

В.М. Лобойченко

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

ФОРМУВАННЯ ОКРЕМИХ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНОГО МЕТОДА ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УНАСЛІДОК АВАРІЙ НА ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ОБЛАДНАННІ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

В роботі досліджено стан проблеми попередження техногенних надзвичайних ситуацій в Україні та в світі. Відмічена необхідність складних методів обробки даних, спеціалізованого обладнання, значних коштів для їх попередження. Запропоновано розв'язок окремих задач інженерно-технічного методу попередження надзвичайних ситуацій унаслідок аварій на технологічному обладнанні потенційно небезпечних об'єктів, із застосуванням електропровідності та коефіцієнта ідентифікації, підходи якого апробовано на прикладі одного з техногенних об'єктів.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, попередження, забруднююча речовина, електропровідність, коефіцієнт ідентифікації, ґрунт, водна витяжка

Постановка проблеми

Постійне зростання потреб та чисельності населення, розвиток різних напрямків промисловості спричиняють збільшення числа і потужностей техногенних об'єктів, в тому числі і потенційно небезпечних. З іншого боку, дія природних явищ, людського фактору, технічні та технологічні причини, зокрема застарілість та зношеність обладнання, порушення чи недосконалість технологічних процесів, інші фактори можуть спричинити аварії на цих об'єктах та виступати причиною надзвичайних ситуацій [1].

Так, застарілість або зношеність основних фондів, а також аварійний стан значної частини мереж комунального господарства, виступає в Україні однією з основних причин надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру [2].

Потрапляння хімічних забруднюючих речовин в навколишнє середовище, яке часто супроводжує подібні надзвичайні ситуації, може збільшувати масштабність її наслідків та спричинити підвищення її рівня до місцевого, регіонального або загальнодержавного. При цьому має місце погіршення умов життєдіяльності людей, унеможливлення проживання їх на забрудненій території, значне негативне порушення стану довкілля.

Згідно доповіді ООН [3] важливим запобіганням техногенних небезпек є раннє попередження про них, яке повинно бачитися на різних рівнях та з різними поняттями та інструментами. Відмічається, що за деяких обставин тривалий вплив може бути навіть важливішим для добробуту суспільства або для майбут-

ніх поколінь його теперішніх мешканців, ніж короточасні наслідки. Тому суттєвий ризик техногенної небезпеки насправді вимагає зосередження уваги на запобіганні її виникнення, зокрема, передбачення відповідних засобів запобігання чи реагування на ризики з різними небезпеками. При цьому наголошується, що для таких небезпек не є характерним глобальний вплив, хоча може мати місце трансграничне забруднення. Необхідність дослідження питання оцінки впливу техногенного забруднення довкілля та забезпечення безпеки населення також відзначається в «Концепції захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій» [4]. Зокрема, наголошується, що до основних заходів захисту населення і територій відноситься спостереження і контроль за довкіллям, продуктами харчування і водою, який забезпечується «організацією збору, опрацювання і передачі інформації про стан довкілля, забруднення продуктів харчування, харчової сировини, фуражу, води радіоактивними, хімічними речовинами та інфекційними мікроорганізмами». При цьому залучені фахівці потребують чіткого розуміння, що в навколишньому середовищі має місце перевищення ГДК забруднюючої речовини або їх сукупності [5]. Очевидно, що знання щодо особливостей поведінки забруднюючих речовин при надзвичайних ситуаціях також можуть допомогти мінімізувати вірогідність виникнення аварій, й тим самим, попередити розвиток надзвичайної ситуації. Останнє, в своє чергу, відноситься до сфери діяльності служб цивільного захисту [6].

Слід відмітити, що забезпечення достовірності подібних досліджень об'єктів довкілля зазвичай потребує наявності спеціальних умов й залучення дорогого обладнання, та є досить тривалим в часі, що в умовах виникнення та розвитку надзвичайної ситуації не завжди можна забезпечити.

Вищезазначене однозначно вказує на існування проблеми, а саме, відсутність в єдиній державній системі цивільного захисту дієвих механізмів протидії надзвичайним ситуаціям унаслідок аварій на потенційно небезпечних об'єктах (ПНО).

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як важливий елемент готовності до надзвичайних ситуацій, в тому числі й пов'язаних з технологічними небезпеками, ВООЗ відносить раннє попередження та необхідність достатніх технологічних ресурсів [7]. В керівництві ВООЗ [8] серед інструментів планування підготовки до лих, міститься інформація про гідрологічні інструменти прогнозування, системи раннього попередження, інструменти управління і захисту від небезпек при лихах.

Державне статутне агентство Австралії відзначає, що управління надзвичайними ситуаціями, в тому числі й з витоком в довкілля хімічних речовин, включає циклічний процес з чотирьох фаз профілактики, підготовленості, реагування (тобто дії, вжиті під час та безпосередньо після надзвичайної ситуації, щоб мінімізувати вплив) та відновлення [9]. При цьому дії залежать від конкретної надзвичайної ситуації, що відбувається.

В Китаї з 2016 р., враховуючи динамічну індустріалізацію та зростання рівня смертності внаслідок великих аварій та особливо серйозних аварій [10], прийнято «Керівні принципи всебічного та надійного стримування великих аварій та особливо серйозних аварій» для їх скорочення.

«Закон про збереження та відновлення ресурсів» [11], розроблений Агентством охорони навколишнього природного середовища США (EPA) регламентує рамки для належного поводження з небезпечними та небезпечними твердими відходами [12], місця зберігання яких можуть розглядатись як потенційно небезпечні об'єкти. Конкретні методи тестування таких небезпек визначені у публікації EPA SW-846 «Методи випробувань для оцінки твердих відходів: фізичні / хімічні методи» (Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods) [13], що є сукупністю методів аналізу та відбору проб та в якій визначені конкретні методи тестування небезпек. SW-846 надає вказівки при проведенні вибірок і аналізів, та складається з понад 200 аналітичних методів відбору проб та аналізу відходів та інших матеріалів.

