УДК 504.064.2/.47:504.05/.06

Результати експертно-аналітичного оцінювання екологічної небезпеки та важливості заходів управління та контролю в процесі утворення твердих побутових відходів

І.О. Гончаренко [1], Л.А. Пісня [2], М.М. Кірієнко [3]

[1, 2] Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» (м. Харків, Україна),
email: [1] ihorhoncharenko@gmail.com, [2] leonid_pisnya@ukr.net
[3] Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (м. Харків, Україна), email: hfinpomt@ukr.net

У статті розкрито комплексний експертно-аналітичний підхід до оцінки екологічної небезпеки в процесі утворення твердих побутових відходів (ТПВ), який базується на застосуванні методу аналізу ієрархії (МАІ) Т. Сааті та дозволяє врахувати: критерії вкладу небезпечності відходів для кожного з природних середовищ, кількісні та якісні характеристики утворення відходів, умови їх накопичення із можливим збільшенням небезпечності при цьому, наявність процесів управління та контролю, типи об'єктів утворення ТПВ, та порівняти внески заходів підвищення екологічної безпеки на цих об'єктах.

Розроблена ієрархічну структуру процесу утворення ТПВ також дозволяє наглядно-просторово зрозуміти зв'язки та взаємодію елементів між собою, де рівнями ієрархії є: «екологічна безпека процесу утворення ТПВ → складові довкілля, що зазнають впливу → фактори впливів → джерела утворення ТПВ → заходи з підвищення екологічної безпеки».

Отримані значення узагальнених вагових коефіцієнтів та пріоритетів ієрархії дозволило по новому зрозуміти сутність формування небезпек в процесі утворення ТПВ, зокрема, внески наявних дієвого управління та контролю поводження з ТПВ та забезпечення безпечних умов накопичення ТПВ в порівнянні із кількісними та якісними характеристиками складу ТПВ. Важливим результатом є встановлення внеску в екологічну небезпеку поводження з ТПВ в процесі їх утворення типу джерел утворення, а саме, об'єктів масового скупчення людей, приватної житлової забудови, багатоповерхової житлової забудови та торгівельних підприємств.

Серед оцінюваних заходів підвищення екологічної безпеки впливу на навколишнє природне середовище ТПВ в процесі їх утворення можливе через забезпечення виключно екологічно безпечної тари та пакувальних матеріалів, що за розрахунками склало 35,9% від загального впливу.

Отримані результати з використанням комплексного експертно-аналітичного підходу шляхом застосування методу аналізу ієрархій Т.Сааті до оцінювання процесів та об'єктів поводження з ТПВ є перспективним методом для прийняття ефективних управлінських рішень та потребує подальшого застосування в нагальній галузі забезпечення екологічної безпеки поводження з ТПВ в Україні.

Ключові слова*: тверді побутові відходи, експертно-аналітичне оцінювання, метод аналізу ієрархій, утворення твердих побутових відходів, заходи підвищення екологічної безпеки.*

Постановка проблеми. За даними Державної служби статистики України [1], щороку в Україні утворюється близько 500 млн тон відходів, у тому числі відходи первинного виробництва (76%), відходи вторинного виробництва (близько 18%), відходи сільського господарства (близько 2%) та тверді побутові відходи (близько 2%). За оцінками Євростату [3], загальний обсяг відходів у 27 країнах — членах ЄС у 2012 році становив у середньому 4,9 тони на душу населення, тоді як в Україні цей показник у 2013 році сягнув 9,9 тони на душу населення [1].

Згідно з даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України12, у 2013 році в країні було вироблено близько 59 млн куб. м або13 млн тон ТПВ. Таким чином, частка ТПВ у загальному обсязі відходів, що утворюються в Україні, може здатися незначною — 2 - 3%.

Проте, незважаючи на малу частку ТПВ у структурі відходів, ефективне функціонування цієї галузі безпосередньо впливає на стан навколишнього середовища поблизу житлових районів. Окрім цього, перероблені відходи є додатковим джерелом сировини, матеріалів та енергії для національної економіки.

Попри зменшення кількості населення, обсяг ТПВ, що утворюється в країні, поступово збільшується. За даними Державної служби статистики України, у період з 2000 до 2010 року річний об'єм утворення ТПВ зріс на 70%. Разом з тим слід зазначити, що систему збору інформації щодо

обсягів утворення ТПВ було впроваджено нещодавно. Через це деякі джерела зазначають, що їй досі властиві суттєві неточності.

У 2000 році в Україні в середньому вироблялося 180 кг ТПВ на душу населення, а у 2010 - до 270 кг [3]. Як видно з рис. 1 [3], питомі показники утворення відходів в Україні все ще суттєво нижчі за середньоєвропейські (503 кг на душу населення станом на 2010 р.). Вони також нижчі за показники нових країн — членів ЄС (420 кг на душу населення), що мають схожий рівень доходів населення.

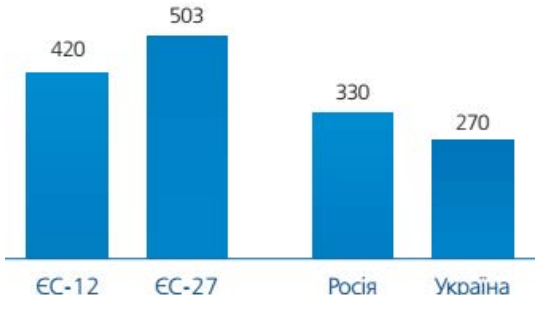

Рис. 1. Порівняльні характеристики питомих показників утворення ТПВ, кг на душу населення станом на 2010 рік [3].

За даними [1,2] до сьогодні в Україні не здійснювалися систематичні дослідження структури ТПВ. Єдиними джерелами статистичних даних можуть слугувати невеликі дослідження, які проводилися операторами ТПВ та відповідними асоціаціями в той чи інший час у тих чи інших регіонах. Їх результати суттєво різняться між собою.

За даними Шостого національного повідомлення України з питань зміни клімату (рис.2), до структури ТПВ входять харчові відходи — 35 - 50%, папір і картон — 10 - 15%, вторинні полімери — 9 - 13%, скло — 8 - 10%, метали — 2%, текстиль — 4 - 6%, будівельні відходи — 5%, деревина — 1% та інші відходи — 10% [2].

Розбіжності в даних, скоріше за все, пов'язані з обмеженим обсягом вибірки. Окрім того, можливо, що частину органічних відходів не було включено до оцінки. До категорії «Інші відходи» належать небезпечні відходи й великогабаритне сміття, електронні прилади, в яких закінчився строк експлуатації, та інші менш важливі види відходів.

