Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Наказ Міністерства освіти і науки України від 29.12.2014 № 1528)

Ефективна ЕКОНОМІКА

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

№ 7, 2015 Назад Головна

УДК 65.011.3+330.131.7

І. С. Єремєєв,
д. т. н, професор, Національний технічний університет України «КПІ»
С. В. Марчук,
старший викладач кафедри менеджменту,
ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені В. Гетьмана»

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ТА РИЗИКИ ПІД ЧАС ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

I. S. Yeremeyev,
Sc Dr, prof. National Technical University "Kyiv Polytechnic Institute"
S. V. Marchuk,
senior lecturer in management Kyiv National Economics University named after Vadym Hetman

UNCERTAINTY AND RISKS IN MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT

В статті досліджено та запропоновано підхід до оцінювання ризиків під час поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ), який використовує методологію теорії нечітких множин. Підхід дозволяє враховувати спільний вплив різних чинників на величину максимального ризику і може бути рекомендований у першу чергу для етапу проектування або модернізації об'єктів, призначених для термічних процедур поводження з ТПВ. У результаті аналізу світового досвіду, зокрема досвіду США,було виявлено позитивний тренд зростання обсягів утилізації у процедурах поводження з ТПВ: вже сьогодні до 28-30% ТПВ підлягають утилізації. Про ефективність утилізації свідчить такий факт: видобування алюмінію з брухту зберігає до 95% енергії, яку б було потрібно використати у разі виробництва цього металу з сировини, пластику – до 70% енергії, паперу – до 40%, не кажучи про те, що це забезпечує відповідну економію вихідної сировини.

The article explored and an approach to risks assessment in the treatment of municipal solid waste (MSW), which uses the methodology of fuzzy sets. The approach takes into account the mutual influence of various factors on velechynu maximum risk and can be recommended primarily for the design phase or upgrading facilities for thermal treatments MSW. An analysis of international experience, including experience in the US, was found positive growth trend in utilization procedures MSW: today to 28-30% of solid waste to be recycled. The effectiveness of recycling shows the following fact: the extraction of aluminum from scrap saves 95% of energy would be required to use in case the production of the metal from raw materials, plastics - up to 70% energy and paper - up to 40%, not to mention the fact that it provides appropriate savings feedstock.

Ключові слова: *ризики, невизначеність, нечіткі множини, тверді побутові відходи, сортування.*

Keywords: *risks, uncertainty, fuzzy sets, municipal solid waste, sorting.*

Постановка проблеми. Під час процедур, що супроводжують процеси поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ), мають місце ризики,які пов'язані з виходом токсичних компонентів (складових ТПВ, або продуктів їхньої переробки) у довкілля. Це стосується, у першу чергу, виходу пожеже небезпечних та/або отруйних газів і фільтрату у довкілля за межі полігонів, викиду діоксинів (у разі порушення технології спалювання) з димарів сміттєспалювальних заводів, проходженню моно оксиду вуглецю з газової магістралі піроліз них газогенераторів у довкілля тощо. Забезпечення мінімізації ризиків для людини та довкілля полягає у тому, щоб вивчити джерела ризиків, імовірність їхньої реалізації, наслідки, які виникнуть у разі реалізації ризиків, та заходи з попередження небажаних подій. Але труднощі оцінювання ризиків полягають у тому, що достатньо обгрунтована статистика, пов'язана з ризиками у сфері поводження з ТПВ, на сьогодні відсутня, а отже і оцінки можуть мати скоріше характер якісний, ніж кількісний, а іноді можуть взагалі бути далекими від реальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні у світі все частіше звертають увагу на такі речі, як керування процесами та оцінювання ситуацій в умовах невизначеності. Тут широке застосування знайшли методи теорії нечітких множин, теорії можливостей, теорії катастроф тощо. Усі ці методи базуються на використанні замість точних значень змінних та чинників їхніх «лінгвістичних» еквівалентів, оскільки саме вони є більш-менш певні «межі», які характеризують діапазон існування відповідної нечіткої величини. При чому оцінювання, як правило, використовує у якості критерію відповідності/невідповідності такий показник, як метрика (наприклад, Евклідова). Використання такого підходу є досить плідним, більш того – іноді єдино можливим у багатьох конкретних випадках [1-2].