Для своєчасного попередження розвитку надзвичайної ситуації в більш масштабні рівні використовуються різні контактні і дистанційні методи [14, 15], в тому числі розгорнутий аналіз об'єктів навколишнього середовища, стану здоров'я населення і т. п.

Так, в Південній Кореї як складову запобігання надзвичайних ситуацій, пов'язаних з витоком небезпечних хімічних речовин і забрудненням повітря, вказують на необхідність аналізу ризиків у реальному часі для встановлення плану реагування на надзвичайні ситуації та ризику для ефективної допомоги персоналу за допомогою географічної інформаційної системи та методів моделювання [16]. Авторами [17] проведено аналіз просторового розподілу хімічних заводів та аварій в Південній Кореї, зокрема, побудовано моделі просторового розподілу, виявлено просторові автокореляції хімічних заводів та аварій та оцінено рівні хімічної небезпеки.

На прикладі дослідження площі забруднення підземних вод, наявної в промисловій зоні Вільвурд-Машелен, що у Фландрії (Бельгія), авторами [18] апробована стратегія управління ризиками щодо забруднення ґрунтових вод, заснована на вимірюванні потоку забруднюючої маси (contaminant mass flux). Метод (CMF) орієнтований на зони захоплення, розташування контрольних площин, визначення максимально дозволеної маси скидів забруднюючих речовин та вимірювання потоку маси забруднюючих речовин. В цьому підході регламентується максимально дозволена маса скидів забруднюючих речовин.

В роботі [19] використано систему штучного інтелекту, що називається інтегрованою мережею довготривалої пам'яті (long short-term memory network - LSTM), використовуючи правила перехресних кореляцій та асоціацій. Використано метод перехресної кореляції для розробки карти перехресної кореляції якості води (в провінції Шаньдун, Китай) й показано широку придатність до застосування для визначення окремих забруднювачів та галузей – забруднювачів.

В [20] запропоновано також використовувати мультиваріативні статистичні методи і індикатори забруднення для оцінки якості води потоку Пазарсій (Туреччина), зокрема, Індекс кореляції Пірсона, метод головних компонентів, кластерний аналіз. Отримано наявність в осаді таких важких металів як Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Cd. Їх забруднення відкладів оцінювали, застосовуючи коефіцієнт збагачення, коефіцієнт забруднення, індекс геоаккумуляції та індекс потенційного екологічного ризику.

Автори [21] пропонують концепцію, що дозволяє використовувати довгострокові архівні біологічні дані у поєднанні з гідрогеохімічним моделюванням для регіональних оцінок антропогенного підкис-

лювання водних об'єктів. На підставі отриманих результатів вони показують, як концептуальна модель може бути використана для розуміння та визначення пріоритетів управління фізико-хімічними та екологічними наслідками антропогенних стрес-факторів на якість поверхневих вод.

Негативний вплив антропогенної діяльності на підземні води відмічається в [22]. В наведеному огляді відмічено, що пестициди, важкі метали, забруднюючі речовини з погано керованих залишкових відходів негативно впливають на стан підземних вод та констатується необхідність підтримки їх запасів.

Для оцінки техногенних впливів на водне джерело автори [23] використовують мультіваріативні статистичні методи. Шляхом кластерного аналізу виділено п'ять різних груп подібності між місцями відбору проб у системі водосховища Алькева (Португалія), які відображають відмінності в якості його води. Відзначено основні компоненти, що мають високий вміст (фосфор, залізо, гербіциди тощо) та антропогенні джерела їх походження.

Наслідки випадкової, маломасштабної варіабельності концентрації забруднюючих речовин у ґрунті, залежно від дискретних даних проб ґрунту, що можуть привести в тому числі й до передчасного припинення розслідування або виправлення дій, розглядаються в [24]. Для вирішення цих притаманних недоліків дискретності були спеціально розроблені модулі прийняття рішень та багаторазові вибіркові методи дослідження.

Дослідження стану ґрунтів [25] на наявність забруднень внаслідок поводження з електронними відходами показало, що вони чинять на них значний вплив. При цьому в межах населеного пункту, в якому відбувається переробка електронних відходів (поблизу міста Тайчжоу, Китай) ґрунти досліджувались переважно за неорганічними показниками (Cr, Cd, Pb, Zn, Cu та Ni).

Індійські автори [26] також наголошують на значні небезпеки при зберіганні електронних відходів. Так, використаний ними метод оптичної емісійної спектрометрії з індуктивно пов'язаною плазмою та подальшим застосуванням багатоваріантних та статистичних підходів до оцінки забруднення ґрунтів важкими металами (мідь, цинк, нікель, свинець, марганець, хром, кадмій та залізо) показали небезпечний вплив електронних відходів на ґрунтовий профіль, а показник навантаження на забруднення вказував на те, що ділянки сильно забруднені важкими металами.

Для оцінювання якості ґрунтів в Лайві (Китай) як складової попередження надзвичайних ситуацій в роботі [27] застосовувався індекс забруднення Nemerow та метод багаточинного статистичного аналізу. Показано, що вміст As і Hg зумовлений ек-

сплуатацією шахти, спалюванням вугілля та зрошенням забрудненої води, а на вміст Cd, Pb і Zn - сільське господарство, промисловість, та транспорт.

