

КОРБУТ МАРІЯ

Державний університет «Житомирська політехніка»;
Інститут сталого розвитку ім. В.Чорновола, Національний університет «Львівська політехніка»
<https://orcid.org/0000-0003-2395-3456>
e-mail: korbutmari81@gmail.com

САФРАНОВ ТАМЕРЛАН

Одеський державний екологічний університет
<https://orcid.org/0000-0003-0928-5121>
e-mail: safranov@ukr.net

МАЛЬОВАНИЙ МИРОСЛАВ

Інститут сталого розвитку ім. В.Чорновола, Національний університет «Львівська політехніка»
<https://orcid.org/0000-0002-3868-1070>
e-mail: myroslav.mal@gmail.com

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ВІД ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

В роботі наведено результати досліджень щодо актуальної проблеми оцінки екологічного ризику від функціонування полігонів твердих побутових відходів на території України. Накопичення твердих побутових відходів на полігонах та звалищах зумовлює забруднення атмосфери, поверхневих і підземних вод, родючих ґрунтів, негативно впливає на природні екосистеми, завдає шкоди сільському господарству, а викиди парникових газів впливають на кліматичні зміни. Екологічний ризик – це потенційна ймовірність виникнення негативного впливу на довкілля внаслідок різних антропогенних чи природних процесів. У сучасних підходах при аналізі ризику основним є аналіз наслідків для об'єктів, що зазнають впливу, на відміну від традиційних підходів до екологічної безпеки, що орієнтують на аналіз самих джерел небезпеки. Проведення комплексного аналізу ризику для забезпечення безпеки населення та природних екосистем потребує вирішення цілої низки теоретико-методологічних проблем, які можна поділити на проблеми оцінки ризику, експортування ризику та управління ризиком. Основною проблемою, що потребує вирішення на шляху побудови універсальної методології комплексного аналізу ризику для населення та природних екосистем, у сфері поводження з ТПВ, можна виділити проблему обліку, порівняння та інтегрування різних антропогенних впливів при оцінці ризику на території регіону. У цьому актуальним завданням є побудова методів оцінки сумарного ризику впливу різних чинників техногенного походження. Проаналізовано якісні та кількісні методи оцінки екологічних ризиків. Сформовано та обґрунтовано методичні підходи до оцінки екологічних ризиків від полігонів твердих побутових відходів, структуровано поняття ризику та досліджено найбільш небезпечні (з точки зору соціальних та екологічних наслідків) ситуації та показники рівня небезпеки звалищ та полігонів твердих побутових відходів для прилеглих територій. Обґрунтовано, що інтегрований ризик слід розглядати як комплексний показник безпеки, виражений у єдиному вартісному еквіваленті, що об'єднує у собі ризики соціального, матеріального характеру та екологічної шкоди.

Ключові слова: полігон твердих побутових відходів, екологічний ризик, оцінка ризику, відходи

KORBUT MARIYA

Zhytomyr Polytechnic State University;
Viacheslav Chornovil Institute of Sustainable Development, Lviv Polytechnic National University

SAFRANOV TAMERLAN

Odessa State Environmental University

MALOVANYI MYROSLAV

Viacheslav Chornovil Institute of Sustainable Development, Lviv Polytechnic National University

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS FROM SOLID DOMESTIC WASTE LANDFILLS

The paper presents the results of research on the topical problem of assessing the environmental risk from the functioning of solid waste landfills on the territory of Ukraine. The accumulation of solid waste in landfills and landfills causes pollution of the atmosphere, surface and underground waters, fertile soils, negatively affects natural ecosystems, harms agriculture, and greenhouse gas emissions affect climate change. Environmental risk is the potential probability of negative impact on the environment as a result of various anthropogenic or natural processes. In modern approaches to risk analysis, the main focus is the analysis of the consequences for the affected objects, in contrast to the traditional approaches to environmental safety, which focus on the analysis of the sources of danger themselves. Conducting a comprehensive risk analysis to ensure the safety of the population and natural ecosystems requires solving a number of theoretical and methodological problems, which can be divided into problems of risk assessment, risk export and risk management. The main problem that needs to be solved on the way to building a universal methodology for comprehensive risk analysis for the population and natural ecosystems in the field of solid waste management is the problem of accounting, comparison and integration of various anthropogenic impacts during risk assessment in the region. In this regard, an urgent task is the construction of methods for assessing the total risk of the influence of various factors of man-made origin. Qualitative and quantitative methods for assessing environmental risks are analysed. Methodical approaches to the assessment of environmental risks from solid waste landfills have been formed and substantiated, the concept of risk has been structured and the most dangerous (in terms of social and environmental consequences) hazardous situations and indicators of the level of danger of landfills and solid waste landfills for adjacent territories have been studied. It is substantiated that the integrated risk should be considered as a complex indicator of security, expressed in a single cost equivalent, which combines risks of a social, material nature and environmental damage.

Keywords: solid waste landfill, environmental risk, risk assessment, waste.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Мінімізація негативного впливу полігонів твердих побутових відходів (ТПВ) на стан довкілля і здоров'я населення є дуже важливою проблемою у багатьох країнах. Тільки в країнах ЄС є близько 30 тис. великих і середніх полігонів, де накопичено 4,5 млрд. т побутових відходів, найближчим часом підлягають закриттю. Полігони ТПВ охоплюють близько 1100 км², непридатних для мешкання людей та вирощування сільськогосподарських культур. В Україні щорічно утворюється більше 470 млн тонн промислових та побутових відходів. За даними Міністерства розвитку громад та територій України (розміщеними на офіційному веб-сайті Міністерства) в Україні за 2021 рік утворилось понад 51 млн. м³ побутових відходів, або понад 10 млн. тон, які захоронюються на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею майже 9 тис. га. Кількість перевантажених сміттєзвалищ становить 230 одиниць (3,8 %), а 824 од. (13,8 %) – не відповідають нормам екологічної безпеки. З 371 сміттєзвалищ, які потребують рекультивациі, фактично рекультивовано лише 29 одиниць. Потреба у будівництві нових полігонів складає 288 одиниць. Щороку утворюється понад 600 млн. м³ токсичного фільтрату, який потрапляє у підземні та наземні джерела водопостачання на десятки кілометрів навколо кожного полігону ТПВ. Місця видалення ТПВ є «резервуарами» патогенних мікроорганізмів, які розносяться синантропними тваринами в оселі людей. Від полігонів ТПВ у повітряний басейн надходить понад 100 шкідливих та парникових газів. За даними Європейської економічної комісії наприкінці ХХ століття, близько 57% ТПВ відходів у Західній Європі та 83,7% у Центральній та Східній Європі видалалися на полігони. Домінуючим способом поводження з ТПВ і в Україні також залишається їх захоронення на полігонах та звалищах. За експертними оцінками, вимогам ЄС не відповідають понад 99% полігонів.