За інформацією Міжнародної фінансової корпорації [3] щороку в Україні утворюється 11 - 13 млн тон ТПВ. Річна кількість відходів на душу населення становить близько 300 кг, при цьому спостерігається суттєва різниця в показниках утворення відходів між міською та сільською місцевостями. Збільшення показників утворення відходів пов'язане з підвищенням рівня життя, враховуючи співвідношення між динамікою ВВП на душу населення та рівнями питомого утворення відходів. За різними даними, рівень переробки ТПВ в Україні коливається від 3 до 8%, тоді як для країн Європейського Союзу він складає до 60% ТПВ [3]. При цьому більше 90% ТПВ спрямовується на полігони та несанкціоновані звалища. Згідно з офіційними розрахунками, 10 000 га землі зайнято близько 6 700 полігонами та звалищами, хоча неофіційні показники можуть бути навіть ще вищими.

Рис. 2. Структура складових ТПВ в Україні, %[2].

Проте, за оцінками Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, існує потреба щонайменше у 626 нових полігонах твердих відходів [5].

Окрім того, що такі полігони займають земельні ділянки, вони виділяють парникові гази й забруднювальні речовини, які потрапляють в атмосферу, поверхневі шари ґрунту, ґрунтові води та надра. Це негативно впливає на рослинний і тваринний світ, а також знижує якість життя в розташованих поблизу житлових районах. Відсутність роздільного збирання та утилізації відходів, що містять токсичні компоненти, підвищує ризик забруднення навколишнього середовища небезпечними речовинами.

Донедавна економічна складова не була вирішальним чинником у визначенні державної стратегії поводження з відходами. Однак утрачена економічна вигода від відсутності сталого поводження з відходами є доволі суттєвою. За оцінками ПРООН [4], у 2011 році потенційний прибуток від утилізації паперу становив 180 млн грн, металів — 225 млн грн, а пластику —740 млн грн на рік. Загалом з урахуванням виробництва теплової та електричної енергії економічний

© І.О. Гончаренко, Л.А. Пісня, М.М. Кірієнко, 2019
© I.O. Honcharenko, L.A. Pisnia, M.M. Kiriienko, 2019

ефект може сягати 1,3 млрд грн (130 млн євро станом на 2011 рік). Починаючи з 2000-х років, керівництвом держави було ухвалено низку законодавчих і нормативно-правових актів, спрямованих на систематизацію політики в галузі поводження з відходами та досягнення двох цілей, які полягають у зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище й підвищенні ефективності використання ресурсів та енергії.

На жаль, передбачені законодавчі заходи не завжди повною мірою реалізуються на практиці. Задля створення ефективної системи поводження з відходами необхідно розглянути й адаптувати передовий міжнародний досвід, наприклад, тих європейських країн, які вже гармонізували свою нормативно-правову базу із законодавством ЄС та привели її у відповідність до застосовних директив.

З метою імплементації директив Європейського Союзу у сфері поводження з відходами (Рис.3) та на замовлення Міністерства екології та природних ресурсів України співробітниками науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» розроблено єдиний загальнодержавний підхід до процедури віднесення кожного певного виду відходів до небезпечних, гармонізований із вимогами європейського законодавства щодо відходів [6].

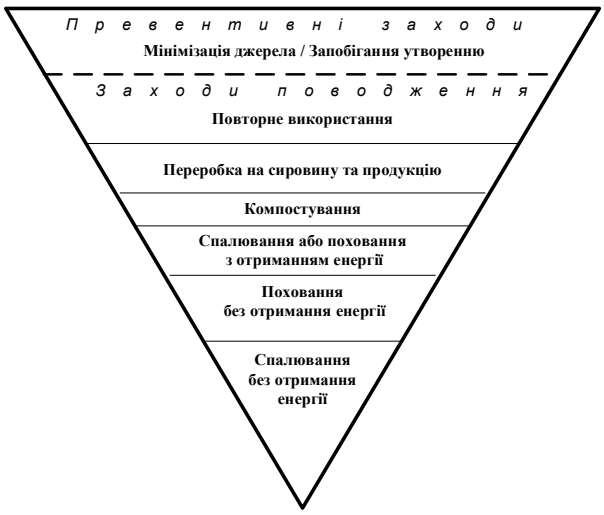

Рис. 3. «Ієрархія відходів» згідно з Директивою 2008/98/ЄС

Першим кроком щодо віднесення відходів до небезпечних є встановлення якісного та кількісного складу відходів, визначення їх фізичних властивостей. Концентрації інгредієнтів у відходах визначаються у масових відсотках або у мг хімічної речовини, яка входить до складу відходу, на кг загальної маси відходу, якщо це стосується СОЗ (стійких органічних забруднювачів).

Небезпечні властивості відходів поділено на 15 категорій (НР 1-НР 15), які враховують фізико-хімічні та біологічні характеристики відходів. По категоріях встановлено критерії, згідно із якими здійснюється оцінювання відходів.

Властивості відходів, які перетворюють їх на небезпечні:

- НР 1 «Вибухові» - відходи, які здатні до хімічної реакції з виділенням газів такої температури і тиску та з такою швидкістю, що завдає пошкодження навколишньому середовищу (піротехнічні відходи, вибухові органічні відходи, пероксиди і вибухові самореактивні відходи);
- НР 2 «Окислюючі» - відходи, які шляхом виділення кисню можуть викликати або підтримувати горіння інших матеріалів;
- НР 3 «Вогненебезпечні»:
  - легкозаймисті рідкі відходи: рідкі відходи, що мають температуру спалаху нижче газойля 60 °С, або відходи дизельного палива і легкого пічного палива з температурою спалаху > 55°Сі < 75°С;
  - легкозаймисті пірофорні рідкі і тверді відходи: тверді або рідкі відходи, які навіть у невеликих кількостях можуть спалахнути протягом п'яти хвилин після контакту з повітрям;
  - легкозаймисті тверді відходи: тверді відходи, які легко займаються, або можуть викликати або підсилити горіння при терті;
  - легкозаймисті газоподібні відходи: газоподібні відходи, які легко займаються на повітрі при температурі 20 ° С і нормальному тиску 101,3 кПа;
  - відходи, які реагують з водою: відходи, які при контакті з водою виділяють легкозаймисті гази в небезпечних кількостях;
  - інші легкозаймисті відходи: легкозаймисті аерозолі; легкозаймисті відходи, здатні до самонагрівання; легкозаймисті органічні перекисі й легкозаймисті самореактивні відходи.
- НР 4 «Подразнювальні — викликають подразнення шкіри і пошкодження очей» - відходи, які можуть викликати подразнення шкіри або пошкодження очей;
- НР 5 «Токсичні для специфічного органу (STOT) / Токсичні при вдиханні» - відходи, які можуть здійснювати токсичний вплив на специфічні органи (органи-мішені) при одноразовій та багаторазовій дії або які викликають гострі токсичні ефекти при вдиханні;
- НР 6 «Гостро токсичні» — відходи, які можуть здійснити сильний токсичний вплив після перорального введення, проникнення через шкіру або вдихання;
- НР 7 «Канцерогенні» - відходи, які викликають рак або збільшують його частоту;
- НР 8 «Роз'їдаючі» - відходи, які при потраплянні на шкіру можуть викликати її ураження;
- НР 9 «Інфікуючі» - відходи, які містять життєздатні мікроорганізми або їх токсини, які викликають або можуть викликати захворювання у людини або інших живих організмів;

