

УДК 504.54:631.4(477.8)

<https://doi.org/10.31073/ecobezpeka202508-09>

РИЗИКИ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ У СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Грицуляк Г. М., Коцюбинський А. О., Линник Д. О.,
Грицуляк В. М., Фомічова О. В., Качала С. В.
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу
gritsulyaka@ukr.net

У статті здійснено оцінювання ризиків деградації ґрунтів у системі екологічної безпеки Івано-Франківської області з урахуванням типів землекористування та рівня антропогенного навантаження. Дослідження ґрунтується на аналізі агрохімічних і еколого-токсикологічних показників ґрунтів сільськогосподарських, урбанізованих, промислових і лісових територій. Проведено відбір та лабораторний аналіз ґрунтових зразків із визначенням вмісту гумусу, реакції ґрунтового середовища та концентрацій важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu). Розраховано коефіцієнти концентрації та сумарний показник забруднення Z_c для встановлення рівня екологічного ризику. Виявлено чітку залежність між інтенсивністю антропогенного впливу та ступенем деградації ґрунтів: найнижчий рівень

ризиків характерний для лісових територій, середній – для сільськогосподарських угідь, високий – для урбанізованих і промислових зон. У промислових районах зафіксовано підвищені концентрації важких металів і найменший вміст гумусу, що свідчить про формування процесів агрохімічної та хімічної деградації ґрунтів. Отримані результати підтверджують необхідність диференційованого підходу до управління земельними ресурсами та посилення ґрунтового моніторингу в межах регіональної системи екологічної безпеки

Ключові слова: деградація ґрунтів, екологічна безпека, важкі метали, антропогенне навантаження, типи землекористування, дегуміфікація, хімічне забруднення, технології захисту навколишнього середовища, системний аналіз.

RISKS OF SOIL DEGRADATION IN THE ENVIRONMENTAL SAFETY SYSTEM OF THE IVANO-FRANKIVSK REGION

Hrytsulyak G. M., Kotsyubynsky A. O., Lynnyk D. O.,
Hrytsuliak V. M., Fomichova O. V., Kachala S. V.
Ivano-Frankivsk National Technical
University of Oil and Gas

The article evaluates the risks of soil degradation in the environmental safety system of the Ivano-Frankivsk region, taking into account the types of land use and the level of anthropogenic load. The study is based on the analysis of agrochemical and ecological and toxicological indicators of soils in agricultural, urbanized, industrial and forest areas. The selection and laboratory analysis of soil samples was carried out with the determination of the humus content, the reaction of the soil environment and the concentrations of heavy metals (Pb, Cd, Zn, Cu). Concentration coefficients and total pollution index Z_c were calculated to establish the level of environmental risk. A clear relationship between the intensity of anthropogenic influence and the degree of soil degradation has been revealed: the lowest level of risk is typical for forest areas, medium - for agricultural lands, high - for urbanized and industrial zones. Increased concentrations of heavy metals and the lowest content of humus were recorded in industrial areas, which indicates the formation of processes of agrochemical and chemical soil degradation. The obtained results confirm the need for a differentiated approach to land management and strengthening soil monitoring within the regional environmental security system

Keywords: soil degradation, environmental safety, heavy metals, anthropogenic load, types of land use, dehumification, chemical pollution, environmental protection technologies, system analysis.

Постановка проблеми

Ґрунтовий покрив є одним із ключових компонентів екосистем, що забезпечує продовольчу безпеку, регулювання водного режиму територій, збереження біорізноманіття та виконання низки екологічних функцій. В умовах посилення антропогенного навантаження ґрунти дедалі більше зазнають деградаційних процесів, серед яких провідне місце займають дегуміфікація, підкислення, ерозія та хімічне забруднення важкими металами. Особливо вразливими є регіони з поєднанням інтенсивного землекористування, урбанізації та промислового розвитку.

Івано-Франківська область характеризується складною природно-географічною структурою (рівнинні, передгірські та гірські території) і значною диференціацією типів землекористування, що зумовлює різну чутливість ґрунтів до деградації. Сільськогосподарське освоєння земель, розвиток промислових і енергетичних об'єктів, зростання урбанізованих площ та транспортно-навантаження спричиняють порушення природних процесів ґрунтоутворення і накопичення токсичних елементів у ґрунтовому середовищі.