При дослідженні території м. Талліна (Естонія) в рамках проекту «Urban geochemistry of Tallinn», що підтримується відділом наукових та екологічних питань НАТО, автори [28] визначали розподіл хімічних елементів у 532 зразках за допомогою статистичного аналізу та картографування основних та мікроелементів. Отримано, що для Талліна характерні дві основні асоціації елементів, пов'язаних з промисловими забрудненнями ґрунтів, причому перша асоціація включає Ba, Cr, Mn, Ni та частково Fe, а друга - As, Pb та Zn.

Польські автори пропонують сукупність індексів забруднення, в тому числі й нещодавно введений біогеохімічний індекс, для оцінки ступеня забруднення ґрунтів [29] та комплексний метод вибору індексу забруднення для найкращого трактування забруднення на ґрунтах різних видів.

При дослідженні забруднення ґрунтів в колишньому районі видобутку Дубник в Словачії [30] автори використали як методи біомоніторингу, із застосуванням моху та лишайника й активності ґрунтових ферментів, так і коефіцієнт забруднення, ступінь забруднення та індекс навантаження забруднення. Показано, що досліджувана площа (відкриті копальні котловани та відвали відходів) була надзвичайно забруднена окремими елементами (Fe, Cd, As, Pb, Sb, Zn, Cu, Ni, Mn). Найвищі значення Mn і Ni були визначені у відкритих копальних котлованах.

Найчастіше подібні підходи можуть бути високвитратного, малоінформативними, тривалими в реалізації.

Таким чином, шляхом усунення зазначених в аналізі недоліків, є вирішення наукової задачі зі створення інженерно-технічних методів, які базуються на вирішенні математичного апарату, що має достовірно описати інноваційні та експресні підходи до попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з аваріями на технологічному обладнанні потенційно небезпечних об'єктів.

Необхідні недорогі, експресні і інформативні методи попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з аваріями на техногенних об'єктах, в тому числі і потенційно небезпечних.

Виклад основного матеріалу

У якості об'єктів дослідження виступали зразки ґрунту, відібрані на відстані 1, 2, 3, 10, 20 м від полігону твердих побутових відходів (ТПВ) ПНО у північному, південному, західному та східному напрямках на глибині 15 - 25 см у 2018 р. Для північного та західного напрямків внаслідок особливостей рельєфу проби ґрунту на відстані 10 м та 20 м не було відібрано. Як реперні точки обрано фонові ділянки ґрунту

поза межами впливу полігону, в лісопосадці (точка «ліс») та в розораному полі (точка «поле»).

Метода розв'язку окремої задачі математичної моделі з попередження надзвичайної ситуації полягає у визначенні електропровідності та коефіцієнта ідентифікації [31] досліджуваних зразків ґрунту й у визначенні потенційних шляхів розповсюдження забруднюючих хімічних речовин в ґрунті.

Метода реалізована наступним чином. Наважку підготовленого ґрунту заливаємо дистильованою водою у співвідношенні ґрунт: вода = 1:5, перемішуємо суспензію, відстоюємо та фільтруємо. Визначаємо електропровідність отриманої водної витяжки. Час аналізу не перевищує 30 хв.

Електропровідність виступає загальною характеристикою сумарного вмісту розчинних речовин в розчині та пов'язана з мінералізацією через коефіцієнти 0,55 – 0,75, які обираються емпірично в залежності від типу вод [32]. Вимірювання електропровідності здійснюється шляхом занурення датчику кондуктометра у досліджуваний розчин згідно інструкції з експлуатації на прилад та відповідних нормативних документів. Через 10 – 20 секунд знімаються показання з дисплею приладу. Після кожного визначення датчик ретельно промивають дистильованою водою. Для кожного зразка отримуємо 5 паралельних значень електропровідності, результати обробляємо стандартними статистичними методами для вірогідності $P = 0,95$. Характеристикою похибки виступає відносне стандартне відхилення S_r [33]:

$$S_r = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\mathcal{N}_i - \bar{\mathcal{N}})^2}}{\bar{\mathcal{N}}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

де \mathcal{N}_i – виміряне значення електропровідності, мкСм/см;

$\bar{\mathcal{N}}$ - середнє значення електропровідності для досліджуваної проби, мкСм/см;

n – кількість одиничних вимірювань для однієї проби, $n = 5$.

Для отриманих даних S_r не перевищує 5 %.

Результати досліджень наведено на рис. 1 – 4.

Як видно з рис. 1 – 4, спостерігається зменшення значень електропровідності водних витяжок ґрунтів, при віддаленості від полігону від 1 до 3 метрів в східному напрямку (орієнтовно від 100 мкСм/см до 350 мкСм/см) та накопичення забруднюючих речовин в ґрунті на відстані 1 м в східному напрямку.

Для проби, відібраної на відстані 2 м за всіма напрямками спостерігається зменшення значення електропровідності порівняно з пробами відібраних ґрунтів на відстані 1 м, тоці як для проби, відібраної на відстані 3 м в південному та північному напрямках

спостерігається деяке підвищення електропровідності. Це може бути пов'язане з різним рельєфом місцевості, зокрема, різним кутом нахилу над рівнем моря окремих ділянок горизонту поверхні досліджуваної місцевості.