- HP 10 «Токсичні для розмноження» - відходи, які впливають на репродуктивну функцію й народжуваність у статевозрілих чоловіків і жінок, а також на розвиток наступних поколінь;
- HP 11 «Мутагенні» - відходи, які можуть викликати мутацію, тобто стійку зміну структури генетичного матеріалу в клітині;
- HP 12 «Виділяють дуже токсичні гази» - відходи, які виділяють дуже токсичні гази (Acute Tox. 1, 2 або 3) при контакті з водою або кислотою;
- HP 13 «Сенсибілізуючі» - відходи, що містять одну або кілька речовин, які здійснюють сенсибілізуючий вплив на шкіру або органи дихання;
- HP 14 «Екотоксичні» - відходи, які становлять або можуть становити безпосередню або віддалену небезпеку для одного або більше секторів навколишнього середовища;
- HP 15 «Відходи, які мають зазначені вище небезпечні властивості, що не проявляються у початковому стані».

Небезпечні властивості хімічних речовин можуть бути визначені за Регламентом (ЄС) № 1272/2008, або за тестами відповідно до Регламенту (ЄС) від ЗО травня 2008 року № 440/2008 що встановлює методи тестування відповідно до Регламенту Європейського Парламенту та Ради (ЄС) № 1907/2006 про реєстрацію, оцінку, авторизацію і обмеження хімічних речовин та препаратів (REACH), або з іншими міжнародно визнаними методами випробувань з урахуванням тестування по відношенню тварин та людини згідно статті 7 Регламенту (ЄС) № 1272/2008.

Міжнародне хімічне найменування хімічної речовини, номер ЄС, номер CAS, клас небезпеки та код категорії, код небезпеки, додатковий код небезпеки наведені у двох таблицях Додатку VI «Гармонізована класифікація та маркування для окремих небезпечних речовин» Регламенту (ЄС) № 1272/2008 від 16 грудня 2008 р. щодо класифікації, маркування та пакування речовин та сумішей.

Небезпечні властивості HP4, HP6 та HP8 оцінюються на підставі порогових значень для окремих речовин. Якщо речовина присутня у відходах у концентрації нижче порогового значення, вона не включається у процес оцінювання. У випадку, якщо небезпечні властивості відходів оцінюються за концентрацією або тестом, відходи повинні бути досліджені.

Відходи, які містять поліхлоровані дибензо-п-діоксини та дибензофурани (ПХДД/ПХДФ), ДДТ (1,1,1-трихлор-2,2-біс (4-хлорфеніл) етан), хлордан, гексахлорциклогексани (включаючи ліндан), дильдрин, ендрин, гептахлор, гексахлорбензол, хлордекон, алдрин, пентахлорбензол, мірекс, токсафен гексабромдифеніл, та/або їх концентрації перевищують ліміти, вказані у Додатку IV до Регламенту (ЄС) від 29.04.2004 р. № 850/2004 про стійкі органічні забруднювачі та про внесення змін до Директиви 79/117/ЄЕС, повинні бути визначені як небезпечні. Чисті сплави металів, не забруднені небезпечними речовинами, вважаються безпечними відходами. Відходи сплавів металів, які віднесені до небезпечних, у оригіналі Списку відходів помічені (*).

Покроковий шлях віднесення відходів до небезпечних наведено на рис. 4 [7].

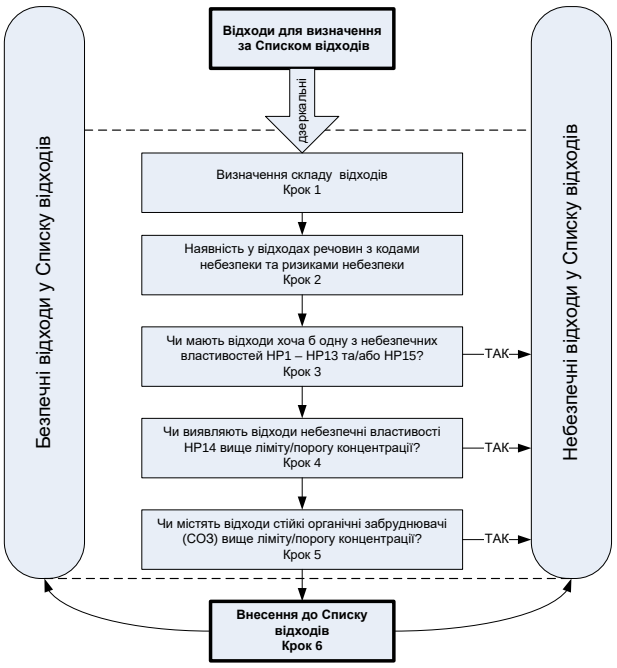

Рис. 4. Алгоритм віднесення відходів до безпечних або небезпечних [6]

Крок перший: дослідження якісного та кількісного складу відходу з визначенням концентрацій хімічних речовин, що входять до складу відходу.

Крок другий: за таблицями 3.1 та 3.2 Додатку VI «Гармонізована класифікація та маркування для окремих небезпечних речовин» Регламенту (ЄС) № 1272/2008 встановлюють наявність у відходах хімічних речовин з кодами небезпеки та ризиками небезпеки.

Крок третій: встановлюють, чи мають відходи одну чи кілька небезпечних властивостей HP 1 - HP 13 та/або HP 15. Якщо відходи мають хоча б одну з вище приведених небезпечних властивостей, вони визначаються у якості небезпечних. Важливо встановити всі небезпечні властивості, які мають відходи. Тому, якщо відходи не мають жодної з небезпечних властивостей HP 1 - HP 13 та/або HP 15, або мають хоча б одну або декілька з них, проводиться подальша оцінка за кроком чотири.