Незважаючи на наявність окремих досліджень, присвячених ерозійним процесам та агрохімічному стану ґрунтів, питання комплексної оцінки ризиків деградації ґрунтового покриву залежно від типу землекористування в системі екологічної безпеки регіону залишається недостатньо опрацьованим. Особливо актуальною є проблема поєднання дегуміфікації та техногенного забруднення важкими металами, які здатні мігрувати

у трофічних ланцюгах і створювати загрозу для здоров'я населення та функціонування природних екосистем.

У зв'язку з цим виникає необхідність проведення порівняльного аналізу агрохімічних і еколого-токсикологічних показників ґрунтів на територіях з різним типом антропогенного навантаження та оцінювання рівня ризику їх деградації як складової регіональної системи екологічної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблематика деградації ґрунтів в Івано-Франківській області в останні роки дедалі частіше розглядається як складова регіональної екологічної безпеки – через прямий зв'язок із продовольчою безпекою, паводковими ризиками, якістю водних ресурсів, здоров'ям населення та стійкістю гірсько-передгірських ландшафтів. Базовий «фон» для наукових узагальнень і управлінських рішень формують регіональні доповіді про стан довкілля, де системно описано структуру земельного фонду, стан ґрунтів та ключові деградаційні процеси. Зокрема, за результатами агрохімічної паспортизації: у 2020–2024 рр. обстежено 97,6 тис. га (15,5% с/г угідь області) та зафіксовано проблеми недостатнього охоплення моніторингом через брак фінансування й низьку «обов'язковість» для землекористувачів.

Водночас документ підкреслює, що висока сільськогосподарська освоєність і розораність у низці районів перевищує екологічно збалансовані межі (зокрема, на рівнинних і передгірських територіях), що створює передумови для прогресуючої деградації земель і загроз екологічній безпеці [1, 4].

У науковій літературі для області найбільш дослідженими є напрями, пов'язані з ерозійною деградацією, дегуміфікацією, кислотністю ґрунтів і локальним техногенним забрудненням. Узагальнювальні регіональні публікації (географічний та ґрунтознавчий підходи) акцентують, що для Івано-Франківщини характерне поєднання ґрунтів лісостепу, Передкарпаття і Карпат, а серед деградаційних процесів домінує водна ерозія, яка щороку розширює площі змитих і розмитих ґрунтів; паралельно фіксуються дегуміфікація та зростання площ кислих ґрунтів, що

погіршує родючість і екологічні функції ґрунтового покриву [3, 5].

Помітний тренд останніх років – перехід від загальних констатацій до просторово деталізованих оцінок (на рівні територіальних громад/районів) і використання даних еколого-агрохімічних обстежень.

Проведено комплексну якісну оцінку ґрунтів Долинської територіальної громади: показано домінування кислих ґрунтів і потребу у вапнуванні та органо-мінеральному удобренні; методично важливим є поєднання польових маршрутів, прив'язки GPS та аналізу агрохімічних показників як індикаторів деградації/виснаження [2, 6].

Окремий блок становлять дослідження техногенного навантаження і забруднення ґрунтів, особливо навколо промислових вузлів та енергетичних об'єктів.

Прикладом є публікації щодо вмісту валових і рухомих форм важких металів у ґрунтах м. Бурштин (вплив енергетичного комплексу/викидів), де підкреслюється необхідність оцінювання не лише загального вмісту, а й мобільних форм як екологічно небезпечніших для міграції в харчові ланцюги.

Паралельно в області розвивається прикладний напрям оцінки ризиків забруднення ґрунтів при використанні відходів (зокрема, осадів стічних вод) і при вирощуванні енергокультур, де аналізуються зміни біологічної активності/токсичності та міграція металів у системі «ґрунт-рослина» [1, 7].

Для гірсько-передгірських територій Івано-Франківщини важливим компонентом деградації ґрунтів є взаємодія з небезпечними екзогенними геологічними процесами (зсуви, селі, карст), що підсилюються зміною землекористування та екстремальними опадами.

Таким чином, останні дослідження і публікації підтверджують: ризики деградації ґрунтів в Івано-Франківській області мають комплексний характер (ерозійні + агрохімічні + техногенні + геодинамічні), а їх мінімізація в системі екологічної безпеки потребує поєднання просторово деталізованого моніторингу, ризик-орієнтованого землекористування та цільових ґрунтозахисних заходів, узгоджених із регіональною екополітикою та плануванням розвитку громад.