Метою статті є використання зазначених вище підходів для оцінювання ризиків у царині поводження з ТПВ та розробка евристик, які б сприяли оптимальному використанню устаткування, мінімізації втрат та небезпеки для оточуючого середовища.

Виклад основного матеріалу дослідження. Населення України нараховує 42.87 мільйонів осіб (станом на 1 квітня 2015 року), яким створюються приблизно 16,8 тонн твердих побутових відходів (ТПВ).

Річний обсяг створення відходів щороку зростає приблизно на 3%, але при цьому рівень охоплення послугами вивезення відходів є низьким. Приблизно 92% зібраних відходів зберігаються на майже 6 000 полігонів, більшість з яких є перевантаженими, експлуатуються понад експлуатаційний ресурс та не відповідають санітарним стандартам і нормам проектування. Крім цього, досить поширеним явищем є несанкціоновані звалища, кількість яких за останніми оцінками становить близько 3 500. Майже 23% створених ТПВ не збирається й не доходить до офіційних полігонів. Це призводить до зараження грунтових вод, викидам у повітря та поширення хвороб гризунами і являє таким чином загрозу для навколишнього середовища та здоров'я людей. [1].

Існує невідкладна потреба у зменшенні обсягів відходів, які зберігаються на полігонах, з метою покращення на них санітарних умов, а також знаходження у майбутньому альтернатив щодо остаточної переробки.

Зважаючи на наведені вище міркування варто імовірності події (ІП) характеризувати як вірогідну (ВІР), що займає у шкалі ймовірностей діапазон [0,5-0,79], малоймовірну (МЙМ), що займає діапазон [0,3-0,49], дуже малоймовірну (ДМЙ), що займає діапазон [0,1-0,29], неймовірну (НЙМ), 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, НСУ= <0,1-0,25>, ПОМ=<0,26-0,7>, КРИ=<0,71-0,89>, КАТ=<0,9-1,0>).

Останнім часом визначилася стійка тенденція утилізації ТПВ шляхом розбудови сміттєспалювальних підприємств, працюючих у тандемі з водонагрівачами для систем опалювання, або парогенераторами для живлення перових турбін систем генерування електроенергії; та піроліз них генераторів газу, які живлять комбіновані системи генерування електроенергії у складі газових та парових турбогенераторів. Зазначені системи утилізації ТПВ мають свої переваги та недоліки [2].

Як ті, так і інші вимагають попереднього сортування ТПВ. Справа у тому, що змішані відходи потрапляють на підприємство, що реалізує процедури поводження з ТПВ, у стані повного безладу, маючи «високу ентропію», яка характеризується наступним чином: змішані між собою органічні та неорганічні компоненти; змішані між собою пожеже небезпечні та негорючі матеріали; змішані між собою сухі та вологі відходи; органічні відходи можуть перебувати на різних стадіях гниття; високий рівень вологості, особливо у дощовий період; побутові відходи часом перемішані з відходами лікарень та іншими небезпечними відходами; ТПЯВ перемішані з конструкціями та уламками будівель; присутні абразиви (наприклад, пісок), мул та метали; висока змінність у складі ТПВ від сезону до сезону та від міста до міста.

Зазначені обставини суттєво впливають на процеси поводження з ТПВ. У той же час сміттєспалювальні підприємства у разі порушення технології (наприклад, зниження температури спалювання через недодавання додаткового палива з метою «економії» палива) починають інтенсивно викидати діоксин, що забруднює довкілля і загрожує здоров'ю. Піролізні генератори мають свої вади: вони генерують горючі гази (переважно смертельно небезпечний моно оксид вуглецю СО, а також метан СН4 і водень Н2), які у разі нещільності у контейнменті та магістралях можуть вийти назовні, загрожуючи вибухами, пожежами, здоров'ю, а то й життю персоналу. Тому варто розглянути саме ризики, пов'язані з функціонуванням таких систем.

Йдеться передусім про заходи на рівні розробки проекту, або модернізації устаткувань з утилізації ТПВ. [4, с16-19].