Крок четвертий: встановлюють, чи мають відходи небезпечні властивості HP 14. Якщо відходи проявляють небезпечні властивості HP 14, відходи відносяться до небезпечних. У разі, коли відходи не виявляють таких небезпечних власти-

© І.О. Гончаренко, Л.А. Пісня, М.М. Кірієнко, 2019
© I.O. Honcharenko, L.A. Pisnia, M.M. Kiriienko, 2019

востей або мають їх, подальше оцінювання проводиться за кроком п'ять.

Крок п'ятий: встановлюють, чи містять відходи СОЗ вище ліміту/порогу концентрацій. Перелік стійких органічних забруднювачів, які є об'єктом положень щодо управління відходами, та їх порогові значення наведено в Додатку IV Регламенту (ЄС) № 850/2004 Європейського Парламенту та Ради від 29.04.2004 р. Якщо відходи містять СОЗ у концентраціях, які перевищують порогові значення, то відходи відносяться до небезпечних.

Крок шостим: якщо встановлено, що відходи мають одну або декілька небезпечних властивостей HP1 - HP15, та/або містять СОЗ, що перевищують встановлені порогові значення, відходи відносяться до небезпечних. У разі, коли відходи не мають жодної з небезпечних властивостей та не містять СОЗ вище встановлених порогових значень, відходи вважаються безпечними.

До 01.06.2015 класифікація небезпечних відходів здійснювалася на підставі Рішення Комісії від 3 травня 2000 року (Рішення 2000/532/ЄС з поправками 2001/118, 2001/119/; 2001/573) стосовно Списку відходів та додатку III до Директиви 2008/98/ЄС по відходам, у якому визначалися властивості відходів, що обумовлюють небезпечний характер відходів.

Відходи відносилися до небезпечних за умови, що концентрація небезпечних речовин (у мас. %) є такою, що відходи мають одну чи кілька характеристик, наведених у Додатку III до Директиви Ради 91/689/ЄЕС.

Рішенням Комісії від 18 грудня 2014 р. (Рішення 2014/955/ЄС) внесені зміни до Рішення 2000/532/ЄС у Список відходів відповідно до вимог Директиви 2008/98/ЄС. Ці зміни набули чинність з 01.06.2015 р.

18 грудня 2014 року прийняла Постанову (EU) № 1357/2014 про заміну Додатку III до Директиви 2008/98/ЄС про відходи.

Окрім того, оцінка небезпеки відходів повинна базуватися на використанні критеріїв Регламенту (ЄС) № 1272/2008 (Регламент CLP) і враховувати класифікаційні дані хімічних речовин та їх препаратів за міжнародними стандартами GHS.

Українське законодавство щодо управління відходами значно відрізняється від відповідного міжнародного та європейського законодавства. Згідно статті 34 Закону України «Про відходи» усі небезпечні відходи за ступенем їх шкідливого впливу на навколишнє середовище та на життя і здоров'я людини поділяються на класи небезпечності.

Таким чином у національному законодавстві не визначено поняття «безпечні відходи», та, як наслідок, відсутній механізм віднесення відходів до небезпечних або до безпечних. Усі промислові відходи відносилися до небезпечних. Інші відходи, а саме: відходи тваринного походження, побутові відходи, у тому числі ремонтні, залишалися відходами з невизначеним класом небезпеки.

Мінекоресурсів України своїм наказом від 16.10.2000 р. № 165 затвердило Перелік небезпечних властивостей відходів. Проте затверджений перелік не повною мірою відповідає переліку небезпечних властивостей відходів, які застосовуються у законодавстві Європейського Союзу для ідентифікації відходів як небезпечних. У Переліку не враховані наступні небезпечні властивості: подразнюючі; токсичні для специфічного органу (STOT) / токсичність при вдиханні; гостротоксичні; канцерогенні; їдкі; токсичні для розмноження; мутагенні; сенсибілізуючі.

Окрім того, на підставі Рішення Державної служби України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва від 15.07.2014 р. № 33 втратив чинність ДСанПіН 2.2.7.029-99 Державні санітарні правила та норми «Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення», у яких встановлювався порядок визначення класу небезпеки відходів.

З огляду на викладене дослідження процесу утворення ТПВ є важливим при оцінюванні екологічної небезпеки та впливу на навколишнє природне середовище, що, в свою чергу потребує визначення пріоритетності заходів з підвищення екологічної безпеки при прийнятті рішень.

Постановка завдання. Метою статті є обґрунтування, дослідження можливості використання та реалізація методу аналізу ієрархій Т. Сааті, а саме, оцінювання екологічної небезпеки та важливості заходів в процесі утворення твердих побутових відходів у завданнях підвищення екологічної безпеки під час прийняття управлінських рішень в галузі поводження з ТПВ.

Результати. Завдання прийняття рішень мають місце тоді, коли необхідно здійснити вибір кращого, оптимального варіанта, засобу дії серед заданої множини альтернатив для досягнення поставленої мети. Будь-який вибір пов'язаний із процесом обробки інформації про альтернативи, критерії якості, можливі результати, систему переваг і спосіб відображення допустимих альтернатив у множину критеріальних оцінок можливих результатів. Завдання прийняття рішень можна розподілити на категорії:

– завдання в умовах визначеності, які характеризуються повною й точною інформацією, з

адекватною математичною моделлю; для їх вирішення застосовують методи математичного програмування;

– завдання в умовах ризику, для вирішення яких необхідно мати статистичні дані та експертні оцінки, застосовувати методи теорії корисності;

– завдання в умовах невизначеності, для вирішення яких залучають експертів та застосовують математичні методи прикладної теорії прийняття рішень і штучного інтелекту.

На сьогодні для розв'язання завдань прийняття рішень з багатьма критеріями існує багато методів: методи зведення критеріїв до одного (методи головної компоненти, комплексного критерію, справедливого компромісу, аналізу Парето) та методи дослідження психологічних особливостей особи, що приймає рішення (ОПР) (багатокритеріальна теорія корисності, метод аналізу ієрархій, методи ранжування багатокритеріальних альтернатив).