Практично всі значення електропровідності водних витяжок ґрунтових проб полігону перевищують значення електропровідності в реперних точках, що вказує на перевищення вмісту забруднюючих речовин в ґрунтах поблизу полігону порівняно з фоновими значеннями. В південному напрямку відмічається зменшення електропровідності на відстані 10 м та 20 м, що може свідчити про часткове осадження забруднюючих речовин в цьому напрямку або ж про

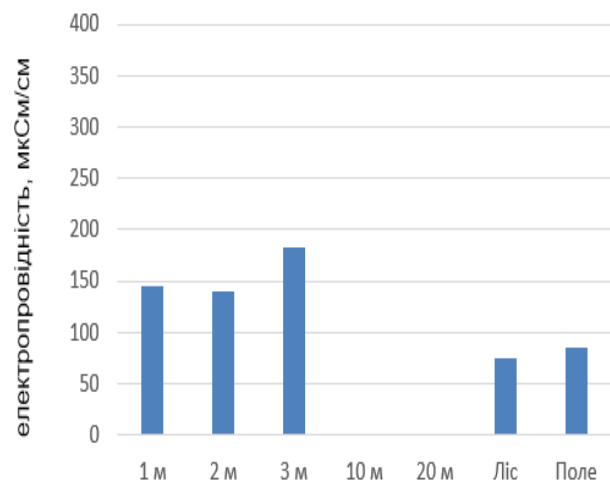


Рис. 1 Значення електропровідності (мкСм/см) досліджуваних зразків ґрунту в північному напрямку від полігону ТПВ ПНО та відібраних в точках на відстані 1, 2, 3 м від полігону й у реперних точках «ліс», «поле»

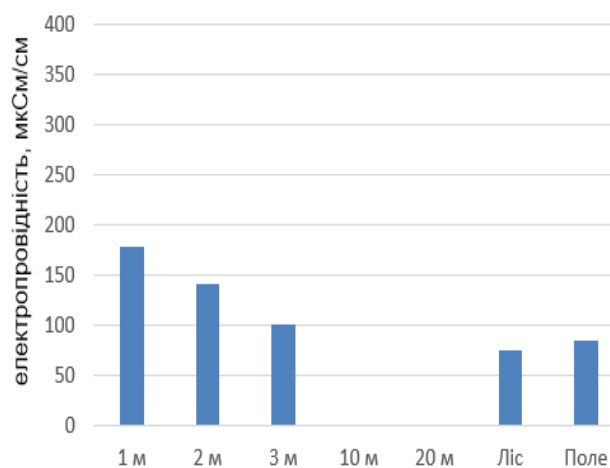


Рис. 2 Значення електропровідності (мкСм/см) досліджуваних зразків ґрунту в західному напрямку від полігону ТПВ ПНО та відібраних в точках на відстані 1, 2, 3 м від полігону й у реперних точках «ліс», «поле»

їх подальшу міграцію в більш глибокі шари ґрунту. Спостерігається подальша міграція забруднюючих речовин переважно в східному напрямку (рис. 4), на відстані 20 м все ще спостерігається певне перевищення забруднюючих речовин в ґрунтах поблизу полігону близько в 1,2 рази порівняно з реперними значеннями. В південному напрямку вміст забруднюючих речовин в ґрунтах, відібраних на відстані 10 та 20 м від полігону ТПВ ПНО, не перевищує жодних реперних значень.

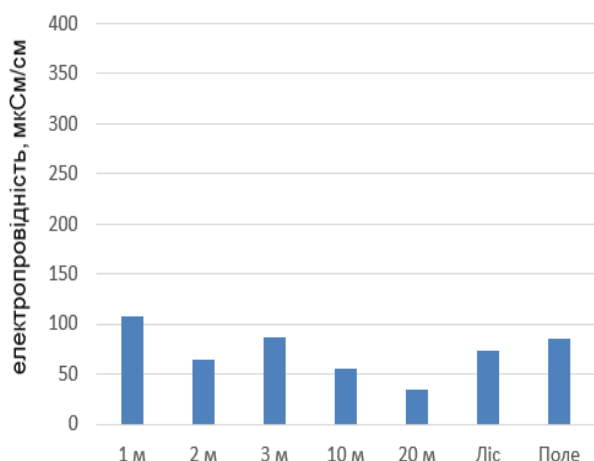


Рис. 3. Значення електропровідності (мкСм/см) досліджуваних зразків ґрунту в південному напрямку від полігону ТПВ ПНО та відібраних в точках на відстані 1, 2, 3 м від полігону й у реперних точках «ліс», «поле».

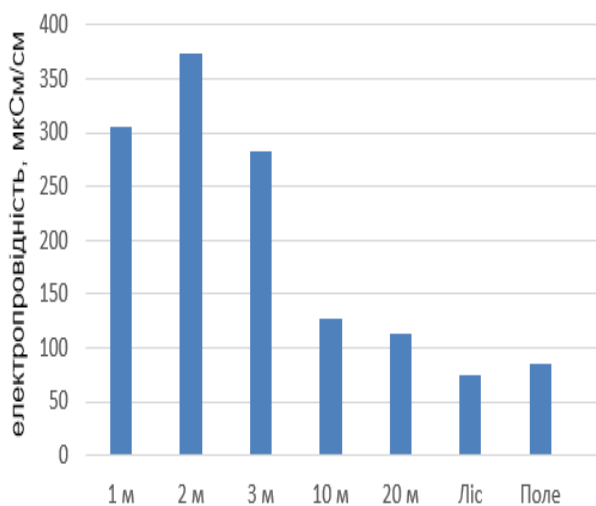


Рис. 4. Значення електропровідності (мкСм/см) досліджуваних зразків ґрунту в східному напрямку від полігону ТПВ ПНО та відібраних в точках на відстані 1, 2, 3 м від полігону й у реперних точках «ліс», «поле».

Далі в роботі досліджували коефіцієнти ідентифікації (K_{id}) [31], водних витяжок ґрунтів, відібраних

навесні на відстані 1 м від полігону ТПВ ПНО в різних напрямках. Коефіцієнт ідентифікації визначаємо як тангенс кута нахилу оберненої залежності електропровідності ($1/\bar{N}$) від ступеня розведення водної витяжки досліджуваної проби дистильованою водою [34].

Як видно (рис. 5), в усіх випадках коефіцієнт ідентифікації варіюється для всіх досліджуваних зразків, що вказує на відмінний якісний та кількісний склад забруднюючих речовин в усіх пробах ґрунту, відібраних влітку в різних напрямках та невідповідність його природному (фоновому) вмісту речовин в ґрунті.