Аналіз досліджень та публікацій

Накопичення ТПВ на полігонах та звалищах зумовлює забруднення атмосфери, поверхневих і підземних вод, родючих ґрунтів, негативно впливає на природні екосистеми, завдає шкоди сільському господарству, а викиди парникових газів впливають на кліматичні зміни [1-7].

Відомо, що ієрархія поводження з ТПВ передбачає наступну послідовність дій з ними: запобігання утворенню відходів → підготовка до повторного використання → перероблення відходів → інша утилізація → видалення на полігони, тобто видалення на полігони знаходиться на найнижчому ступені екологічного ранжирування способів поводження з ТПВ, проте цей спосіб залишається домінуючим в Україні.

В зв'язку з цим, виникає актуальна проблема оцінки екологічного ризику від функціонування полігонів ТПВ на території регіонів України.

Екологічний ризик – це потенційна ймовірність виникнення негативного на довкілля внаслідок різних антропогенних чи природних процесів. Екологічні ризики можуть включати широкий спектр подій, від промислових аварій та забруднення довкілля до природних катастроф та змін клімату. Вони впливають на стан довкілля та здоров'я людини, а також на екологічні та соціально економічні умови. Формування екологічних ризиків залежать від комплексу факторів. Щодо полігонів ТПВ – антропогенним (техногенним) фактором є сама технічна споруда, нормальне функціонування якої залежить від фізико-географічних, інженерно-геологічних, гідрогеологічних та інших природних факторів, включаючи стихійні процеси (землетруси, зсуви, карстові провали, зливи, повені, урагани, ураження блискавкою, пожежі в природних екосистемах тощо). Наявність герметичної ізоляції стінок та днища карт полігону, системи збирання та очищення фільтрату та моніторингових свердловин, системи збору біогазу, протипожежних заходів і т. д. є важливими технологічними факторами запобігання екологічного ризику. Відсутність наднормативного економічного збитку навколишньому середовищу, ефективність функціонування є важливими економічними чинниками функціонування полігону ТПВ. Відсутність негативного впливу на середовище існування населення територій, прилеглих до полігону ТПВ, а також рівень екологічної культури, який перешкоджає утворенню стихійних сміттєзвалищ, є важливими соціально-культурним чинниками запобігання екологічного ризику.

Оцінка екологічних ризиків – це виявлення та оцінка ймовірності настання подій, що мають несприятливі наслідки для стану довкілля, здоров'я населення, діяльності підприємств та викликаних забрудненням довкілля, порушенням екологічних вимог, надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру. На процедуру розрахунку ймовірності істотно впливає ступінчастий характер реалізації екологічного ризику, завдяки якому підсумковий показник представлятиме твір як мінімум двох (а то й більше) значень:

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3, \quad (1)$$

де P – підсумкова ймовірність реалізації екологічного ризику; P_1 – ймовірність виникнення небезпечної події чи явища, що зумовлює формування та дію шкідливих факторів; P_2 – ймовірність формування та дії шкідливих факторів у місці знаходження людей або об'єктів навколишнього середовища; P_3 – ймовірність того, що дія шкідливих факторів призведе до певних збитків.

Наведена формула вимагає оцінки замість одного кількох компонентів, що створює додаткові складності, проте дозволяє проаналізувати та точніше визначити вплив окремих факторів. Це підвищує можливості пошуку «вузьких місць», а отже, збільшує результативність процесу прийняття управлінських рішень щодо зниження небезпеки. Разом з тим на практиці, в багатьох випадках, більш менш точно

прогнозування не є можливим. Зокрема це стосується малоімовірних подій одиничного характеру з досить великими наслідками (наприклад, руйнування греблі ГЕС). У таких ситуаціях можливості технічної катастрофи визначаються з урахуванням моделювання надійності систем, і отримані значення становлять, зазвичай, надмірно малу величину, якої недоцільно оперувати у розрахунках. Подібна оцінка ймовірності покликана відобразити ступінь безвідмовності об'єкта, тоді як практична можливість аварії в принципі не допускається через її катастрофічні наслідки.

Оцінка екологічного ризику може бути проведена на підставі наявних наукових та статистичних даних про екологічно значущі події, катастрофи, про внесок екологічного чинника в стан санітарно-екологічного благополуччя населення, про вплив забруднення довкілля на стан біоценозів та ін.

Якісні методи оцінки екологічних ризиків: 1) експертні оцінки та аналіз сценаріїв, які ґрунтуються на експертних думках та аналізі сценаріїв (вони включають аналіз потенційних екологічних загроз та їх впливу на основі професійного судження та досвіду фахівців); 2) участь зацікавлених сторін (ключовим елементом є залучення зацікавлених сторін, включаючи громадськість, наукову спільноту та промисловість, для забезпечення комплексного розуміння різних аспектів екологічних ризиків управління та мінімізація екологічних ризиків); 3) стратегії управління ризиками (розробка та реалізація стратегій їхньої мінімізації, що може включати технічні заходи, політики та процедури, спрямовані на зниження ймовірності виникнення ризиків та зменшення їхнього потенційного впливу); 4) запобігання та пом'якшення наслідків (комплексний підхід, що включає нормативно-правове регулювання, технологічні інновації та підвищення екологічного усвідомлення суспільства).

Кількісні методи оцінки екологічних ризиків: 1) методи статистичного аналізу (статистичний аналіз даних про частоту та наслідки минулих екологічних подій, що дозволяє оцінити ймовірність виникнення певних екологічних ризиків та потенційний рівень їхнього впливу); 2) моделювання та прогнозування (застосування математичного та комп'ютерного моделювання для прогнозування екологічних ризиків є ще одним ключовим кількісним підходом, які допомагають аналізувати різні сценарії та передбачати можливі зміни в екосистемах).