Для розв'язання завдання вибору більш доцільним є використання методів, що ґрунтуються на дослідженні психологічних особливостей ОПР. Із цієї групи найпоширенішим і найпростішим для сприйняття є метод аналізу ієрархій. Загалом використання експертів дає можливість: одержати аналіз складних систем, що характеризують в основному якісними, неформалізованими процесами; підвищити динамічну якість управління за рахунок прогнозування тенденцій розвитку об'єкта; здійснити апріорне визначення й ранжування за заданим критерієм найбільш істотних факторів; підвищити ефективність математико-статистичних та інших формальних методів за рахунок більш точного визначення й оцінювання деяких якісних параметрів [7, 8].

Особливий інтерес при прийнятті управлінських рішень становить застосування методу "аналізу ієрархій" (MAI), який ґрунтується на побудові ієрархії критеріїв та застосуванні парних порівняннях альтернативних варіантів за різними критеріями й по-дальшим ранжуванням набору альтернатив за всіма критеріями та цілями.

Традиційний метод аналізу ієрархій був запропонований Т. Сааті [9]. Суть методу в кількісному вираженні якісних суджень. Проблема структурується у вигляді ієрархії. Вершиною ієрархії зазвичай є глобальна мета, на наступному рівні присутні цілі, нижче – підцілі, потім критерії, підкритерії; на нижньому рівні – альтернативи. Спочатку експерти генерують безліч припустимих альтернатив, серед яких необхідно провести вибір кращої альтернативи або упорядкувати всі елементи. Зазвичай на цьому етапі проводять розумне скорочення множини всіх можливих альтернатив або його кластеризацію у зв'язку з обмеженням методу на число одночасно порівнюваних об'єктів [9].

Схематично експертно-аналітична процедура багатокритеріального багатофакторного аналізу ситуації за методом аналізу ієрархій наведена на рис. 5 [10].

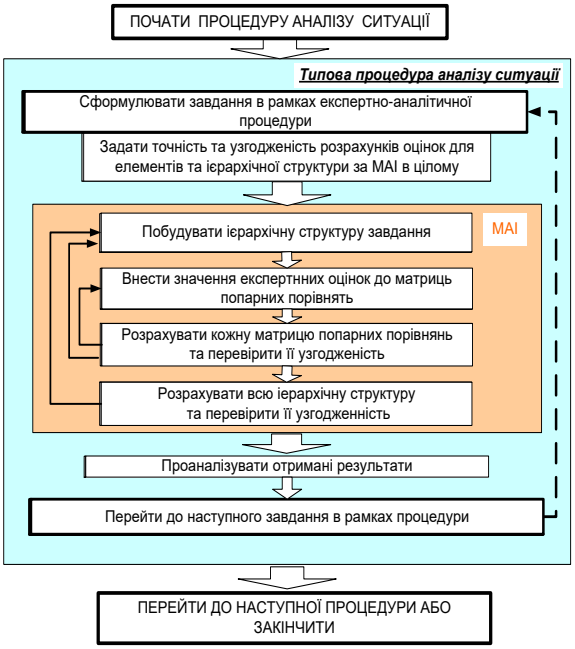

Рис. 5. Експертно-аналітична процедура багатокритеріального багатофакторного аналізу ситуації [10]

Уніфіковану шкалу попарних порівнянь елементів за відносною важливістю наведено в табл. 1 [10].

Альтернативи також порівнюють за окремими критеріями. Засобом визначення коефіцієнтів значущості критеріїв та альтернатив є попарне порівняння. Результат порівняння оцінюють за бальною шкалою. На основі таких порівнянь обчислюють коефіцієнти значущості критеріїв, оцінки альтернатив і знаходять спільну оцінку як зважену суму оцінок критеріїв.

На якість порівнянь можуть впливати кваліфікація осіб, що приймають рішення та (або) характерні особливості елементів ієрархії.

Основні переваги методу попарних порівнянь полягають у тому, що:

– має місце порівняння кожної альтернати-ви за більшим числом факторів пріоритетності, завдяки чому підвищується точність оцінки і відкривається можливість вивчати якість об'єкта дослідження, ніж при використанні інших методів;

© І.О. Гончаренко, Л.А. Пісня, М.М. Кірієнко, 2019
© I.O. Honcharenko, L.A. Pisnia, M.M. Kiriienko, 2019

Таблиця 1. Уніфікована шкала попарного порівняння елементів [10]

Бал	Вербально-аргументована оцінка	Примітка (коментар) щодо оцінки елементів в ієрархії
0	Елементи неможна порівняти з точки зору досягнення сформульованої мети	Відсутні взаємний зв'язок та вплив
1	Елементи рівноцінні з точки зору досягнення мети	Об'єкти рівноцінні чи/або взаємно пов'язані. Немає даних про перевагу
2	Слаба перевага одного елемента у порівнянні з іншим	Кількість надійних та достовірних даних про перевагу не достатньо для прийняття гарантованого рішення щодо переваг
3	Хоча б один з фактів свідчить про перевагу одного елемента над іншим	Хоча б за одним із показників (характеристик) один елемент гарантовано переважає інший елемент
4	Середня перевага одного елемента стосовно іншого	Більше чим за одним показником один елемент гарантовано переважає інший елемент, при цьому таких показників менше половини
5	Явна перевага одного елемента щодо іншого	Не менше чим за половиною показників один елемент гарантовано переважає інший, при цьому половина всіх даних визначені та достовірні, з точки зору, наявної статистики чи ймовірності
6	Перевага одного елемента щодо іншого середнє між «явним» та «очевидним»	Більше чим за половиною показників один елемент гарантовано переважає інший, а для половини решти можна підтвердити перевагу
7	Очевидна перевага одного елемента стосовно іншого	Перевага одного елемента над іншим очевидна та практично підтверджена або не викликає сумнівів
8	Більше чим очевидна перевага одного елемента над іншим, але ще не абсолютна	Перевага одного елемента стосовно іншого не викликає сумнівів, але говорити про абсолюту перевагу неможна
9	Абсолютна перевага одного елемента стосовно іншого	Перевага одного елемента над іншим беззаперечна та підтверджена всіма даними, включаючи похибку вимірів

– експерт зосереджує свою увагу не на всіх альтернативах одночасно, а тільки на двох, порівнюваних у певний момент, – це полегшує роботу;

– метод дає змогу одержати не тільки середню оцінку, надану кожним експертом, а й дисперсію цієї оцінки, що дає можливість провести більш глибокий економіко-математичний аналіз;

– метод відрізняється простотою й відповідністю інтуїтивним поданням.