Визначення цілей статті (постановка завдання)

Метою даної статті є оцінювання ризиків деградації ґрунтів у системі екологічної безпеки Івано-Франківської області на основі аналізу агрохімічних та еколого-токсикологічних показників залежно від типу землекористування.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено розв'язання таких завдань: Проаналізувати сучасний стан ґрунтового покриву Івано-Франківської області в контексті екологічної безпеки регіону.

– Провести відбір і лабораторний аналіз ґрунтових зразків на територіях із різними типами землекористування (сільськогосподарські угіддя, урбанізовані, промислові та лісові території).

– Оцінити вміст гумусу, реакцію ґрунтового середовища та концентрації важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu) як індикаторів деградаційних процесів.

– Розрахувати коефіцієнти концентрації та сумарний показник забруднення ґрунтів для визначення рівня екологічного ризику.

– Встановити залежність між інтенсивністю антропогенного навантаження та ступенем деградації ґрунтів різних типів територій.

– Обґрунтувати необхідність диференційованого підходу до управління земельними ресурсами в системі екологічної безпеки області.

Виклад основного матеріалу дослідження

Відбір ґрунтових зразків здійснювався на територіях із різним типом землекористування: сільськогосподарські угіддя (рілля с. Майдан); приміські зони (с. Угринів); ділянки поблизу промислових та енергетичних об'єктів (Івано-Франківська обл.); схилі території Передкарпаття.

Точки відбору було прив'язано до географічних координат за допомогою GPS, що дало змогу провести просторовий аналіз результатів. Відбір ґрунтових проб проводився відповідно до вимог ДСТУ та методичних рекомендацій: глибина відбору – 0–20 см (орний шар); метод відбору – конв'ертний; з кожної ділянки формувалася середня проба масою 1–1,5 кг.

Проби висушували за кімнатної температури, очищали від рослинних решток, подрібнювали та просіювали через сито з діаметром отворів 1 мм.

Рисунок 1 відображає зміну вмісту гумусу в ґрунтах залежно від типу землекористування. Найвищий вміст гумусу зафіксовано на лісових територіях (близько 4,1 %), що зумовлено природним ґрунтоутворенням, постійним надходженням органічних решток та мінімальним антропогенним впливом.

Аналіз графіка (рис. 1) показує чітку тенденцію до зниження вмісту гумусу в ґрунтах за умов зростання антропогенного навантаження. Мінімальні значення характерні для промислових територій, що формує підвищений ризик деграда-

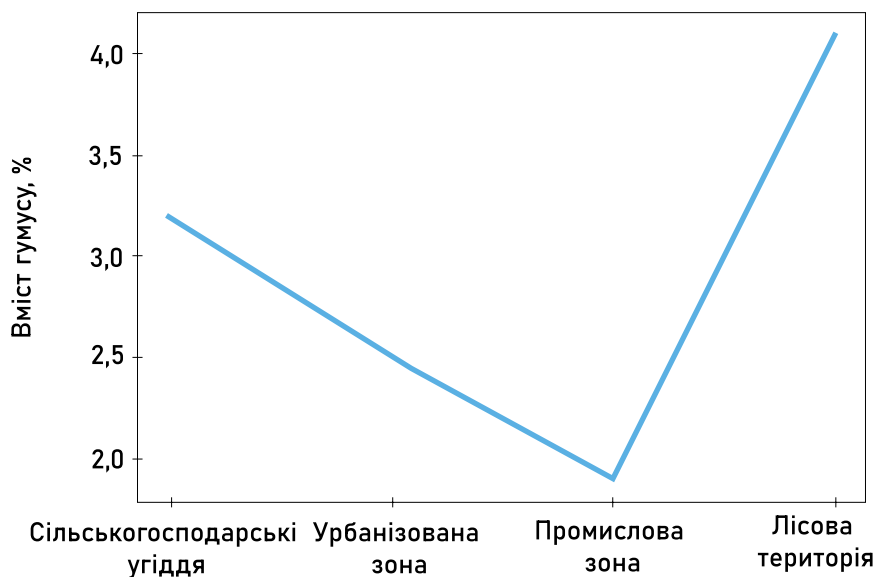


Рисунок 1. Вміст гумусу на різних ділянках землекористування

Таблиця 1

Агрохімічні та еколого-токсикологічні показники ґрунтів на різних типах територій Івано-Франківської області

Тип території	Вміст гумусу, %	pH ґрунту	Pb, мг/кг
Сільськогосподарські угіддя	3,2	6,1	18
Урбанізована зона	2,5	5,5	35
Промислова зона	1,9	5,0	62
Лісова територія	4,1	6,5	12

ції ґрунтів та зниження їх екологічних функцій. Водночас лісові ґрунти демонструють стабільні показники органічної речовини, що підтверджує їхню роль як еталонних (фонових) ділянок.