Сутність статистичного методу полягає у вивченні статистики втрат і прибутку, що мали місце на даному чи аналогічному підприємстві, з метою визначення ймовірності події та установлення ризику; головними інструментами цього методу розрахунку ризику є: ймовірність настання випадкової події, середнє очікуване значення досліджуваної випадкової величини, дисперсія, стандартне (середньоквадратичне) відхилення та коефіцієнт варіації; під ймовірністю появи випадкової величини як міри ризику (R) мається на увазі ймовірність виникнення збитків або недоодержання доходів порівняно з прогнозованим варіантом:

$$R = P(x), \quad (2)$$

де x – випадкова величина збитку; $P(x)$ – ймовірність виникнення збитку.

При оцінці впливу полігонів ТПВ на стан довкілля доцільно виділяти такі складові: 1) хімічні (газоподібні похідні вуглецю та рідкі вуглеводні, пластмаси, діоксини, фільтрати тощо); 2) біологічні (мікробіологічне отруєння дихальних шляхів продуктами спалювання, отруєння різними вірусами тощо); 3) механічні (порушення естетичного вигляду, знищення рослинності, зниження родючості, утворення сміттєзвалищ тощо). Однією з важливих проблем при оцінці екологічного ризику є визначення можливих збитків, які торкаються соціально-економічної, екологічної та інших сфер життєдіяльності людини

У сучасних підходах при аналізі ризику основним є аналіз наслідків для об'єктів, що зазнають впливу, на відміну від традиційних підходів до екологічної безпеки, що орієнтують на аналіз самих джерел небезпеки. Проведення комплексного аналізу ризику для забезпечення безпеки населення та природних екосистем потребує вирішення цілої низки теоретико-методологічних проблем, які можна поділити на проблеми оцінки ризику, експортування ризику та управління ризиком. Основною проблемою, що потребує вирішення на шляху побудови універсальної методології комплексного аналізу ризику для населення та природних екосистем, у сфері поводження з ТПВ, можна виділити проблему обліку, порівняння та інтегрування різних антропогенних впливів при оцінці ризику на території регіону. У цьому актуальним завданням є побудова методів оцінки сумарного ризику впливу різних чинників техногенного походження. Як відомо, найпоширенішими способами зниження екологічних ризиків є страхування та диверсифікація, або розподіл.

Варто зазначити, що концепція ризику включає оцінку ризику і управління ризиком. Оцінка ризику – аналіз генезису та масштабів ризику у конкретній ситуації, а управління ризиком – аналіз ризикової ситуації та розробка рішення. Оцінка ризику дається з метою визначити, де криються основні для здоров'я людини проблеми, а процес вироблення рішення про те, як усунути ці проблеми, є управлінням ризиком. Оцінка ризику та управління ним – складові єдиного процесу прийняття рішення, що базується на характеристиках ризику. При цьому характеристика ризику є кінцевою ланкою оцінки ризику і початковим управлінням ризиком, поєднуючи обидві ці процедури. Звідси випливає їхня головна цільова функція – визначення пріоритетів у діях, спрямованих на мінімізацію ризику, для чого необхідно знати як основні джерела ризику (оцінка ризику), так і найбільш ефективні шляхи його скорочення (управління ризиком).

У всіх випадках головне призначення оцінки ризику полягає в наступному: 1) визначення пріоритетів серед цілого спектра негативних впливів забруднюючих речовин (ЗР), які містяться у довкіллі, на здоров'я людини, що закладає наукову основу управління екологічним ризиком; 2) тісно пов'язана з цим

можливість оперативного попарного порівняння токсичності згаданих ЗР, що дуже суттєво, враховуючи тривалий характер та високу вартість офіційної процедури оцінки ризику, пов'язаного з конкретною ЗР.

Ризик для природної екосистеми або здоров'я людини, пов'язаний із забрудненням довкілля, виникає за таких необхідних та достатніх умов: 1) існування джерела ризику (ЗР у природних складових довкілля, продуктах харчування та підприємства з випуску продукції, які містять ЗР, або технологічного процесу, що передбачає використання цих речовин тощо); 2) присутність даного джерела ризику у певної, шкідливої для здоров'я людини дози або концентрації (порогові величини цих доз та концентрацій не завжди можуть бути встановлені); 3) схильність людини до впливу згаданої дози ЗР. Перелічені умови утворюють разом реальну загрозу чи небезпеку здоров'ю людини.

Така структуризація ризику дозволяє виділити основні етапи процедури оцінки екологічного ризику: 1) ідентифікація ризику та виявлення потенційної небезпеки; 2) оцінка експозиції, тобто реального негативного впливу на стан довкілля і здоров'я людини; 3) оцінка залежності «доза – відповідь», тобто кількісна оцінка реакції навколишнього середовища та людського організму на певну дозу впливу (при наявності необхідної бази емпіричних даних); 4) процедури оцінки ризику (результат попередніх етапів) – характеристика ризику за якісними і кількісними критеріями (від джерела ризику через посередніх ланцюгів до реципієнтів, тобто людини і його оточуючого середовища).