Основними недоліками методу є:

– велика кількість аналітичної інформації, що потребує кваліфікованих експертів;

– обмеження на кількість одночасно порівнюваних альтернатив (бажано не більше 9; це пов’язане із фактом, що звичайній людині важко здійснювати раціональний вибір, якщо число об’єктів вибору перевищує 7 ± 2 [9]);

– неможливість повного опису невизначеності системи переваг осіб, що приймають рішення;

– неможливість використання у випадку декількох осіб, що приймають рішення, і наявність конфліктуючих систем переваг.

Задля цього було використано авторську програму «MAI», яка реалізує відомий метод аналізу ієрархій Томаса Сааті з доопрацюваннями. Перевага методу аналізу ієрархій полягає в можливості визначення вагових коефіцієнтів кожного елемента ієрархічної системи з урахуванням його взаємозв'язків і взаємовпливу шляхом попарно експертних порівнянь за шкалою Т.Сааті.

Реалізація багатокритеріального багатофакторного експертно-аналітичного оцінювання екологічної небезпеки та важливості заходів управління та контролю в процесі утворення твердих побутових відходів наведено на рис.6.

Результати проведено оцінювання відображено нижче на рис. 7-10. Загальна оцінка узгодженості думок експертів за розрахунками програми MAI склала: 0,03371; самі розрахунки проводились з точністю до 0,0001.

За результатами проведеного оцінювання було визначено пріоритетність показників складових довкілля, що зазнають небезпечного впливу в процесі утворення ТПВ (рис. 7), де вплив: на біоту складає 50,34 % від загального впливу; на повітря – 18,41 %; на ґрунт – 21,96%; на воду – 9,29 %.

Важливим результатом дослідження оцінки екологічної небезпеку в процесі утворення ТПВ є встановлення внеску типу джерел об’єктів (рис.8), а саме, об’єктів масового скупчення людей (38,0%), приватної житлової забудови (20,22%), багатоповерхової житлової забудови (16,07%) та торгівельних підприємств (15,01%).

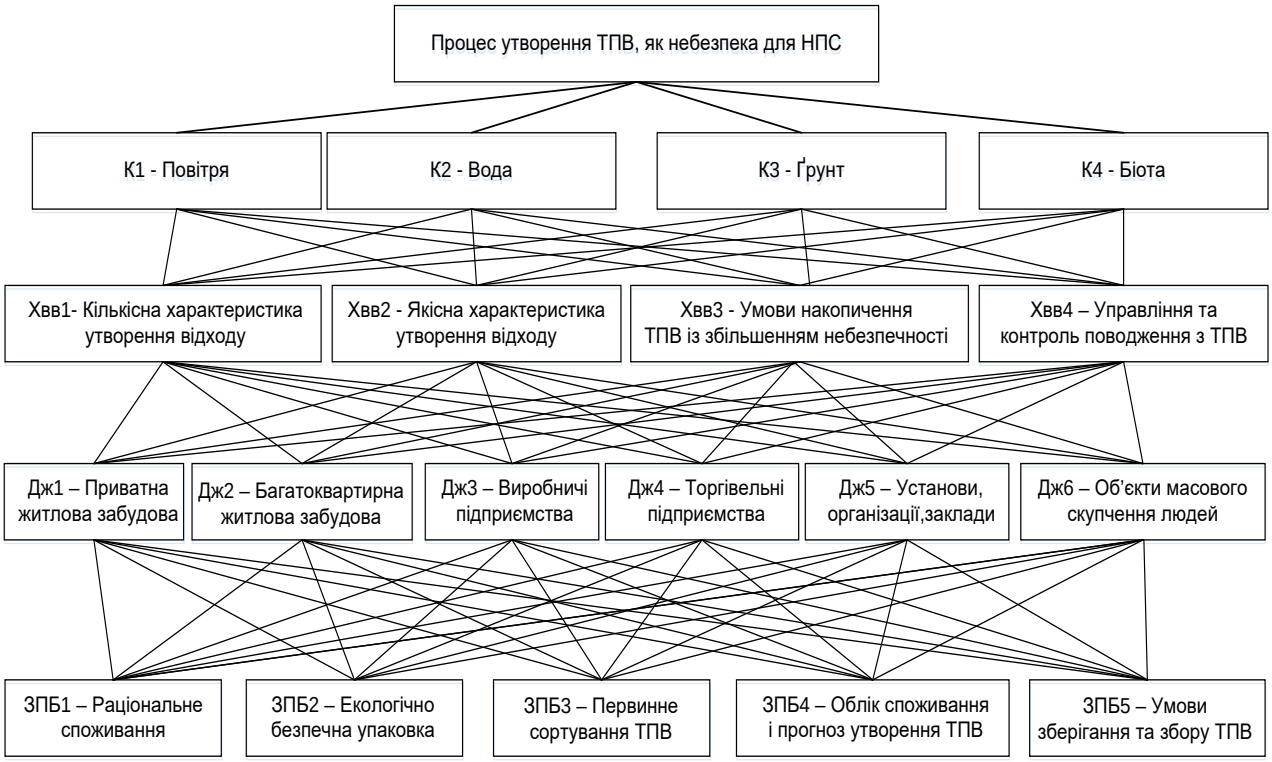

Рис. 6. Ієрархічна схема експертного оцінювання екологічної небезпеки та важливості заходів управління та контролю в процесі утворення ТПВ.

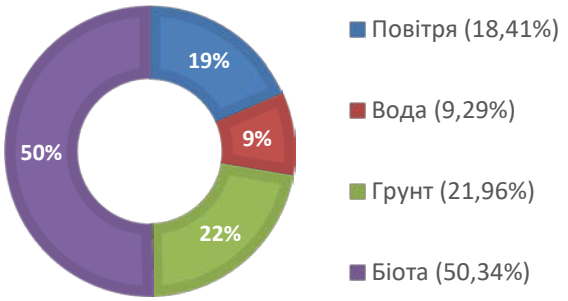

Рис. 7. Вагові показники пріоритетів критеріїв впливу на складові довкілля в процесі утворення ТПВ

На Рис.9 зображено сутність формування небезпек в процесі утворення ТПВ, зокрема, внески наявних дієвого управління та контролю поводження з ТПВ (63,76%) та забезпечення безпечних умов накопичення ТПВ (22,28%) в порівнянні із кількісними (5,84%) та якісними (8,12%) характеристиками складу ТПВ.

Серед оцінюваних заходів підвищення екологічної безпеки впливу на навколишнє природне середовище ТПВ в процесі їх утворення (Рис.10) можливе через забезпечення виключно екологічно безпечної тари та пакувальних матеріалів, що за розрахунками склало 35,9% від загального впливу, умови зберігання до збору ТПВ – 21,9%, раціональне споживання – 19,14%, здійснення первинного сортування відходів – 13,6%, облік споживання та прогнозування утворення ТПВ – 9,45%.