У ґрунтах сільськогосподарських угідь вміст гумусу становить приблизно 3,2 %, що свідчить про помірний рівень дегуміфікації внаслідок тривалого обробітку ґрунту, інтенсивного землеробства та недостатнього внесення органічних добрив. В урбанізованій зоні спостерігається подальше зниження вмісту гумусу до рівня близько 2,5 %, що може бути пов'язано з ущільненням ґрунтів, порушенням природного ґрунтового профілю та впливом техногенних чинників.

Найменше значення вмісту гумусу характерне для промислової зони (приблизно 1,9 %), що вказує на істотну деградацію ґрунтів під впливом промислових викидів, механічного порушення ґрунтового покриву та обмеженого надходження органічної речовини.

Загалом простежується чітка тенденція до зменшення вмісту гумусу зі зростанням рівня антропогенного навантаження: від лісових територій до промислових зон. Це свідчить про дегуміфікацію ґрунтів як один із ключових процесів їх деградації в умовах урбанізації та промислового освоєння території, що створює ризики для екологічної безпеки регіону.

Як видно з даних таблиці 1, найвищий вміст гумусу характерний для лісових ґрунтів (4,1 %), тоді як у промисловій зоні спостерігається його істотне зниження (1,9 %), що свідчить про прояви дегуміфікації. Реакція ґрунтового розчину на урбанізованих та промислових територіях зміщена

у бік кислих значень (pH 5,0–5,5), що є ознакою агрохімічної деградації.

Найвищі концентрації свинцю (62 мг/кг) зафіксовано в ґрунтах промислової зони, що вказує на техногенне навантаження.

На основі отриманих експериментальних даних встановлено: низький рівень ризику деградації – для лісових територій; середній рівень ризику – для сільськогосподарських угідь; високий рівень ризику – для урбанізованих і промислових зон, де поєднуються дегуміфікація, підкислення та хімічне забруднення. Отримані результати підтверджують необхідність диференційованого підходу до управління земельними ресурсами в системі екологічної безпеки Івано-Франківської області з урахуванням типу землекористування та інтенсивності антропогенного впливу.

На рис.2. відображено зміну концентрацій кадмію, цинку та міді у ґрунтах залежно від типу землекористування. Найвищі значення вмісту всіх досліджуваних важких металів зафіксовано в ґрунтах промислової зони, де концентрація цинку досягає близько 120 мг/кг, міді – близько 60 мг/кг, а кадмію – приблизно 0,9 мг/кг. Це свідчить про значний техногенний вплив на ґрунтовий покрив у межах промислових територій. В урбанізованій зоні також спостерігається підвищений вміст важких металів порівняно із сільськогосподарськими угіддями та лісовими територіями. Зокрема, концентрації цинку та міді тут становлять орієнтовно 78 та 35 мг/кг відповідно, що може бути пов'язано з впливом автотранспорту, комунально-побутових і промислових викидів. Для сільськогосподарських угідь характерні