За нормативними документами умови облаштування полігону ТПВ ПНО передбачають його гідроізоляцію, відповідно, потрапляння розчинних мінеральних компонентів в ґрунти, що прилягають до полігону, має місце лише при їх вимиванні дощовими водами або талими водами, в яких практично відсутні розчинні речовини а їх склад наближається до дистильованої [31].

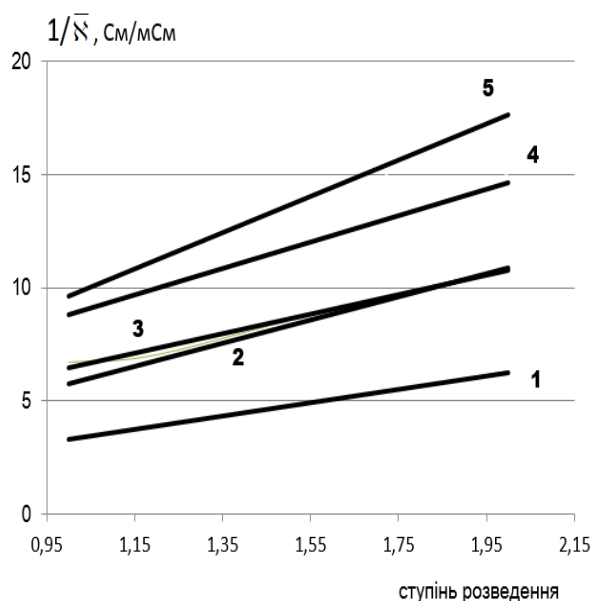


Рис. 5. Залежність оберненої електропровідності від ступеня розведення водних витяжок досліджуваних ґрунтів, відібраних влітку. 1 – для проби, відібраної в східному напрямку, 2 – для проби, відібраної в західному напрямку, 3 – для проби, відібраної в південному напрямку, 4 – для проби, відібраної в північному напрямку, 5 - для проби, відібраної в лісопосадці («ліс»).

За умов подібного складу забруднюючих речовин, що потрапляють в ґрунт з полігону, коефіцієнти ідентифікації водних витяжок досліджуваних проб були б подібні, що не спостерігається. Тобто, в ґрунті потрапляє різномірда суміш забруднюючих речовин з території полігону. Значний розбіг значень

електропровідностей може вказувати на виток забруднюючих речовин.

Отримані коефіцієнти ідентифікації коливаються в діапазоні (2 - 8), що вказує на значний розбіг концентрацій та якісного складу забруднюючих речовин в досліджуваних водних витяжках.

Висновки

Таким чином, запропонована метода розв'язку окремої задачі математичної моделі з попередження надзвичайної ситуації унаслідок аварії на технологічному обладнанні потенційно небезпечного об'єкта.

Метода апробована на прикладі дослідження одного з полігонів ТПВ ПНО. Показано, що в східному напрямку має місце значне перевищення фонових значень вмісту речовин, що може спричинити потенційне виникнення надзвичайної ситуації.

Спостерігається перевищення значень електропровідності практично в усіх досліджуваних зразках порівняно з реперними точками, що вказує на постійне накопичувальне забруднення досліджуваних ґрунтів. Отримані значення електропровідності водних витяжок досліджуваних ґрунтів ТПВ ПНО коливаються в діапазоні (70 - 400 мкСм/см), що свідчить про можливість чітко визначити факт накопичення чинників небезпеки надзвичайної ситуації, та своєчасно попередити процес переростання останньої на більш складні рівні поширення.

Література

1. Baxter, P.J., Mahoney, P.F., Greaves, I., Bowyer, G. (2002) *Catastrophes - Natural and Man-Made Disasters. Conflict and Catastrophe Medicine*. Springer, London. DOI https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0215-1_3.
2. Інформаційно – аналітична довідка про виникнення надзвичайних ситуацій в Україні у 2017 році. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/72899.html>.
3. United Nations. International Decade for Natural Disaster Reduction IDNDR (1997). Early Warning Programme Report on Early Warning for Technological Hazards. Peter Krejsa and Convener of International Working Group, Austrian research Centre Seibersdorf Austria. IDNDR Secretariat, Geneva October 1997. Retrieved from: <https://www.unisdr.org/2006/ppew/whats-ew/pdf/report-on-ew-for-technological-hazards.pdf>
4. Указ Президента України «Про Концепцію захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій» від 26 березня 1999 року № 284/99. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/284/99/print>.
5. Про затвердження Методики ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів: Наказ Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 23.02.2006 р. № 98. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0286-06>.
6. Про затвердження Положення про Оперативно-рятувальну службу цивільного захисту Державної служби України з надзвичайних ситуацій: Наказ МВС від 03.07.2014 р. № 631. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0853-14>.
7. A Strategic Framework for Emergency Preparedness (2017). Printed by the WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland, 16. Retrieved from: <https://www.medbox.org/a-strategic-framework-for-emergency-preparedness/download.pdf>.
8. Guidance on Water Supply and Sanitation In Extreme Weather Events (2011). Edited by L. Sinisi and R. Aertgeerts, 128. Retrieved from: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/165665/e96163.pdf.
9. Guide for major hazard facilities: emergency plans (2012). Safe Work Australia, 52. Retrieved from: https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/emergency_plans.doc.
10. Bing Wang, Chao Wu, Lang Huang, Laobing Zhang, Liangguo Kang, Kaixin Gao. (2018). Prevention and control of major accidents (MAs) and particularly serious accidents (PSAs) in the industrial domain in China: Current status, recent efforts and future prospects. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 254 - 266, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.025>.
11. Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) Laws and Regulations. Retrieved from: <https://www.epa.gov/rcra>.
12. Daniel A. Vallero. Chapter 27 - Hazardous Wastes. Editor(s): Trevor M. Letcher, Daniel A. Vallero. Waste, Academic Press. 2011. Pages 393 - 423.
13. Hazardous Waste Test Methods.SW-846.(n.d.). Retrieved from: <https://www.epa.gov/hw-sw846>.
14. Калугін, В.Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки. [Текст] / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Чорногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації. - № 9 (116). – 2013 -С. 204 - 216.
15. Юркин, М.А. Предупреждение чрезвычайных ситуаций с применением современных информационных технологий. [Текст] / М.А. Юркин, К.П. Латішенко, Е.С. Семенов // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. - № 1 (40). – 2019. - С. 40 - 45.
16. Byungtae Yoo and Sang D. Choi. (2019). Emergency Evacuation Plan for Hazardous Chemicals Leakage Accidents Using GIS-based Risk Analysis Techniques in South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16, 1948, doi:10.3390/ijerph16111948.
17. Seongbong Heo, Moonil Kim, Hangnan Yu, Woo-Kyun Lee, Jong Ryeul Sohn, Soon-Young Jung, Kyong Whan Moon, Sang Hoon Byeon. (2018). Chemical accident hazard assessment by spatial analysis of chemical factories and accident records in South Korea. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 37 - 47, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.09.016>.
18. G. Verreydt, I. Van Keer, J. Bronckers, L. Diels, P. Vanderauwera. (2012). Flux-based risk management strategy of groundwater pollutions: the CMF approach. *Environmental Geochemistry and Health*. Volume 34, Issue 6, P. 725 – 736. <https://doi.org/10.1007/s10653-012-9491-x>.