Рис. 8. Внесок об'єктів утворення ТПВ, як джерел небезпеки для НПС

© І.О. Гончаренко, Л.А. Пісня, М.М. Кірієнко, 2019
© I.O. Honcharenko, L.A. Pisnia, M.M. Kiriienko, 2019

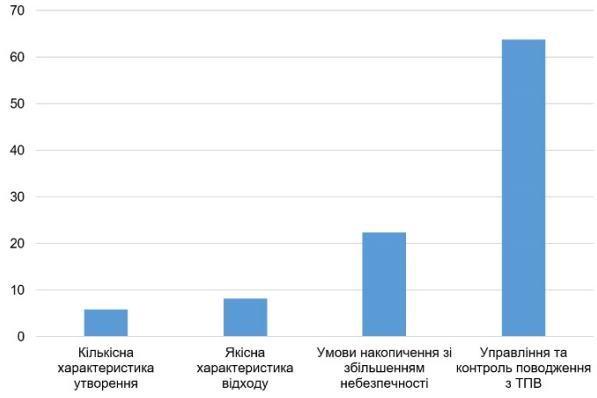

Рис. 9. Вклад факторів небезпеки, що характеризують процес утворення ТПВ

Висновки. Досліджений та практично реалізований у статті комплексний експертно-аналітичний підхід до оцінки екологічної небезпеки в процесі утворення твердих побутових відходів (ТПВ), який базується на застосуванні методу аналізу ієрархії (MAI) Т. Сааті дозволяє врахувати: критерії вкладу небезпечності відходів для кожного з природних середовищ, кількісні та якісні характеристики утворення відходів, умови їх накопичення із можливим збільшенням небезпечності при цьому, наявність процесів управління та контролю, типи об'єктів утворення ТПВ, та з'ясувати внески заходів підвищення екологічної безпеки на цих об'єктах.

Рис. 10. Внесок заходів підвищення екологічної безпеки в процесі утворення ТПВ

Розроблена ієрархічну структуру процесу утворення ТПВ дозволяє наглядно-просторово зрозуміти зв'язки та взаємодію елементів між собою, де рівнями ієрархії є: «екологічна безпека процесу утворення ТПВ → складові довкілля, що зазнають впливу → фактори впливів → джерела утворення ТПВ → заходи з підвищення екологічної безпеки».

Отримані значення узагальнених вагових коефіцієнтів та пріоритетів ієрархії дозволило по новому зрозуміти сутність формування небезпек в процесі утворення ТПВ, зокрема, внески наявних дієвого управління та контролю поводження з ТПВ (63,76%) та забезпечення безпечних умов накопичення ТПВ (22,28%) в порівнянні із кількісними (5,84%) та якісними (8,12%) характеристиками складу ТПВ. Важливим результатом є встановлення внеску в екологічну небезпеку поводження з ТПВ в процесі їх утворення типу джерел утворення, а саме, об'єктів масового скупчення людей (38,0%), приватної житлової забудови (20,22%), багатоповерхової житлової забудови (16,07%) та торгівельних підприємств (15,00%).

Серед оцінюваних заходів підвищення екологічної безпеки впливу на навколишнє природне середовище ТПВ в процесі їх утворення можливе через забезпечення виключно екологічно безпечної тари та пакувальних матеріалів, що за розрахунками склало 35,9% від загального впливу.

Отримані результати з використанням комплексного експертно-аналітичного підходу шляхом застосування методу аналізу ієрархій Т.Сааті до оцінювання процесів та об'єктів поводження з ТПВ є перспективним методом для прийняття ефективних управлінських рішень та потребує подальшого застосування в нагальній галузі забезпечення екологічної безпеки поводження з ТПВ в Україні.

Література

1. «Довкілля України». Статистичний збірник, 2013 рік. Державна служба статистики України, Київ, 2014 рік.

2. Шосте національне повідомлення України з питань зміни клімату. Міністерство екології та природних ресурсів України, Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Національна академія наук України, Український гідрометеорологічний інститут. — Київ, 2014. — 323 с.

3. Утворення сміття. Євростат. Станом на 26 листопада 2014 року. Електронне джерело: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do.

4. Звіт ПРООН «Системи поводження з твердими комунальними відходами», 2011 рік.

5. Підсумковий звіт «Тверді побутові відходи в Україні: Потенціал розвитку сценарії розвитку галузі поводження з твердими побутовими відходами», Міжнародна фінансова корпорація (IFC) — Київ, 2015. — 114 с.

6. Jukovskıy T.F., Pisnıa L.A., Tkachova O.V., Kartsev V.G. The introduction of a unified national approach to classification procedure of wastes to hazardous/ - Metallurgical and Mining Industry, - №7. – 2016.-S.24 - 29

7. Кини Р. Принятие решений при многих критериях: замещения и предпочтения / Р. Кипи, Х.Райфа. – Москва : Радио и связь, 1981. – 560 с.

8. Ткачова О. К. Метод Сааті при прийнятті управлінських рішень. — Дніпро: Держава та регіони, 2015. – с. 92 - 96.

9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – Москва : Радио и связь. – 1993. – 316 с.

10. Анищенко Л.Я., Свердлов Б.С., Писня Л.А. Выбор экологически безопасного варианта судового хода на основе многокритериальной комплексной оценки воздействия с применением експертно-аналитических процедур. – Сборник научных трудов «Проблемы охраны окружающей природной среды и экологической безопасности». Выпуск 31 – 2009. – с. 38 - 60.

References

1. Derjavna slyjba statıstıkı Ukrainy (2014). «Dovkillya Ukrainy». Statıstıchnıı zbirnık, 2013 rik.. Kiiv.

2. Ministerstvo ekologii ta prırodnıh resyrsiv Ukrainy. Derjavna slyjba Ukrainy z nadzvıchaınıh sıtyatsii. Natsionalna akademiia nayk Ukrainy, Ukrainskıy gidrometeorologichnıy instıtyt (2014). Shoste natsionalne povidomlennıa Ukrainy z pıtan zminı klimaty.. Kiiv, p.323.

3. Evrostat (2014). Ytvorennıa smittıa. Stanom na 26 lıstopada 2014 roky. Ytvorennıa smittıa. [online] Available at: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.doc [Accessed 26 Nov. 2014].