Найбільш суттєвими екологічними ризиками за ступенем впливу на довкілля при поводженні з відходами є:

1) забруднення повітряного басейну внаслідок займання ТПВ у місцях розміщення (фактори ризику – суб'єкт, об'єкт або діяльність, які самостійно або в комбінації один з одним за певних умов можуть призвести до реалізації ризику); у процесі загоряння відходів на полігонах та звалищах відбувається виділення в атмосферу різних ЗР, зокрема надзвичайно токсичних діоксинів;

2) забруднення атмосфери внаслідок утворення та викиду в атмосферу парникових газів (CO_2 , CH_4), причому парниковий ефект молекули CH_4 в 21 раз більший за вплив молекули CO_2 (фактори ризику – порушення технології поводження з відходами та відсутність будь-яких технологій запобігання емісії парникових газів); ТПВ при похованні завдають шкоди природним екосистемі, а біогаз, що на 60% складається з CH_4 , р викликає пожежі, а неприємний запах від полігонів та звалищ ТПВ поширюється повітряними потоками на кілька кілометрів, створюючи несприятливі умови для мешканців прилеглих населених пунктів;

3) забруднення ґрунтів важкими металами та іншими ЗР у місцях розміщення відходів (фактори ризику – відсутність роздільного збору та сортування ТПВ, призводить до великої ймовірності попадання важких металів та інших ЗР через тіло полігонів та звалищ у ґрунтовий покрив;

4) забруднення ґрунтових та інших підземних вод у місцях розташування полігонів та звалищ (фактори ризику – порушення норм та правил поводження з ТПВ, таких як відсутність належної ізоляції полігонів та системи очищення атмосферних опадів і поверхневих вод, які інфільтруються через шари відходів і призводить до утворення фільтрату в процесі гниття органічної складової ТПВ, а також технічна неудосконаленість полігонів, відсутність належного контролю з боку наглядових органів).

Формулювання цілей статті

Метою роботи є формування та обґрунтування методичних підходів до оцінки екологічних ризиків від полігонів твердих побутових відходів, структуризація ризику та виявлення найбільш небезпечних (з точки зору соціальних та екологічних наслідків) ситуацій.

Виклад основного матеріалу

Розміщення полігонів ТПВ є одним із найскладніших завдань, оскільки вони належать до екологічно небезпечних об'єктів. На жаль, будівництво більшості полігонів ТПВ в регіонах України здійснювалося, як правило, без урахування відповідних фізико-географічних, інженерно-геологічних, гідрогеологічних, технічних та соціально-економічних умов, не кажучи вже про численні стихійні звалища. Необхідними складовими сучасних полігонів ТПВ є: прошарки (мембрани) для захисту водоносних горизонтів від забрудненого фільтрату; система контролю за стоком; система збирання та очищення фільтрату; свердловини для моніторингу; відповідні умови для рекультивації земель.

В процесі експлуатації полігону ТПВ, а також протягом тривалого часу після припинення його функціонування, відбувається виділення звалищних газів, утворюється фільтрат, змінюються фізико-хімічні властивості гірських порід під тілом полігону, що призводить до збільшення їхньої фільтраційної здатності і, як наслідок, до забруднення ґрунтових та інших підземних вод. Однак більшість функціонуючих та закритих полігонів ТПВ в регіонах України фактично не обладнані інженерними спорудами, що дають змогу забезпечити мінімізацію забруднення довкілля тому, що, як правило, не здійснюється належний контроль ТПВ, що депонуються, роботи системи збирання та утилізації біогазу, ефективності очищення фільтрату, а також не проводяться та моніторингові дослідження стану атмосферного повітря, якості поверхневих та підземних вод, родючих ґрунтів та геологічного середовища.

Звичайно, зона забруднення навколо великих полігонів ТБО (площа >16 га) досягає 1,5 км (у напрямку масопереносу), середніх ТБО (площа 4-16 га) – 800-900 м, дрібних (площа < 4 га) – 500-600 м. Оцінка впливу полігонів ТПВ на навколишнє середовище може здійснюватися за деякими критеріями, які наведені у таблиці 1.

Оцінка впливу полігонів ТПВ на навколишнє середовище

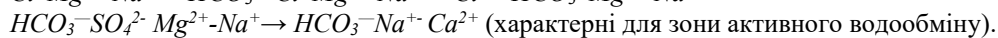
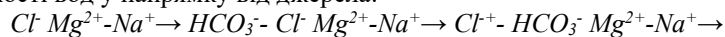
Ступінь впливу	Критерій		
	Підземні води	Поверхневі води	Ґрунти
Допустима	Елементи I-IV класів небезпеки – ГДК < 1		$Z_c \leq 16$
Помірно небезпечна	Елементи I-II класів небезпеки – ГДК = 1-2,5		$Z_c = 16-32$
	Елементи III-IV класів небезпеки – ГДК = 1-10		$Z_c = 8-32$
Небезпечна	Елементи I-II класів небезпеки – ГДК = 2,5-5		$Z_c = 32-128$
	Елементи III-IV класів небезпеки – ГДК = 10-50		$Z_c = 32-128$
Надзвичайно небезпечна	Елементи I-II класів небезпеки – ГДК ≥ 5		$Z_c \geq 128$
	Елементи III-IV класів небезпеки – ГДК ≥ 50		$Z_c \geq 128$

Примітка: Z_c – сумарний показник забруднення: $Z_c = \sum K_c - (n-1)$, $i=1$

де n – число аномальних компонентів (хімічних елементів), що враховуються; K_c – коефіцієнт концентрації, рівний кратності перевищення вмісту даного компонента (хімічного елементу) над фоновим значенням.

Як правило, найбільшого забруднення зазнають поверхневі і підземні води зони активного водообміну, ґрунтово-рослинний покрив та поверхневі відклади. Особливу небезпеку у цьому процесі становить фільтрат, який являє собою складну за хімічним складом рідину жовтувато-бурого або коричневого кольору з неприємним запахом продуктів розкладу харчових відходів. Він утворюється із вод, що виникають в результаті інфільтрації атмосферних опадів у «тіло» полігону, а потім концентруються в його основі. При цьому проходячи через товщу відходів, фільтрат збагачується різноманітними ЗР, що входять до їх складу, або ж насичується продуктами їх розкладання органічних речовин. У межах сміттєзвалищ, закладених без дотримання правил охорони довкілля (наприклад таких, що не мають протифільтраційних екранів, системи відведення і очищення фільтрату тощо), фільтрат зазвичай вільно стікає в напрямку понижених ділянок, і, як наслідок, потрапляє у ґрунтовий покрив і підстиляючи його осадочні утворення, поверхневі води, донні відклади, ґрунтові та інші підземні води [5, 8].