19. Puze Wang, Jiping Yao, Guoqiang Wang, Fanghua Hao, Sangam Shrestha, Baolin Xue, Gang Xie, Yanbo Peng. (2019). Exploring the application of artificial intelligence technology for identification of water pollution characteristics and tracing the source of water quality pollutants. *Science of The Total Environment*, Volume 693. 133440
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.246>.
20. Fikret Ustaoglu, Yalçin Tepe. (2019). Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. *International Soil and Water Conservation Research*. Volume 7, Issue 1, P. 47 - 56.
21. Valinia, S., Englund, G., Moldan, F., Futter, MN, Köhler, S.J., Bishop, K., Fölster, J. (2014). «Assessing anthropogenic impact on boreal lakes with historical fish species distribution data and hydrogeochemical modeling» *Glob Chang Biol. Sep;20(9)*, P. 2752 - 2764. doi: 10.1111/gcb.12527.
22. Kurwadkar, S. (2017). Groundwater Pollution and Vulnerability Assessment. *Water Environ. Res.* 89 (10). P. 1561 - 1579. doi: 10.2175/106143017X15023776270584.
23. Palma, P., Alvarenga, P., Palma, V.L. et al. (2010). Assessment of anthropogenic sources of water pollution using multivariate statistical techniques: a case study of the Alqueva's reservoir, Portugal. *Environ. Monit. Assess.* 165 (1-4), P. 539 - 552. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0965-y>.
24. Roger Brewer, John Peard & Marvin Heskett. (2017). A Critical Review of Discrete Soil Sample Data Reliability: Part 2—Implications, Soil and Sediment Contamination: *An International Journal*. 26:1. P. 23 - 44, DOI: 10.1080/15320383.2017.1244172.
25. Tang, X., Shen, C., Chen, L., Xiao, X., Wu, J., Khan, I.M., Dou, Ch., Chen, Y. (2010). *Journal of Soils and Sediments*. Volume 10, Issue 5, P. 895 - 906. <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0252-0>.
26. Kumar, P. & Fulekar, M.H. (2019). Multivariate and statistical approaches for the evaluation of heavy metals pollution at e-waste dumping sites. *SN Applied Sciences*. 1: 1506. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1559-0>
27. Yu, L., Cheng, J., Zhan, J., Jiang, A. (2016). Environmental quality and sources of heavy metals in the topsoil based on multivariate statistical analyses: a case study in Laiwu City, Shandong Province, China. *Natural Hazards*. Volume 81, Issue 3, P. 1435 - 1445. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2130-y>.
28. L. Bityukova, A. Shogenova, M. Birke. (2000). Urban geochemistry: A study of element distributions in the soils of Tallinn (Estonia). *Environmental Geochemistry and Health*, Volume 22, Issue 2. P. 173 - 193.
29. Kowalska, J.B., Mazurek, R., Gąsiorek, M., Zaleski, Z. (2018). Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination - A review. *Environmental Geochemistry and Health*. Volume 40, Issue 6. P. 2395 -2420. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0106-z>
30. Demková, L., Árvay, J., Bobuľská, L. Hauptvogel, M., Hrstková, M. (2019). Open mining pits and heaps of waste material as the source of undesirable substances: biomonitoring of air and soil pollution in former mining area (Dubník, Slovakia). *Environmental Science and Pollution Research*. P. 1 - 13 <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06582-0>.
31. Loboichenko, V., Strelec, V. (2018). The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International*. Volume 61/RNI, № 9. P. 43 - 51.
32. Loboichenko, V. M., Vasyukov, A. E., Tishakova, T. S. (2017). Investigations of Mineralization of Water Bodies on the Example of River Waters of Ukraine. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. Volume 14, Issue 4. P. 37 - 41. doi: <https://doi.org/10.3233/ajw-170035> .
33. Дворкин В.И. Метрология и обеспечение качества количественного химического анализа. [Текст] / В.И. Дворкин - М.: Химия, 2001. - 263 с.
34. A. Vasyukov, V. Loboichenko and S. Bushtec. (2016). Identification of bottled natural waters by using direct conductometry. *Ecology, Environment and Conservation*. Volume 22 (3). P. 1171 - 1176.