Для цього необхідно для кожного джерела ризику скласти матрицю «Імовірність подій-наслідки реалізації» у вигляді, наведеному в таб.1.прчому зазначити зони в яких наслідки реалізації за визначенням присутні, тобто можуть мати місце, практично не впливаючи на функціонування, або зважаючи на їхню неймовірність реалізації; наслідки реалізації за визначенням неприпустимі та наслідки реалізації умовно припустимі, які зведені до мінімально можливих у конкретних реальних умовах.

Таблиця 1.
Матриця «Імовірність події-наслідки реалізації»

ІП \ НР	НСУ	ПОМ	КРИ	КАТ
НЙМ	Припустимі	Припустимі	Припустимі	Умовно припустимі
ДМЙ	Припустимі	Припустимі	Умовно припустимі	Умовно припустимі
МЙМ	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

Використання цієї матриці має відбуватися наступним чином. Якщо розглядається та чи інша полія, оцінюються ії ІП та НР (на підставі лінгвістичних змінних або, у разі конкретних статистичних даних, на підставі цифрових значень, які попадають у відповідні діапазони) і обирається її місце в матриці.

Якщо вона опиняється у зоні припустимих значень, аналіз на цьому припиняється. Якщо подія попадає у неприпустиму зону, необхідно передбачити обов'язкові заходи для переведення її у припустиму або умовно припустиму зону (шляхом передбачення відповідних конструктивних, програмних або контролюючих, керуючих чи компенсуючи заходів). Знаходження в умовно припустимій зоні також передбачає пошук заходів для переведення події у зону припустимих.

Розглянемо , наприклад, таку подію, як витік газу (під яким розуміють усі типи непередбачуваних втрат, які пов'язані з порушенням герметичності магістралей та контейменту) з точки зору наслідків:

- Припинення процесу горіння (ІП=ДМЙ, НР=НСУ);
- Отруєння (ІП=ДМЙ, НР=КАТ);
- Вибух газу, пожежа (ІП=ДМЙ, НР= КАТ).

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

Іншою подією може бути помилка оператора («людський чинник»)- найчастіша причина небезпечних наслідків. Для цієї події ІП=МОЖ, а НР 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 НР=<КРИ, КАТ>.

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

$$\mathbf{VaR(opt)=max\ \{VaR1,\ \ldots\ldots,\ VaRn\ \}}, \qquad (1)$$

де VaRj в класичному вигляді відповідає добутку імовірності реалізації події, пов'язаної з ризиком, та обсягу втрат у разі її реалізації. В умовах невизначеності ця оцінка ризику має спроститися до перехрестя відповідних ІП та НР на матриці, яке зазначить, до якої зони вона належить. Оскільки інші ризики також потенційно існують і впливають один на одного, підсилюючи загальну оцінку ризику, необхідно визначити коригуючий коефіцієнт (μ≥1), який враховує додатковий вплив, що не піддається формалізації (або точному визначенню). Для цього також використовують елементи теорії нечітких множин. Будь-який вплив може бути охарактеризований як відсутній (k=0), незначний (k=0,1), малий (k=0,25), середній (k=0,50), значний (k=0,75), переважний (k=0,9), причому усі впливи представляються у однаковому масштабі. Коригуючий коефіцієнт при цьому може бути представлений у вигляді:

$$\mathbf{\mu=1+\{(r-1)/2r\}\sum ki}, \qquad (2)$$

а інтегральна оцінка ризику (якщо відсутні данні щодо закону розподілу) – відповідно як

$$\mathbf{VaR(opt)i=\mu^*\ VaR(opt),}\ \text{або}\ \mathbf{VaR(opt)i=\mu^*\ \{2{,}33\ V^*\ \sigma\ ^*\sqrt{T}\}}, \qquad (3)$$

де V- максимальні можливі втрати у разі реалізації ризику, σ- стандартне відхилення, Т- термін, впродовж дії якого визначається ризик, у тижнях, місяцях, або роках, 2,33- коефіцієнт, що відповідає дворічному інтервалу 99%.

Підставляючи відносні значення ІП та НР, та враховуючи отримане значення μ,можна визначити нові координати (у полі матриці), що примусить прийняти додаткові заходи для переведення об'єкта у більш сприятливі умови функціонування.