Навколо полігону ТПВ формується ореол заміщення природних вод техногенними. У межах ореолу впливу фіксується закономірна диференціація макро- та мікрокомпонентів підземних вод. Загальна спрямованість заміщення водами техногенного походження зводиться до формування гідрохімічної зональності вод у напрямку від джерела:



У цьому напрямі відзначається зниження рівня загальної мінералізації від 8-9 до 0,5-1,5 г/дм³, що виповідає ступеню розчинності солей у воді. Для забруджених підземних вод характерні підвищені концентрації Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Fe , Mn , Se , Ni , Hg , Pb , Al , PO_4^{3-} , СПАР та фенолів. За аніонним складом підземні води, забрудненні фільтратом, SO_4^{2-} - Cl^- або Cl^- - SO_4^{2-} складу. У катіонному складі домінує Fe^{2+} , який заміщує Na^+ . Гідрохімічні параметри поверхневих (річкових) вод, куди потрапляє фільтрат, відрізняються від забруднених підземних вод тому що, фільтрат змішується з поверхневими водами та різко змінює їх хімічний склад. Вони характеризуються підвищеним вмістом SO_4^{2-} , Na^+ , F^- , СПАР, нафтопродуктів, Fe , Mn , Ni , Bi , Ge , Zr , Sr . Забруднюються також води алювіальних відкладів, які характеризуються перевищенням (в одиницях ГДК): мінералізації – до 12,2; жорсткості – до 5,3; Na^+ – до 1,6; Cl^- – до 1,7; SO_4^{2-} – до 5,8; PO_4^{3-} – до 1,12; NH^+ – до 1,1; Fe – до 1556,2; Mn до 4,6; Al – до 3,2; F^- – до 2,5; Cd – до 7,0; Pb – до 5,2; Hg – до 1,8; Ni – до 3,5; Bi – до 1,8; Se – до 3,7. На території, прилеглої до полігону ТПВ також відбувається зміна аніонного та катіонного складу підземних вод під впливом інфільтрації фільтрату. Тому для запобігання забруднення підземних та поверхневих вод необхідно заходи щодо перехоплення забруднених фільтратом вод, а також їх збирання та знезараження.

Чисельна оцінка ризику на полігоні ТПВ з використанням методу матриці ризиків шляхом формалізації експертних можна розраховувати за формулою:

$$R = K_1 \cdot K_2 \cdot W \cdot S \quad (3)$$

де R – ризик на полігоні ТПВ; W – ймовірність реалізації аварії; значення W коливається від 1 до 6 (1 – початок аварії малоімовірно або ймовірність її виникнення не більше 10^{-3} – 10^{-2} разів на рік; 2 – початок аварії малоімовірно або ймовірність її виникнення не більше 10^{-2} – $2 \cdot 10^{-2}$ разів на рік; 3 – початок аварії малоімовірно або ймовірність її виникнення не більше $2 \cdot 10^{-2}$ – 10^{-1} разів на рік; 4 – початок аварії малоімовірно або ймовірність її виникнення не більше 10^{-1} – $2,5 \cdot 10^{-1}$ разів на рік; 5 – початок аварії малоімовірно або ймовірність її виникнення не більше 10^{-1} – $2,5 \cdot 10^{-1}$ разів на рік; 6 – початок аварії малоімовірно або ймовірність її виникнення не більше $2,5 \cdot 10^{-1}$ – 10^0 разів на рік або ймовірність її виникнення не більше 10^0 – 10^1 разів на рік (табл. 2).

S – величина шкоди. Величина S фактору оцінки наслідків катастрофічних аварій коливається в діапазоні від до 5 (табл. 3).

Таблиця 2

Види аварій на полігоні ТПВ

Номер сценарію та ризик R_i	Види аварій
1(R_1)	Порушення дамби і тіла полігону ТБО (перелив, руйнування тіла дамби)
2(R_2)	Порушення герметичності стінок та днища полігону
3(R_3)	Витік забруднених стічних вод через дренажні канали та через ґрунтовий покрив
4(R_4)	Емісія забруднюючих речовин в атмосферу від очисних споруд
5(R_5)	Забруднення повітря внаслідок займання на картах полігону ТПВ
6(R_6)	Забруднення ґрунтового покриву важкими металами
7(R_7)	Викиди забруднюючих речовин в результаті екстремальних природних явищ або техногенних подій
8(R_8)	Аварії під час впровадження процесів переробки ТПВ
9(R_9)	Шкода здоров'ю людини як внаслідок спалахів інфекційних захворювань на полігонах ТПВ

Таблиця 3

Величина S фактору оцінки наслідків катастрофічних аварій

S	Наслідки аварії в залежності від масштабу
1	Наслідки незначні, можуть бути ліквідовані керівництвом полігону при організації поточних витрат до 1 місяця
2	Наслідки обмежені; їх можна усунути за рахунок внутрішніх резервів керуючої компанії полігону або залучення позикових коштів. Витрати на ліквідацію наслідків не призведуть до банкрутства керуючої компанії. Термін ліквідації наслідків – до 1 року
3	Значні збитки, ліквідація наслідків вимагає підтримки федерального центру або міжнародних організацій. Термін ліквідації наслідків – 3 роки і більше
4	Великі збитки, ліквідація наслідків потребує підтримки федерального центру або міжнародних організацій. Термін ліквідації наслідків – 3 роки і більше
5	Невиправна шкода, наслідки можна мінімізувати протягом тривалого часу.

За результатами оцінки компонентів досліджуваного об'єкта зв'язки побудовані, пояснюючи зв'язок між психолінгвістичними операторами та кількісними призначених для них заходів (табл. 4) [9-11].

Аналіз показує, що найбільш небезпечні з точки зору соціальних та екологічних наслідків небезпечних ситуацій – це сценарії, пов'язані з фільтрацією вмісту карток-траншей у навколишнє середовище, і безпеку представляють як існуючі, так і старі заповнені карти. Крім того, високий інтегральний ризик має сценарій із забрудненням атмосферного повітря полігональними газами. Щоб зменшити екологічні ризики цих двох ситуацій, доцільно використовувати комплексні методи утилізації ТПВ: сортування, компостування (табл. 5).