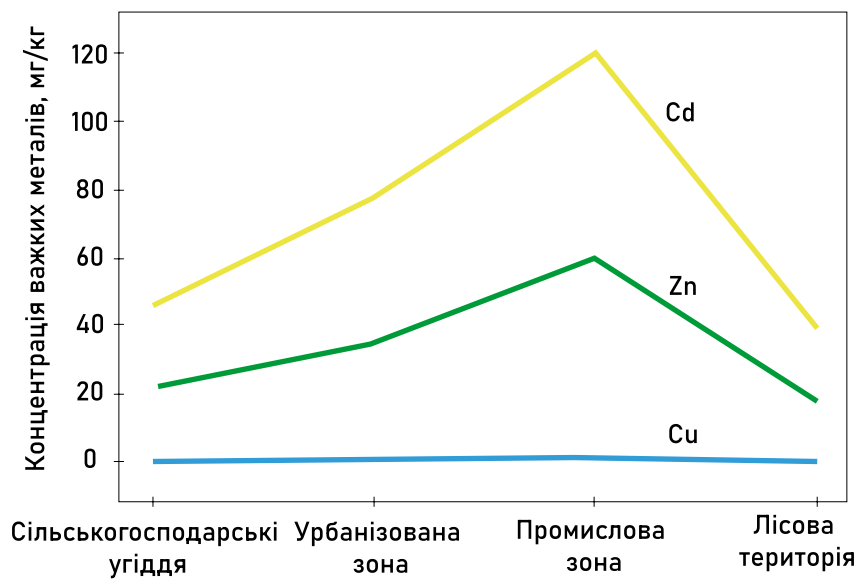


Рисунок 2. Вміст важких металів у ґрунтах різних типів територій Івано-Франківської області

помірні значення вмісту важких металів ($Zn \approx 45$ мг/кг, $Cu \approx 22$ мг/кг, $Cd \approx 0,25$ мг/кг), що може бути зумовлено застосуванням мінеральних добрив і засобів захисту рослин, а також атмосферним надходженням поллютантів.

Найнижчі концентрації кадмію, цинку та міді зафіксовано у ґрунтах лісових територій, які можуть розглядатися як умовно фонові ділянки з мінімальним рівнем антропогенного навантаження.

Загалом простежується чітка закономірність зростання вмісту важких металів зі збільшенням інтенсивності антропогенного впливу – від лісових територій до промислових зон, що свідчить про формування процесів хімічної деградації

ґрунтів та підвищення екологічних ризиків для довкілля і населення.

Аналіз даних таблиці 2 показує, що найвищі концентрації кадмію, цинку та міді характерні для ґрунтів промислової зони, де вміст Cd досягає 0,90 мг/кг, Zn – 120 мг/кг, а Cu – 60 мг/кг.

В урбанізованих зонах також спостерігається підвищення вмісту важких металів порівняно із сільськогосподарськими та лісовими територіями.

Найменші концентрації досліджуваних металів зафіксовано у лісових ґрунтах, що дозволяє розглядати їх як умовно фонові ділянки.

Фон: Pb = 12 мг/кг; Cd = 0,15 мг/кг; Zn = 40 мг/кг; Cu = 18 мг/кг.

Таблиця 2

Вміст важких металів у ґрунтах різних типів територій Івано-Франківської області

Тип території	Cd, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг
Сільськогосподарські угіддя	0,25	45	22
Урбанізована зона	0,45	78	35
Промислова зона	0,90	120	60
Лісова територія	0,15	40	18

Таблиця 3

Коефіцієнти концентрації Кс (Сі/Сфон)

Тип території	Кс(Pb)	Кс(Cd)	Кс(Zn)	Кс(Cu)
Сільськогосподарські угіддя	1,50	1,67	1,13	1,22
Урбанізована зона	2,92	3,00	1,95	1,94
Промислова зона	5,17	6,00	3,00	3,33
Лісова територія	1,00	1,00	1,00	1,00

Коефіцієнти концентрації (Кс) розраховано як відношення фактичного вмісту елементів у ґрунті досліджуваних територій до їх фонових значень (лісова територія). Отримані результати свідчать про різний ступінь техногенного навантаження залежно від типу землекористування.

Для сільськогосподарських угідь значення коефіцієнтів концентрації становлять: $K_c(\text{Pb}) = 1,50$; $K_c(\text{Cd}) = 1,67$; $K_c(\text{Zn}) = 1,13$; $K_c(\text{Cu}) = 1,22$. Це свідчить про незначне перевищення фонового рівня всіх досліджуваних елементів, що може бути пов'язано з використанням мінеральних добрив, пестицидів та впливом транспортних викидів. Отримані значення характеризують початкові прояви хімічної деградації ґрунтів агроландшафтів.

В урбанізованій зоні зафіксовано істотніше зростання коефіцієнтів концентрації: $K_c(\text{Pb}) = 2,92$; $K_c(\text{Cd}) = 3,00$; $K_c(\text{Zn}) = 1,95$; $K_c(\text{Cu}) = 1,94$. Найвищі значення характерні для кадмію та свинцю, що вказує на домінування автотранспортного навантаження, впливу побутових та промислових викидів. Перевищення фонових значень у 2–3 рази свідчить про формування осередків локального забруднення ґрунтів у межах міських територій.