References

- Baxter, P.J., Mahoney, P.F., Greaves, I., Bowyer, G. (2002) Catastrophes - Natural and Man-Made Disasters. Conflict and Catastrophe Medicine. Springer, London. DOI https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0215-1_3.
- Informatsiyno – analitychna dovidka pro vynyknennya nadzvychaynykh sytuatsiy v Ukraini u 2017 rotsi. (n.d.) Retrieved from: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-zakvartal/72899.html>.
- United Nations.International Decade for Natural Disaster Reduction IDNDR (1997). Early Warning Programme Report on Early Warning for Technological Hazards. Peter Krejsa and Convener of International Working Group, Austrian research Centre Seibersdorf Austria. IDNDR Secretariat, Geneva October 1997. Retrieved from: <https://www.unisdr.org/2006/ppew/whats-ew/pdf/report-on-ew-for-technological-hazards.pdf>
- Ukaz Prezydenta Ukrainy «Pro Kontsepsiynu zakhystu naselennya i terytoriy u razi zahrozy ta vynyknennya nadzvychaynykh sytuatsiy» vid 26 bereznya 1999 roku № 284/99. Retrieved from: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/284/99/print>.
- Pro zatverdzhennya Metodyky identyfikatsiyi potentsiyno nebezpechnykh ob'yektiv: Nakaz Ministerstva Ukrainy z pytan' nadzvychaynykh sytuatsiy ta u spravakh zakhystu naselennya vid naslidkiv Chornobyl's'koyi katastrofy vid 23.02.2006 № 98. Retrieved from: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0286-06>.
- Pro zatverdzhennya Polozhennya pro Operatyvno-ryatuvai'nu sluzhbu tsyvil'noho zakhystu Derzhavnoyi sluzhby Ukrainy z nadzvychaynykh sytuatsiy: Nakaz MVS vid 03.07.2014 № 631.Retrieved from: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0853-14>.
- A Strategic Framework for Emergency Preparedness (2017). Printed by the WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland, 16. Retrieved from: <https://www.medbox.org/a-strategic-framework-for-emergency-preparedness/download.pdf>.
- Guidance on Water Supply and Sanitation In Extreme Weather Events (2011). Edited by L. Sinisi and R. Aertgeerts, 128. Retrieved from: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/165665/e96163.pdf.
- Guide for major hazard facilities: emergency plans (2012). Safe Work Australia, 52. Retrieved from: https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/emergency_plans.doc.