Таблиця 4

Сценарії, оцінка ризиків та необхідні дії

Номер сценарію	Сценарій	Параметр R	Рівень ризику	Дії
1 (R_1)	Порушення, переповнення або знищення тіла дамби	$W = 4$ $K_1 = 1.2$ $K_2 = 1$ $S = 4$ $R_I = 27$	Середній	Планування заходів зниження ризик за допомогою
2 (R_2)	Порушення герметичності стінок та днища полігону	$W = 2$ $K_1 = 1.5$ $K_2 = 1,1$ $S = 4$ $R_I = 13$	Низький	Ризиком можна знехтувати до отримання даних, що вказують збільшення ризик
3 (R_3)	Витік забруднених стічних вод через дренажні канали та через ґрунтовий покрив	$W = 6$ $K_1 = 1.7$ $K_2 = 1.3$ $S = 4$ $R_I = 53$	Дуже низький	Заходів із залученням в сторонніх експертів із залученням великих фінансування обсягів
4 (R_4)	Емісія забруднюючих речовин в атмосферу від очисних споруд	$W = 6$ $K_1 = 1,4$ $K_2 = 1.2$ $S = 3$ $R_I = 30$	Високий	Розробка та впровадження зниження ризику залучення додаткового фінансування

Продовження таблиці 4

5 (R_5)	Забруднення повітря внаслідок займання на картах полігону ТПВ	$W = 4$ $K_1 = 1.3$ $K_2 = 1.2$ $S = 3$ $R_I = 19$	Низький	Ризиком можна знехтувати до отримання даних, що вказують збільшення ризику
6 (R_6)	Забруднення ґрунтового покриву важкими металами	$W = 5$ $K_1 = 1.2$ $K_2 = 1.3$ $S = 3$ $R_I = 23$	Середній	Планування заходів зниження ризику
7 (R_7)	Викиди забруднюючих речовин в результаті екстремальних природних явищ або техногенних подій	$W = 1$ $K_1 = 1.2$ $K_2 = 1.3$ $S = 3$ $R_I = 5$	Дуже низький	Ніяких особливих заходів не потрібно
8 (R_8)	Аварії під час впровадження процесів переробки ТПВ	$W = 2$ $K_1 = 1.2$ $K_2 = 1.3$ $S = 3$ $R_I = 9$	Дуже низький	Ніяких особливих заходів не потрібно
9 (R_9)	Шкода здоров'ю людини як внаслідок спалахів інфекційних захворювань на полігонах ТПВ	$W = 3$ $K_1 = 1.6$ $K_2 = 1.2$ $S = 2$ $R_I = 12$	Низький	Ризиком можна знехтувати до отримання даних, що вказують збільшення ризику

Таблиця 5

Оцінка ризиків складних методів утилізації ТПВ

Номер сценарію	Сценарій	Параметр R	Рівень ризику	
1 (R_1)	Порушення, переповнення або знищення тіла дамби	$W = 5$ $K_1 = 1.6$ $K_2 = 1.2$ $S = 3$ $R_I = 23$	Середній	Планування заходів зменшення ризику із бронюванням спеціального бюджету
2 (R_2)	Порушення герметичності стінок та днища полігону	$W = 5$ $K_1 = 1.3$ $K_2 = 1.2$ $S = 2$ $R_I = 16$	Низький	Ризиком можна знехтувати до отримання даних, що вказують на підвищення ризику.

Таким чином, найбільш небезпечні з точки зору соціальних та екологічних наслідків небезпечних ситуацій – це сценарії, пов'язані з фільтрацією вмісту карт-ровів у навколишнє середовище. Також високий інтегральний ризик має сценарій із забрудненням атмосферного повітря полігону газу. Отже, метод матриць ризиків через формалізацію експертних висновків показав що комплексний спосіб утилізації ТПВ мінімізує антропогенне навантаження на середовища у сфері поводження з відходами.

Імовірність події (W) можна характеризувати як вірогідну ($W_{\text{ВІР}}$), що займає у шкалі ймовірностей діапазон $[0,5-0,79]$, малоїмовірну ($W_{\text{МІМ}}$), що займає діапазон $[0,3-0,49]$, дуже малоїмовірну ($W_{\text{ДМІ}}$), що займає діапазон $[0,1-0,29]$, неймовірну ($W_{\text{НІМ}}$), що займає діапазон $[0,00-0,09]$. З іншого боку, наслідки реалізації події (НР) можна розглядати як несуттєві (НСУ), помітні (ПОМ), критичні (КРИ) і катастрофічні (КАТ), які також можна охарактеризувати у відносних (до категорії КАТ) одиницях (відносно, $\text{НСУ} = <0,1-0,25>$, $\text{ПОМ} = <0,26-0,7>$, $\text{КРИ} = <0,71-0,89>$, $\text{КАТ} = <0,9-1,0>$) – табл. 6 [12].

Наприклад, таку подію, як витік звалищного газу з точки зору наслідків: 1) припинення процесу горіння ($W = W_{\text{ДМІ}}$, $\text{НР} = \text{НСУ}$); 2) отруєння ($W = W_{\text{ДМІ}}$, $\text{НР} = \text{КАТ}$); 3) вибух газу, пожежа ($W_{\text{ДМІ}} = W_{\text{ДМІ}}$, $\text{НР} = \text{КАТ}$).

Заходи з попередження події: моніторинг CO з сигналізацією на пульт керування про виявлення CO у повітрі у контрольованих точках та про тенденції зміни концентрації CO . Кінцевий ризик після цього повинен бути мінімальним, який тільки можна реально досягти, тобто має потрапити у припустиму або умовно припустиму зону.

Матриця «Імовірність події-наслідки реалізації» [12]

HP \ П	НСУ	ПОМ	КРИ	КАТ
НІМ	Припустимі	Припустимі	Припустимі	Умовно Припустимі
ДМЙ	Припустимі	Припустимі	Умовно Припустимі	Умовно Припустимі
МІМ	Припустимі	Умовно Припустимі	Умовно Припустимі	Не припустимі
МОЖ	Умовно Припустимі	Умовно Припустимі	Не припустимі	Не припустимі
ВІР	Умовно Припустимі	Не припустимі	Не припустимі	Не припустимі

Іншою подією може бути помилка оператора («людський чинник») – найчастіша причина небезпечних наслідків. Для цієї події $W = W_{\text{МОЖ}}$, а HP знаходиться у межах НСУ-КАТ, залежно типу помилки та місця цієї помилки у технологічному ланцюжку.