Найвищі коефіцієнти концентрації встановлено для промислової зони: $K_c(\text{Pb}) = 5,17$; $K_c(\text{Cd}) = 6,00$; $K_c(\text{Zn}) = 3,00$; $K_c(\text{Cu}) = 3,33$. Отримані значення вказують на суттєве накопичення важких металів у ґрунтах, зумовлене викидами промислових підприємств та енергетичних об'єктів. Особливо небезпечним є високий рівень кадмію та свинцю, які характеризуються високою токсичністю та здатністю мігрувати в системі

«ґрунт – рослина – людина», що створює ризики для продовольчої та екологічної безпеки регіону.

Для лісової території (фонові) значення коефіцієнтів концентрації для всіх елементів дорівнюють 1,00, що підтверджує її використання як умовно природного еталону та мінімальний рівень антропогенного впливу. Таким чином, аналіз коефіцієнтів концентрації показує чітку тенденцію до зростання рівня забруднення ґрунтів важкими металами зі збільшенням інтенсивності антропогенного навантаження: від лісових територій до промислових зон. Найбільший внесок у формування хімічної деградації ґрунтів мають кадмій і свинець, що обумовлює необхідність посиленого моніторингу та впровадження ґрунтозахисних заходів у промислово-урбанізованих районах Івано-Франківської області.

Оскільки для перших трьох типів територій усі чотири досліджувані елементи (Pb, Cd, Zn, Cu) мають значення $K_c > 1$, прийнято $n = 4$.

Отримані результати свідчать про різний рівень сумарного забруднення ґрунтів залежно від типу землекористування. Для сільськогосподарських угідь сума коефіцієнтів концентрації становить 5,51, що відповідає значенню $Z_c = 2,51$. Це вказує на незначний рівень поліелементного забруднення ґрунтів, імовірно пов'язаний із застосуванням агрохімікатів та впливом транспортних викидів. Такий рівень забруднення характеризується як допустимий і не становить суттєвої загрози екологічній безпеці, однак свідчить про початкові прояви хімічної деградації ґрунтів.

В урбанізованій зоні сума коефіцієнтів концентрації дорівнює 9,81, а значення Z_c становить 6,81. Це свідчить про помітніше накопичення

важких металів у ґрунтах міських територій порівняно із сільськогосподарськими угіддями. Основними джерелами забруднення в даному випадку є автотранспорт, побутові та промислові викиди. Отриманий рівень Z_c також відповідає допустимій категорії, однак характеризується як екологічно напружений і потребує посиленого моніторингу.

Найвищі значення сумарного показника забруднення встановлено для промислової зони, де сума коефіцієнтів концентрації становить 17,50, а $Z_c = 14,50$. Це вказує на найбільший рівень поліелементного забруднення ґрунтів серед досліджуваних територій, зумовлений впливом промислових підприємств та енергетичних об'єктів. Незважаючи на те, що отримане значення формально відповідає допустимому рівню забруднення за шкалою оцінки Z_c , воно є граничним і свідчить про підвищений ризик хімічної деградації ґрунтів та можливу небезпеку міграції токсичних елементів у біогеохімічні ланцюги.

Для лісової території (фонові ділянки) сума коефіцієнтів концентрації дорівнює 4,00, а формально обчислене значення Z_c становить 1,00. Однак дана територія використовується як еталонна (фонова), тому показник Z_c для неї зазвичай не розраховують, а приймають як контрольну базу для порівняння з антропогенно трансформованими ділянками.

Таким чином, аналіз сумарного показника забруднення Z_c показує чітку тенденцію зростання рівня хімічної деградації ґрунтів у напрямі від лісових територій до промислових зон. Найбільш несприятливі умови формуються в межах промислово-урбанізованих територій, що зумовлює необхідність запровадження постійного моніторингу вмісту важких металів у ґрунтах та розроблення заходів з мінімізації техногенного навантаження в системі екологічної безпеки Івано-Франківської області.