Але існують ще проблеми іншого гатунку, які щільно пов'язанні з процесами поводження з ТПВ і які визначають кінцеву ефективність будь-якої технологічної схеми. Йдеться про процеси рециклінгу, тобто про виокремлення ще перед кінцевим поводженням (утилізацією) частики ТПВ як вихідної сировини і повернення її у виробництво[3,с 50-54].

Виходячи з конкретного складу (структури) ТПВ у даному конкретному регіоні та економічних міркувань іноді варто передбачити саме конкретний шлях утилізації ТПВ, який дозволяє повернути частку відходів на підприємства, що виробляють з цієї сировини певну продукцію. Це дуже ефективний шлях, який дозволяє позбутися відходів і, у той же час, забезпечити сировиною чи напівфабрикатами промислові підприємства.

Існує декілька варіантів утилізації [5, с187]:

- Первинне сортування «виробниками» відходів на базі спеціальної організаційної структури, створеної зацікавленими у відходах сторонами: збирання склотари, макулатури, металевих відходів, полімерних матеріалів (пляшок тощо).
- Вторинне сортування зібраних «навалом» відходів на сортувальних майданчиках.
- Третинне сортування залишків від спалювання або газифікації ТПВ.

Кожний з цих варіантів має свої переваги та недоліки. Так, первинне сортування забезпечує збирання «чистих» відходів певного виду і досить просте їхнє подальше використання. Але організаційні процедури при цьому досить складні і вимагають певних ресурсів, що обмежує номенклатуру відходів, які підлягають цьому видові сортування, оскільки може суттєво зрости собівартість збереженої таким чином сировини або напівфабрикатів, хоча ця собівартість (якщо йдеться про окремі види сировини чи напівфабрикатів, може виявитися кінець-кінцем економічно прийнятною). В усякому разі організація пунктів приймання склотари, макулатури, металобрухту себе виправдовує, а на черзі – організація збирання металевих банок від пива та інших напоїв, полімерних пляшок, відпрацьованих батарейок, електронних блоків тощо. Вторинне сортування пов'язане, головним чином, із складністю виокремлення тих чи інших складових з загальної маси відходів: тут тільки чорні метали можна досить технологічно просто виокремлювати за допомогою спеціальних електромагнітів (причому ця процедура може бути цілком автоматизована), у той час як кольорові метали легко виявляти (після виокремлення чорних), але важче виокремлювати з загальної маси відходів. З іншими видами відходів поводитися ще важче. До того ж треба додати, що при такому виді сортування відокремленні матеріали, як правило, забрудненні іншими складовими ТПВ і потребують процедур очищення. Третинне сортування, яке виконується після спалення або газифікації ТПВ, як правило, не потребує процедур очищення від інших складових ТПВ, але пов'язане з процедурами сепарації в середині кожної фракції (часто необхідно виокремити ті, чи інші метали зі стопу, що утворюється, або відновити метали з окислів чи виокремити деякі «інертні» матеріали від тих, яки можна використати, наприклад, у якості будівельних тощо).

Аналіз світового досвіду, зокрема досвіду США, свідчить про позитивний тренд зростання обсягів утилізації у процедурах поводження з ТПВ: вже сьогодні до 28-30% ТПВ підлягають утилізації. Про ефективність утилізації свідчить такий факт: видобування алюмінію з брухту зберігає до 95% енергії, яку б було потрібно використати у разі виробництва цього металу з сировини, пластику – до 70% енергії, паперу – до 40%, не кажучи про те, що це забезпечує відповідну економію вихідної сировини. Завдання утилізації можуть бути успішно вирішені у першу чергу шляхом ефективного менеджменту, який повинен обов'язково передбачати такі кроки відповідно до видів сортування[4-5]:

- Аналіз структури ТПВ з урахуванням середнього відсотку кожного з компонентів ТПВ та відповідного стандартного відхилення, оцінки технічної можливості попереднього (первинне та вторинне сортування) виокремлення та кондиціонування тих, чи інших компонентів, їхнього складування та подальшого використання.
- Аналіз собівартості кожного з віртуально відокремлених під час первинного чи вторинного сортування компонентів (з урахуванням витрат енергії і інших ресурсів, вартості кондиціонування, збереження та транспортування, вартості функціонування структури відокремленого збирання компонентів, включаючи заходи до заохочення виробників відходів до такого збирання).
- Аналіз ефективності природоохоронних заходів у разі первинного та вторинного сортування відходів.
- Аналіз ризиків відхилення реальної структури ТПВ та собівартості сортування від прийнятих під час розрахунків з відповідним оцінюванням їхнього впливу на загальну ефективність утилізації.
- Аналіз ефективності третинного сортування.