Заходи з попередження події включають блокування неприпустимих дій оператора з попередженням оператора про наслідки, дублювання технічних та програмних засобів, виконання тих чи інших процедур різними шляхами (методами) тощо. Слід зазначити, що введення надлишкових технічних та процедурних (програмних) засобів рекомендується для найбільш складних і відповідальних процедур, для яких HP = <КРИ, КАТ >.

Оптимальною оцінкою ризику, тобто така, яка відповідає наступній умові:

$$VaR(opt) = \max \{ VaR1, \dots, VaRn \}, \tag{4}$$

Виходячи з зазначеного вище, можна сформулювати такі евристичні поведінки з ТПВ:

Якщо $\{[(TPB_{лcn}) \text{ АБО } (TPB_{cneo})] \text{ I } (R_c < R_n)\}$, то (ПС), $\tag{5}$

Якщо $\{[(TPB_{лcv}) \text{ АБО } (TPB_{cveo})] \text{ I } (R_c < R_n)\}$, то (ВС), $\tag{6}$

Якщо $\{[(TPB_{вcn}) \text{ АБО } (TPB_{cnen})] \text{ I } (R_c > R_n)\}$, то (ТС), $\tag{7}$

Якщо $\{[(TPB_{вcn}) \text{ I } (TPB_{cnen}) \text{ I } (TPB_{вcv}) \text{ I } (TPB_{cven})] \text{ I } (R_c > R_n)\}$ то (ЖС), $\tag{8}$

де $(TPB_{лcn})$ і $(TPB_{лcv})$ відповідно свідчать про технологічно легкі умови первинного та вторинного сортування ТПВ; (TPB_{cneo}) і (TPB_{cveo}) свідчать про наявність відповідно умов економічно обґрунтованого первинного та вторинного сортування; умова $(R_c < R_n)$ свідчить про те, що ризик, пов'язаний із сортуванням (R_c) , повинен бути менше припустимого ризику для обраного типу ТПВ (R_n) , а умова $(R_c > R_n)$ стверджує, що має місце неприпустимий ризик; позначення $(TPB_{вcn})$, $(TPB_{вcv})$, (TPB_{cnen}) , (TPB_{cven}) відповідають важким умовам первинного та вторинного сортування та, відповідно, економічній необґрунтованості первинного та вторинного сортування.

Основними загрозами впливу техногенно порушених земель під звалищами ТПВ на сільськогосподарські угіддя є: загрози екологічного та санітарно-гігієнічного характеру (через забруднення компонентів довкілля – ґрунти, поверхневі і підземні води, атмосферне повітря); загрози економічного та продовольчого характеру (вилучені землі із сільськогосподарського обігу, необхідні витрати на покриття збитків за забруднення довкілля від місць видалення ТПВ, погіршення якості продукції, що вирощується на сільськогосподарських землях біля звалищ ТПВ); загрози ресурсного характеру (втрата ресурсної якості компонентів довкілля – ґрунтів, природних вод, повітря; втрата вторинних ресурсів, які не використовуються у господарському обігу) [13, 14]. Як наслідок, виникають екологічні ризики від видалення ТПВ, зокрема потенційні та миттєві ризики здоров'ю населення від забруднення довкілля (прямий вплив від забруднених компонентів довкілля спричиняє екологічно обумовлені захворювання) та ризики від споживання забрудненої продукції (опосередкований вплив). Користуючись аналітичною схемою «рухомі сили – стан реагування», розробленою СЕК ООН визначені базові показники рівня безпеки звалищ ТПВ для прилеглих територій (табл. 7).

Показники рівня небезпеки звалищ ТПВ для прилеглих територій

Загрози	Індикатори екологічного ризику		
	показники - рушійна сила	показники поточного стану	показники реагування
1. Зменшення сучасних та майбутніх можливостей економічного зростання	технічні характеристики	екологічні характеристики	соціально-економічні характеристики
2. Погіршення стану довкілля	-ступінь заповнення звалищ, % -клас небезпеки відходів, бали -термін експлуатації, роки -відстань звалища від с/г угідь, м -зайнята площа звалища, га -обсяг відходів на звалищі, т	-обсяг фільтрату із звалища, м ³ -обсяг біогазу із звалища, м ³ -якість повітря у звалища, бали -якість повітря на межі звалища с/г угідь, бали -якість повітря на відстані 200 від звалища, бали -якість ґрунтів на межі звалища, бали -якість ґрунтів відстані 50 м від звалища, бали -якість ґрунтів відстані 100 м від звалища, бали -якість ґрунтів відстані 200 м від звалища, бали -якість ґрунтів відстані 500 м від звалища, бали	-екологічний ризик, % -рівень збитку за забруднення довкілля, бали -коефіцієнт покриття збитку за забруднення довкілля, %
3. Погіршення якості життя населення	-застосування технологій (ущільнення, пересипка, ізоляція днища тощо), бали	-якість ґрунтів на відстані 200 від звалища, бали -якість ґрунтів на межі звалища, бали -якість ґрунтів відстані 50 м від звалища, бали -якість ґрунтів відстані 100 м від звалища, бали -якість ґрунтів відстані 200 м від звалища, бали -якість ґрунтів відстані 500 м від звалища, бали	

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

З точки зору збалансованого природокористування, екологічний ризик – це можливість появи непереборних екологічних заборон. Саме тому екологічний ризик слід розглядати на всіх рівнях: локальному, регіональному, державному та глобальному. У сфері управління ТПВ доцільно розглядати ризик як інтегрований показник, який враховує максимальну кількість факторів, що призводять до негативних наслідків. На думку авторів дослідження абсолютно всі складові впливу – поверхневий змив, підземні води, шкідливі гази, мають враховуватись при оцінці екологічних ризиків від полігонів твердих побутових відходів. Безумовно, інтегрований ризик – комплексний показник безпеки, виражений у єдиному вартісному еквіваленті, що об'єднує у собі ризики соціального, матеріального характеру та екологічної шкоди.

