрації у верхньому шарі ґрунту. Зрошення з використанням кальцієвих та магнієвих розчинів забезпечує ефективний обмін іонами, що знижує токсичність забруднень для рослин та мікроорганізмів. Проте, метод потребує великої кількості водних ресурсів і має ризик забруднення ґрунтових вод.

Хімічні меліорації у поєднанні з гідротехнічними заходами, забезпечують комплексний підхід до відновлення забруднених ґрунтів. Ці методи передбачають використання спеціальних хімічних речовин для корекції ґрунтових

властивостей, що дозволяє знизити токсичність, покращити структуру та відновити родючість. Одним із ключових методів є вапнування – внесення вапна або кальцієвмісних матеріалів для зниження кислотності ґрунту. Після вибухів і хімічного забруднення ґрунти часто характеризуються підвищеною кислотністю, що ускладнює доступність поживних речовин для рослин. Вапнування сприяє відновленню нейтрального рівня рН, покращує структуру ґрунту, стимулює активність ґрунтових мікроорганізмів і знижує токсичність важких металів. Внесення гіпсу (сульфату кальцію) ефективно покращує фізико-хімічні властивості солонцюватих ґрунтів, що можуть формуватися внаслідок забруднення. Гіпсування сприяє витісненню натрію з ґрунтового комплексу, зменшуючи щільність ґрунту та покращуючи його водопроникність. Також використовується підкислення ґрунту шляхом внесення речовин, таких як сірка або сульфати, для відновлення ділянок з надмірною лужністю. Це актуально для територій, де відбулося накопичення лужних речовин, що може погіршувати структуру ґрунту і порушувати його родючість. Для поглинання токсичних речовин та важких металів до ґрунту додаються спеціальні сорбенти, зокрема активоване вугілля, бентоніт і цеоліти. Ці матеріали зв'язують хімічні забруднювачі, запобігаючи їх проникненню в ґрунтові води, що забезпечує екологічну безпеку та придатність ґрунтів для подальшого використання в сільському господарстві.

Інженерно-геологічні заходи є важливою складовою відновлення територій після бойових дій, оскільки вибухи та руйнування суттєво змінюють природний рельєф, провокуючи ерозію, зсуви ґрунту та інші форми деградації. До таких заходів належать створення спеціальних інженерних конструкцій для стабілізації ґрунтів і захисту території від подальших руйнувань. Особлива увага приділяється зміцненню схилів, схильних до ерозії та зсувів. Це включає встановлення штучних бар'єрів, таких як кам'яні чи бетонні стінки, а також використання рослинного покриву, що сприяє утриманню ґрунту. Для запобігання подальшій деградації застосовують гідротехнічні заходи, спрямовані на регуляцію водного режиму, зокрема дренажні системи, що зменшують накопичення вологи та ризик розмивання ґрунтів.

Роботи з відновлення структурних властивостей ґрунтів, що зазнали серйозних пошкоджень під час бойових дій, можуть включати **рекультивуацію**. Це комплексний процес відновлення території, метою якого є повернення пошкодженої землі до стану, придатного для сільськогосподарського або лісгосподарського використання. Етапи рекультивуації включають видалення забруднюючих речовин, поліпшення структури ґрунту та застосування інших меліоративних заходів для відновлення природних властивостей. Таблиця 2 дозволяє зробити практичні висновки щодо обґрунтування комплексу меліоративних заходів для відновлення деградованих земель.

Таблиця 2. Меліоративні заходи для відновлення ґрунтів

Заходи	Опис	Ціль та результати
Агромеліорація	Внесення органічних і мінеральних добрив, сівозміна, фітомеліорація для стабілізації та очищення ґрунтів	Відновлення родючості, покращення структури ґрунту
Фітомеліорація та біоремедіація	Використання рослин, грибів, мікроорганізмів для очищення ґрунтів від хімічних забруднювачів	Зниження токсичності, відновлення екологічної безпеки ґрунтів, відновлення біорізноманіття
Гідромеліорація	Поліпшення водного режиму, осушення надлишкової вологи, зрошення, промивання ґрунту, створення систем дренажу	Запобігання затопленням, оптимізація вологості для підвищення родючості, зниження токсичності ґрунту
Хімічна меліорація	Вапнування, гіпсування, кислування, сорбція та нейтралізація забруднювачів	Корекція кислотності, покращення структури, зниження токсичності
Інженерно-геологічні заходи	Стабілізація рельєфу, відновлення структури ґрунтів, особливо в зонах з високим рівнем руйнувань	Зменшення ерозії, відновлення природних характеристик ґрунту

Комплексний підхід до меліорації ґрунтів, забруднених внаслідок воєнних дій, є необхідною умовою для відновлення екологічної рівноваги та стабільності постраждалих територій. Застосування сучасних меліоративних технологій дозволяє не лише відновити родючість ґрунтів, але й створити умови для відродження біорізноманіття та відновлення природних екосистем.