Виходячи з зазначеного вище, можна сформулювати такі евристики поводження з ТПВ:

ЯКЩО {[(ТПВлсп**) АБО** (ТПВспео)**] І** (Rс<Rп) **}, ТО** (ПС),
ЯКЩО {[(ТПВлсв**) АБО** (ТПВсвео)**] І** (Rс<Rп) **}, ТО** (ВС),
ЯКЩО {[(ТПВвсп**) АБО** (ТПВспен)**] І** (Rс>Rп) **}, ТО** (ТС),
ЯКЩО [(ТПВвсп**) І** (ТПВспен) **І (**ТПВвсв**) І** (ТПВсвен)**] І** (Rс>Rп) **], ТО** (ЖС),

де (ТПВлсп) і (ТПВлсв) відповідно свідчать про технологічно легкі умови первинного та вторинного сортування ТПВ; (ТПВспео) і (ТПВсвео) свідчать про наявність відповідно умов економічно обґрунтованого первинного та вторинного сортування; умова (Rс<Rп) свідчить про те, що ризик, пов'язаний із сортуванням (Rс), повинен бути менше припустимого ризику для обраного типу ТПВ (Rп), а умова (Rс>Rп) стверджує, що має місце неприпустимий ризик; позначення (ТПВвсп), (ТПВвсв), (ТПВспен), (ТПВсвен) відповідають важким умовам первинного та вторинного сортування та, відповідно, економічній необґрунтованості первинного та вторинного сортування; ПС, ВС, ТС та ЖС відповідно означають імперативи на первинне, вторинне, третинне сортування, або заборону жодного сортування.

Висновки. Підхід, що пропонується, дозволить ще на стадії проектування об'єктів, призначених для поводження з ТПВ, передбачати заходи для мінімізації виробничих (експлуатаційних) ризиків, а також може гарантувати успішність процедур утилізації.

Література.

1. Закон України „Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року". Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, N 26, ст.218.

2. Державна Програма поводження з твердими побутовими відходами: Постанова Кабінету Міністрів України від 04.03.04 р., №265.

3. Абрамов А.В. Оценка эффективности рециклинга. – С-Пб.: Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России, 2009. – 150 с.

4. Єремєєв І.С. Проблема невизначеності під час моніторингу довкілля. Вісник Державної академії житлово-комунального господарства. -.: ДАЖКГ, 2009, №1,с 16-19.

5. Єремєєв І.С. Проблеми прийняття рішень в умовах невизначеності під час моніторингу довкілля. «Системний аналіз та інформаційні технології». Матеріали X міжнародної науково-технічної конференції. 20-24 травня 2008 року, Київ,с.187.

References.

1.The Verkhovna Rada of Ukraine (2011), The Law of Ukraine "On basic principles (strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine till 2020" available at: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2818-17 (Accessed 2010).

2. The Cabinet of Ministers of Ukraine (2004),The resolution "The State Programme of solid waste" available at: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-п. (Accessed 2004).

3. Abramov, A.V. (2009), *Ocenka jeffektivnosti reciklinga*. Sankt-Peterburgskij universitet gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii. Sankt-Peterburg, Russia.

4. Yeremeyev, I.S. (2009), "The problem of uncertainty during environmental monitoring", *Visnyk Derzhavnoi akademii zhytlovo-komunal'noho hospodarstva*, vol.1. pp.16-19.

5. Yeremeyev, I.S. (2008), "Decision making under uncertainty during environmental monitoring", Materialy X mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii [System Analysis and Information Technologies], Kyiv, Ukraine, pp.187.

Стаття надійшла до редакції 30.06.2015 р.

537 poligrafua 1365 PORT bigmir)net 1246 485
ТОВ "ДКС Центр"