Література

1. Vambol S., Vambol V., Bogdanov I., Suchikova, Y. & Rashkevich N. (2017) Research of the influence of decomposition of wastes of polymers with nano inclusions on the atmosphere. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(10-90), 57–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118213>
2. Safranov T.A., Prykhodko V. Yu. & Shanina T.P. (2016). The problem of waste disposal in landfills and landfills of Odessa region (in Ukrainian). *Visnyk KhNu im. V.N Karazina*, 14, 83-90
3. Malovanyu M., Korbut M., Davydova I., Tymchuk I. Monitoring of the Influence of Landfills on the Atmospheric Air Using Bioindication Methods on the Example of the Zhytomyr Landfill, Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2021;22(6):36-49. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/137446>
4. Korbut, M., Malovanyu, M., Davydova, I., Grechanik, R., Tymchuk, I., Popovych, O. (2021). Assessment of the Condition of Pine Plantations in the Area of Influence of Municipal Waste Landfills on the Example of the Zhytomyr Landfill, Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 22(5), 40-46 DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/139411>
5. Determination of the sanitary protection zone of municipal waste landfill based on evaluation of the environmental hazards: Case study of the Zhytomyr territorial community, Ukraine. *Heliyon*. 2023. V. 9, Issue 12, E22347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22347>
6. Kotsiuba, I., Herasymchuk, O., Shamrai, V., Lukianova, V., Anpilova, Y., Rybak, O., Lefter, I. (2023). A Strategic Analysis of the Prerequisites for the Implementation of Waste Management at the Regional Level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 55-66. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/154918>
7. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/250431673> (дата звернення: 08.04.2024).

8. Соціоекологічні ризики, пов'язані з фільтратом сміттєзвалищ, з огляду на його гідрохімічні характеристики. Трофимчук О.М.1, Кураєва І.В.2, Кармазиненко С.П., Азімов О.Т. URL: https://itgip.org/wp-content/uploads/2022/11/tezy_54.pdf (дата звернення: 07.02.2024).
9. Koda E., Miszkowska A., Siczka A. (2017). Levels of organic pollution indicators in groundwater at the old landfill and waste management site. *Applied Sciences*. 7(6) 638. PP. 161–162.
10. Wolny-Koładka K., Malinowski M. (2015). Assessment of the microbiological contamination of air in a municipal solid waste treatment company. *Ecological Chemistry and Engineering A*. 22(2). PP. 175–183.
11. Nagarajan R., Thirumalaisamy S., Lakshumanan E. (2012). Impact of leachate on groundwater pollution due to non-engineered municipal solid waste landfill sites of erode city, Tamil Nadu, India, *Iranian J of Environmental Health Science & Engineering*. 9(1). PP. 35.
12. Єремєєв І.С., Марчук С.В.. Невизначеність та ризики під час поводження з твердими побутовими відходами. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4182> (дата звернення: 07. 02.2024).
13. Серєда М.С. Діагностика ризиків та загроз впливу техногенно порушених земель під звалищами твердих побутових відходів на сільськогосподарські угіддя. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2021. №3. С. 91-100.
14. Пацева І.Г., Герасимчук О.Л., Кагукіна А.М. Системний підхід управління відходами об'єднаних територіальних громад. Екологічні науки. 2022. Вип. 43. С. 181-184

References

1. Vambol S., Vambol V., Bogdanov I., Suchikova, Y. & Rashkevich N. (2017) Research of the influence of decomposition of wastes of polymers with nano inclusions on the atmosphere. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(10-90), 57–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118213>
2. Safranov T.A., Prykhodko V. Yu. & Shanina T.P. (2016). The problem of waste disposal in landfills and landfills of Odessa region (in Ukrainian). *Visnyk KhNu im. V.N Karazina*, 14, 83-90
3. Malovanyy M, Korbut M, Davydova I, Tymchuk I. Monitoring of the Influence of Landfills on the Atmospheric Air Using Bioindication Methods on the Example of the Zhytomyr Landfill, Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2021;22(6):36-49. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/137446>
4. Korbut, M., Malovanyy, M., Davydova, I., Grechanik, R., Tymchuk, I., Popovych, O. (2021). Assessment of the Condition of Pine Plantations in the Area of Influence of Municipal Waste Landfills on the Example of the Zhytomyr Landfill, Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 22(5), 40-46 DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/139411>
5. Determination of the sanitary protection zone of municipal waste landfill based on evaluation of the environmental hazards: Case study of the Zhytomyr territorial community, Ukraine. *Heliyon*. 2023. V. 9, Issue 12, E22347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22347>
6. Kotsiuba, I., Herasymchuk, O., Shamrai, V., Lukianova, V., Anpilova, Y., Rybak, O., Lefter, I. (2023). A Strategic Analysis of the Prerequisites for the Implementation of Waste Management at the Regional Level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 55-66. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/154918>
7. National waste management strategy in Ukraine until 2030. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/250431673> (date of application: 04/08/2024).
8. Socio-ecological risks associated with landfill leachate, considering its hydrochemical characteristics. Trofymchuk O.M.1, Kuraeva I.V.2, Karmazynenko S.P., Azimov O.T. URL: https://itgip.org/wp-content/uploads/2022/11/tezy_54.pdf (access date: 02/07/2024).
9. Koda E., Miszkowska A., Siczka A. (2017). Levels of organic pollution indicators in groundwater at the old landfill and waste management site. *Applied Sciences*. 7(6) 638. PP. 161–162.
10. Wolny-Koładka K., Malinowski M. (2015). Assessment of the microbiological contamination of air in a municipal solid waste treatment company. *Ecological Chemistry and Engineering A*. 22(2). PP. 175–183.
11. Nagarajan R., Thirumalaisamy S., Lakshumanan E. (2012). Impact of leachate on groundwater pollution due to non-engineered municipal solid waste landfill sites of erode city, Tamil Nadu, India, *Iranian J of Environmental Health Science & Engineering*. 9(1). PP. 35.
12. Yermeev I.S., Marchuk S.V.. Uncertainty and risks during solid household waste management. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4182> (date of application: 02/07/2024).
13. Wednesday M.S. Diagnostics of risks and threats of the impact of man-made disturbed lands under landfills of solid household waste on agricultural lands. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 2021. No. 3. P. 91-100.
14. Patseva I.G., Gerasimchuk O.L., Kagukina A.M. A systematic approach to waste management of united territorial communities. *Environmental sciences*. 2022. Issue 43. P. 181-184.