10. Bing Wang, Chao Wu, Lang Huang, Laobing Zhang, Lianguo Kang, Kaixin Gao. (2018). Prevention and control of major accidents (MAs) and particularly serious accidents (PSAs) in the industrial domain in China: Current status, recent efforts and future prospects. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 254 - 266, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.025>.
11. Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) Laws and Regulations. Retrieved from: <https://www.epa.gov/rcra>.
12. Daniel A. Vallero. Chapter 27 - Hazardous Wastes. Editor(s): Trevor M. Letcher, Daniel A. Vallero. Waste, ,
13. Hazardous Waste Test Methods.SW-846.(n.d.). Retrieved from: <https://www.epa.gov/hw-sw846>.
14. Kaluhin. V.D., Tyutyunyk V.V., Chornohor L.F., Shevchenko R.I. (2013). Rozrobka naukovo-tekhnichnykh osnov dlya stvorenniya systemy monitorynhu, poperedzhennya ta likvidatsiyi nadzvychaynykh sytuatsiy pryrodnoho ta tekhnohennoho kharakteru ta zabezpechennya ekolohichnoyi bezpeky. *Systemy obrobky informatsiyi. № 9(116)*. S. 204 - 216.
15. Yurkin M.A., Latyshenko K.P., Semenov Ye. S. (2019). Preduprezhdeniye chrezvychaynykh situatsiy s primeneniyem sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy. *Nauchnyye i obrazovatel'nyye problemy grazhdanskoj zashchity. №. 1 (40)*, S. 40 - 45.
16. Byungtae Yoo and Sang D. Choi. (2019). Emergency Evacuation Plan for Hazardous Chemicals Leakage Accidents Using GIS-based Risk Analysis Techniques in South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16, 1948, doi:10.3390/ijerph16111948.
17. Seongbong Heo, Moonil Kim, Hangnan Yu, Woo-Kyun Lee, Jong Ryeul Sohn, Soon-Young Jung, Kyong Whan Moon, Sang Hoon Byeon. (2018). Chemical accident hazard assessment by spatial analysis of chemical factories and accident records in South Korea. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 37 - 47, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.09.016>.
18. G. Verreydt, I. Van Keer, J. Bronders, L. Diels, P. Vanderauwera. (2012). Flux-based risk management strategy of groundwater pollutions: the CMF approach. *Environmental Geochemistry and Health. Volume 34, Issue 6*, P. 725 - 736. <https://doi.org/10.1007/s10653-012-9491-x>.
19. Puze Wang, Jiping Yao, Guoqiang Wang, Fanghua Hao, Sangam Shrestha, Baolin Xue, Gang Xie, Yanbo Peng. (2019). Exploring the application of artificial intelligence technology for identification of water pollution characteristics and tracing the source of water quality pollutants. *Science of The Total Environment, Volume 693*. 133440 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.246>.
20. Fikret Ustaoglu, Yalçin Tepe. (2019). Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. *International Soil and Water Conservation Research. Volume 7, Issue 1*, P. 47 - 56.
21. Valinia, S., Englund, G., Moldan, F., Futter, MN, Köhler, S.J., Bishop, K., Fölster, J. (2014). «Assessing anthropogenic impact on boreal lakes with historical fish species distribution data and hydrogeochemical modeling» *Glob Chang Biol. Sep;20(9)*, P. 2752 - 2764. doi: 10.1111/gcb.12527.
22. Kurwadkar, S. (2017). Groundwater Pollution and Vulnerability Assessment. *Water Environ. Res.* 89 (10). P. 1561 - 1579. doi: 10.2175/106143017X15023776270584.
23. Palma, P., Alvarenga, P., Palma, V.L. et al. (2010). Assessment of anthropogenic sources of water pollution using multivariate statistical techniques: a case study of the Alqueva's reservoir, Portugal. *Environ. Monit. Assess.* 165 (1-4), P. 539 - 552. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0965-y>.
24. Roger Brewer, John Peard & Marvin Heskett. (2017). A Critical Review of Discrete Soil Sample Data Reliability: Part 2—Implications, Soil and Sediment Contamination: *An International Journal*. 26:1. P. 23 - 44, DOI: 10.1080/15320383.2017.1244172.
25. Tang, X., Shen, C., Chen, L., Xiao, X., Wu, J., Khan, I.M., Dou, Ch., Chen, Y. (2010). *Journal of Soils and Sediments. Volume 10, Issue 5*, P. 895 - 906. <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0252-0>.
26. Kumar, P. & Fulekar, M.H. (2019). Multivariate and statistical approaches for the evaluation of heavy metals pollution at e-waste dumping sites. *SN Applied Sciences. 1:* 1506. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1559-0/>
27. Yu, L., Cheng, J., Zhan, J., Jiang, A. (2016). Environmental quality and sources of heavy metals in the topsoil based on multivariate statistical analyses: a case study in Laiwu City, Shandong Province, China. *Natural Hazards. Volume 81, Issue 3*, P. 1435 - 1445. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2130-y>.
28. L. Bityukova, A. Shogenova, M. Birke. (2000). Urban geochemistry: A study of element distributions in the soils of Tallinn (Estonia). *Environmental Geochemistry and Health.*, Volume 22, Issue 2. P. 173 - 193.
29. Kowalska, J.B., Mazurek, R., Gąsiorek, M., Zaleski, Z. (2018). Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination - A review. *Environmental Geochemistry and Health. Volume 40, Issue 6*. P. 2395 - 2420. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0106-z>
30. Demková, L., Árvay, J., Bobuľská, L. Hauptvogel, M., Hrstková, M. (2019). Open mining pits and heaps of waste material as the source of undesirable substances: biomonitoring of air and soil pollution in former mining area (Dubník, Slovakia). *Environmental Science and Pollution Research*. P. 1 - 13 <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06582-0>.
31. Loboichenko, V., Strelec, V. (2018). The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International. Volume 61/RNI, № 9*. P. 43 - 51.
32. Loboichenko, V. M., Vasyukov, A. E., Tishakova, T. S. (2017). Investigations of Mineralization of Water Bodies on the Example of River Waters of Ukraine. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution. Volume 14, Issue 4*. P. 37 - 41. doi: <https://doi.org/10.3233/ajw-170035> .
33. Dvorkin, V.I. (2001) Metrologiya i obespecheniye kachestva kolichestvennogo khimicheskogo analiza / M.: Khimiya, 263.
34. A. Vasyukov, V. Loboichenko and S. Bushtec. (2016). Identification of bottled natural waters by using direct conductometry. *Ecology, Environment and Conservation. Volume 22 (3)*. P. 1171 - 1176.

Рецензент: д.т.н., с.н.с., начальник наукового відділу проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру Р.І. Шевченко, Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

Автор: ЛОБОЙЧЕНКО Валентина Михайлівна
кандидат хімічних наук, старший науковий співробіт-
тник, доцент кафедри охорони праці та техно-
генно–екологічної безпеки
Національний університет цивільного захисту Укра-
їни
E-mail - vloboichm@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5188-647>

FORMATION OF SEPARATE TASKS OF MATHEMATICAL MODEL OF ENGINEERING AND TECHNICAL METHOD OF EMERGENCY PREVENTION AFTER EMERGENCY DISEASES OF TECHNOLOGIES

V. Loboichenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

The state-of-the-art world is characterized by an increase in the needs and population and, consequently, an increase in the number and capacity of man-made facilities, including potentially dangerous ones. The effects of natural phenomena, human factors, outdated and worn-out equipment, impaired or imperfect technological processes, other factors can cause accidents at these sites and cause emergencies. An important prevention of man-made hazards is early warning of them.

The ingress of chemical contaminants into the environment due to such emergencies can increase the magnitude of its consequences. Knowledge about their features behavior in emergency situations is an important element in preventing emergencies. The above clearly indicates the need for effective engineering and technical methods of emergencies prevention, caused by accidents at the technological equipment of potentially dangerous objects and worsen the living conditions of the people and environment pollution.

Most nowadays states and international organizations today point out the need to prevent emergencies of man-made origin. The programs developed also include the use of certain methods of environmental studies as part of the prevention of emergencies. Worldwide use various mathematical, physico-chemical, chemometric approaches, contact and distance methods to evaluate the state of water bodies and soils.

For the most part, they are high-cost, insufficiently informative, lasting in implementation. There is a need for inexpensive, express and informative methods of preventing emergencies related to accidents at man-made facilities, including potentially dangerous ones.

The paper proposes the solution of separate tasks of the engineering and technical method of emergency prevention in consequence of accidents at the technological equipment of potentially dangerous objects, with use of electrical conductivity and coefficient of identification, approaches which are tested on the example of one of man-made objects.

Keywords: *emergency, prevention, pollutant, electrical conductivity, coefficient of identification, soil, aqueous extract.*