Поширена шкала (Ю. Саєт, Б. Равич): $Z_c < 16$ – допустимий, 16–32 – помірний, 32–128 – небезпечний, >128 – надзвичайно небезпечний. Промислова зона ($Z_c = 14,50$) – найбільший ризик, але ще в межах допустимого за цією шкалою. Урбанізована зона (6,81) – нижчий, але помітний поліелементний вплив. С/г угіддя (2,51) – найнижчий серед антропогенних територій.

Висновки та перспективи подальших досліджень

У результаті проведених досліджень встановлено, що деградація ґрунтів Івано-Франківської області має чітко виражений антропогенний характер і зростає зі збільшенням інтенсивності господарського навантаження. Найбільш сприятливий стан ґрунтового покриву зафіксовано на лісових територіях, які можуть розглядатися як умовно фонові ділянки. Для сільськогосподарських угідь характерні прояви дегуміфікації та початкові ознаки хімічного забруднення, що пов'язано з інтенсивним землеробством і застосуванням агрохімікатів.

Урбанізовані та промислові території характеризуються найнижчим вмістом гумусу, підкисленням ґрунтового середовища та підвищеними концентраціями важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu), що свідчить про формування процесів агрохімічної та хімічної деградації ґрунтів. Найвищі коефіцієнти концентрації та значення сумарного показника забруднення Z_c встановлено для промислової зони, що вказує на підвищений ризик міграції токсичних елементів у системі «ґрунт – рослина – людина» та створює загрозу екологічній безпеці регіону.

Отримані результати підтверджують доцільність використання диференційованого підходу до оцінювання екологічного стану ґрунтів з урахуванням типу землекористування та рівня антропогенного навантаження. Ґрунти промислово-урбанізованих територій потребують посиленого моніторингу та впровадження ґрунтозахисних заходів, спрямованих на зменшення техногенного впливу і відновлення їх екологічних функцій.

Перспективи подальших досліджень доцільно пов'язати з розширенням мережі пунктів ґрунтового моніторингу на території області, застосуванням ПІС-технологій для просторового аналізу деградаційних процесів та залученням біоіндикаторних і мікробіологічних показників для комплексної оцінки стану ґрунтів.

Окремим напрямом є дослідження міграції важких металів у трофічних ланцюгах і розроблення заходів фітореMediaції та біореMediaції як елементів регіональної системи екологічної безпеки.

Список використаної літератури

1. Волощук М. Деградація ґрунтів-глобальна екологічна проблема. Вісник Львівського університету. Івано-Франківськ, 2017. Серія географічна. Вип. 51. С. 63-69.
2. Татаріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Білокін О. А. Ерозія ґрунтів як чинник опустелювання агроландшафтів України. Агроекологічний журнал. Київ, 2021. №3. С. 6-14.
3. Водна ерозія: причини, наслідки та захист ґрунту. URL: <https://eos.com/uk/blog/vodna-eroziya/> (Дата звернення: 09.04.2025).
4. Ми їх втрачаємо! Ґрунти України бідніють і деградують. URL: <https://surl.li/wfpwey> (Дата звернення: 08.04.2025).
5. Налобіна О. О., Голотюк М. В., Пуць В. С. Дослідження впливу ущільнення ґрунту на його основні характеристики. Сільськогосподарські машини. Луцьк, 2023. Вип. 49. С. 40-45.
6. Еродованість ґрунтів України. URL: <https://surl.li/kigakt> (Дата звернення: 07.04.2025).
7. Стан українських ґрунтів стає проблемою екологічної безпеки країни. URL: <https://surl.li/wgyeek> (Дата звернення: 09.04.2025).
8. Бережняк Є. М., Наумовська О. І., Бережняк М. Ф. Деградаційні процеси в ґрунтах України та їх негативні наслідки для довкілля. Біологічні системи: теорія та інновації. Київ, 2022. Т. 13. № 3–4. С. 96–109.
9. Балюк С., Медведєв В., Воротинцева Л., Шимель В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. Вісник аграрної науки. 2017. № 8. С. 5–10.
10. Шарий Г. І., Нестеренко С. В., Щепак В. В. Органічне землеробство як інструмент охорони ґрунтів. Формування сталого землекористування: проблеми та перспективи. Полтава 2020. С. 74-77.
11. Татаріко О.Г., Сиротенко О.В., Кучма Т.Л., Ільєнко Т.В. Аерокосмічний моніторинг опустелювання та деградації земель. Науково-методичний посібник за ред. О.І. Фурдичка. Київ, 2017. С. 17-36.