4. PROON (2011). Sıstemı povodjennıa z tverdımı komynalnımı vidhodamı.

5. Mijnarodna finansova korporatsiia (IFC) (2015). Tverdi pobytovi vidhodı v Ukrainy: Potentsial rozvıtky stsenarii rozvıtky galyzi povodjennıa z tverdımı pobytovımı vidhodamı. Kiiv, p.114.

6. Jukovskıy, T., Pisnıa, L., Tkachova, O. and Kartsev, V. (2016). The introduction of a unified national approach to classification procedure of wastes to hazardous. Metallurgical and Mining Industry, (7), pp.24-29.

7. Kını, R. and Raıfa, H. (1981). Prınıatıe reshenıı prı mnogıh krıterıiah: zameenıia ı predpochtenıia. Moskva: Radıo ı svıaz, p.560.

8. Tkachova, O. (2015). Metod Saati pri priiniatti ypravlinsьkih rishen. Dnipro: Derjava ta regionı, pp.92 - 96.

9. Saatı, T. (1993). Prınıatıe reshenıı. Metod analıza ıerarhıı. Moskva: Radıo ı svıaz, p.316.

10 Anıshenko, L., Sverdlov, B. and Pısnıa, L. (2009). Vybor ekologıcheskı bezovasnogo varıanta sydovogo hoda na osnove mnogokrıterıalnoı kompleksnoı otsenkı vozdeıstvıia s prımenenıem ekspertno-analıticheskıh protsedyr. Problemy ohrany okryjaıyeı prırodnoı sredy ı ekologıcheskoı bezopasnostı, (31), pp.38-60.

Аннотация

Результаты экспертно-аналитического оценивания экологической опасности и важности мероприятий управления и контроля в процессе образования твердых бытовых отходов

И.А. Гончаренко, Л. А. Писня, Н.М. Кириенко

В статье раскрыт комплексный экспертно-аналитический подход к оценке экологической опасности в процессе образования твердых бытовых отходов (ТБО), основанный на применении метода анализа иерархии (МАИ) Т.Саати и позволяет учесть: критерии вклада опасности отходов для каждой из природных сред, количественные и качественные характеристики образования отходов, условия их накопления с возможным увеличением опасности при этом, наличие процессов управления и контроля, типы объектов образования ТБО, и сравнить степень влияния мероприятий повышения экологической безопасности на этих объектах.

В результате исследования разработана иерархическая структура процесса образования ТБО, которая позволяет наглядно пространственно понять связи и взаимодействие элементов между собой. Уровнями иерархии является «экологическая безопасность процесса образования ТБО → составляющие окружающей среды, подверженные воздействию → факторы воздействий → источники образования отходов → меры по повышению экологической безопасности».

Полученные значения обобщенных весовых коэффициентов и приоритетов иерархии позволяет по новому понять сущность формирования опасностей в процессе образования ТБО, в частности, влияние имеющихся эффективного управления и контроля обращения с ТБО и обеспечения безопасных условий накопления ТБО в сравнении с количественными и качественными характеристиками состава ТБО. Важным результатом является установление вклада в экологическую опасность обращения с

© І.О. Гончаренко, Л.А. Пісня, М.М. Кірієнко, 2019
© I.O. Honcharenko, L.A. Pisnia, M.M. Kiriienko, 2019

ТБО в процессе их образования типа источников образования, в частности, объектов массового скопления людей, частной жилой застройки, многоэтажной жилой застройки и торговых предприятий.

Среди оцениваемых мероприятий повышение экологической безопасности воздействия на окружающую среду отходов в процессе их образования возможно через обеспечение исключительно экологически безопасной тары и упаковочных материалов, что по расчетам составило 35,9% от общего воздействия.

Полученные результаты с использованием комплексного экспертно-аналитического подхода путем применения метода анализа иерархий Т.Саати к оценке процессов и объектов обращения с ТБО является перспективным методом для принятия эффективных управленческих решений и требует дальнейшего применения в области обеспечения экологической безопасности обращения с ТБО в Украине.

Ключевые слова*: твердые бытовые отходы, экспертно-аналитическое оценивание, метод анализа иерархий, образования твердых бытовых отходов, меры повышения экологической безопасности.*

Abstract

Results of the expert-analytical assessment of the environmental hazard and the importance of management and control measures in the process of solid waste generation

I.O. Honcharenko, L.A. Pisnia, M.M. Kiriienko

The article presents a comprehensive expert and analytical approach to environmental hazard assessment in the process of solid waste formation, which is based on the application of the hierarchy analysis method (T. Saati method) and allows to consider criteria for the impact of waste on each of the natural components taking into account the qualitative characteristics of waste , conditions of their accumulation with possible increase of danger, presence of processes of management and control, types of objects of solid waste generation and comparison of contribution of measures improve environmental safety.

The research has developed a hierarchical structure of the solid waste generation process, which allows for the visual and spatial understanding of the connections and interactions of elements with each other. Levels of the hierarchy: “ecological safety of the MSW formation process → environmental components → factors of influence → sources of MSW formation → environmental safety measures”.

The obtained values of the generalized weight coefficients and priorities of the hierarchy made it possible to understand the essence of the formation of dangers in the process of solid waste formation, in particular, the contribution of existing effective management and control of solid waste management (63.76%) and ensuring safe conditions of solid waste accumulation (8.2%) compared to the quantitative (5.84%) and qualitative (8.12%) characteristics of the MSW composition. An important result is the establishment of a contribution to the environmental risk of MSW management in the process of their formation as a type of sources of formation, namely objects of mass congestion of people (38.0%), private residential buildings (20.22%), multi-storey residential buildings (16 , 07%) and trade enterprises (15.00%).

Among the measures taken to improve the environmental safety of landfill environmental impacts in the process of their formation, the largest contribution is the use of environmentally friendly packaging and packaging materials, which is estimated to be 35.9% of the total impact.

The results obtained through a comprehensive expert-analytical approach, using the T. Saati hierarchy analysis method to evaluate the processes and facilities of MSW management, are a promising method of making effective management decisions and require further application in the urgent field of ensuring the environmental safety status of MSW management in Ukraine.

Keywords*: solid household waste, expert-analytical evaluation, method of hierarchy analysis, solid household waste generation, environmental safety measures.*

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard
Honcharenko I., Pisnia L. and Kiriienko M. (2019). Results of the expert-analytical assessment of the environmental hazard and the importance of management and control measures in the process of solid waste generation. *Engineering of nature management*, (4(14), pp. 103 - 113.

Подано до редакції / Received: 02.12.2019