

ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗВАЛИЩ ВІДХОДІВ

Ткачук К.К., Ополінський І.О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
вул. Борщагівська, 115/3, м. Київ, 03056, Україна
opolinskyi@gmail.com

За умов збільшення кількості відходів необхідним є прогнозування ступеня екологічної небезпеки від складування органічних відходів. Проведено визначення рівня екологічної небезпеки, що формується в результаті складування органічних відходів за фактором атмосферного повітря. Дослідження проведені на основі моделі розрахунку емісії біогазу Landfill Gas Emissions Model, методик ОНД-86 та ДСП 201-97. Допустимий рівень екологічної безпеки перевищений у полігонів із річною продуктивністю в 4000 т/рік. Для полігонів із більшою продуктивністю необхідним є впровадження технологій переробки органічних відходів для зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря до рівня 173,4 т/рік. Отримані залежності можуть бути використані для прогнозування рівня екологічної небезпеки звалищ відходів. *Ключові слова:* екологічна безпека, відходи, забруднюючі речовини, біомаса, сміттєзвалище.

Прогнозирование степени экологической опасности свалок отходов. Ткачук К.К., Ополинский И.О. В условиях увеличения количества отходов необходимо прогнозирование степени экологической опасности от складирования органических отходов. Проведено определение уровня экологической опасности, формируется в результате складирования отходов за фактором атмосферного воздуха. Исследования проведены на основе модели расчета эмиссии биогаза Landfill Gas Emissions Model, методик ОНД-86 и ДСП 201-97. Допустимый уровень экологической безопасности превышен у полигонов с годовой производительностью в 4000 т/год. Для полигонов с большей производительностью необходимо технологий переработки органических отходов для уменьшения выбросов, загрязняющих веществ в атмосферный воздух до уровня 173,4 т/год. Полученные зависимости могут быть использованы для прогнозирования уровня экологической опасности свалок отходов. *Ключевые слова:* экологическая безопасность, отходы, загрязняющие вещества, биомасса, свалка отходов.

Forecasting degree of environmental hazard of waste landfill. Tkachuk K., Opolinskyi I. In conditions of increasing the amount of waste, it is necessary to predict the degree of ecological danger from the storage of organic waste. The level of environmental hazard has been determined, formed as a result of the storage of waste by a factor of atmospheric air. The studies were carried out on the basis of the Landfill Gas Emissions Model for the production of biogas, the methods of OND-86 and DSP 201-97. The allowed level of environmental safety is exceeded at the landfills with an annual output of 4,000 tons per year. For landfills with greater productivity, technologies for processing organic waste are needed to reduce emissions of pollutants into the ambient air to the level of 173.4 tons per year. The obtained dependences can be used to predict the level of environmental hazard of waste dumps. *Key words:* ecological safety, waste, pollutants, biomass, landfill.

Нині у світі в атмосферу, водойми і ґрунт щорічно надходить більше 50 млрд тонн відходів енергетичних, промислових, сільськогосподарських виробництв і комунально-побутового сектора, зокрема від промислових підприємств – більш 150 млн тонн. У навколишнє середовище викидається близько 100 тис. хімічних речовин [1, 2].

Найпотужнішим джерелом викидів метану в атмосферу є звалища твердих побутових відходів (ТПВ). З усіх звалищ, розташованих на планеті, щорічно виділяється від 10 до 30 млрд м³ метану, що у сумарному потоці метану від усіх наземних джерел становить 4% [2].

Теоретичні основи екологічної безпеки, що є складовою частиною національної безпеки України, закладені у наукових роботах провідних науковців [3–7]. Засади управління екологічною безпекою закладено у роботах таких науковців, як В.М. Шмандій, Г.О. Білявський, О.І. Бондар, А.К. Запольський, В.Ю. Некос, В.Я. Шевчук та ін.

Відповідно до стратегії державної екологічної політики України на період до 2020 р. гострою при-

родоохоронною проблемою є поводження з відходами [8].

Перспективним методом утилізації органічних відходів є анаеробне зброджування, що дає змогу отримувати біогаз і усуває бактеріальне, хімічне забруднення ґрунту, води, повітря, що відбувається при складуванні відходів. Фундаментальні теоретико-методичні, прикладні та технічні аспекти виробництва біогазу представлені в працях таких науковців, як Л.І. Гюнтер [9], В. Баадер [10], Г.Г. Гелетуха [11], В.В. Джеджула [12] та ін.

Нерозкритими в попередніх дослідженнях залишаються питання прогнозування рівня екологічної небезпеки (ЕН) полігонів відходів з урахуванням фактору атмосферного повітря та продуктивності сміттєзвалищ.

Метою роботи є прогнозування ступеня екологічної небезпеки, що формується в результаті складування органічних відходів.

Відповідно до класифікації [13], всі методи оцінки стану ЕН розподіляються на два типи: інте-

гральні та диференційні. Диференційні методи основані на лабораторних дослідженнях та порівнянні отриманих результатів з екологічними та санітарно-гігієнічними вимогами. Щодо впливу складування органічних відходів на ЕН земельних угідь, то вони виражаються найбільше в опосередкованому впливі на якісні показники атмосферного повітря (концентрації: метану, оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю, діоксиду азоту тощо).

Інтегральні методи поділяються на два класи: розрахункові (що характеризується кількісними показниками) та біоіндикація.

Індексні методи інтегральної оцінки стану ЕН зводяться до встановлення індексу у вигляді конкретного виду функції, значення якої може змінюватись в певних межах і в яку входять показники стану окремих компонент довкілля (гідросфери, атмосфери та літосфери). Такий показник претендує на комплексну оцінку стану ЕН регіону, промислового чи іншого об'єкта.

Індексна інтегральна оцінка стану ЕН має суттєвий недолік – внаслідок індивідуального вибору кожним дослідником виду функції, яка б (за переконанням цього дослідника) адекватно описувала стан ЕН через його диференціальні показники, індексні методи оцінки є суб'єктивними, функцію залежності між комплексними розрахунковими оцінками стану ЕН, введених різними дослідниками, знайти важко, а здебільшого і неможливо. Для випадку оцінки впливу складування органічних відходів індексна інтегральна оцінка стану ЕН ускладнена, оскільки вирізнити їх вплив на окремі якісні характеристики компонент довкілля у кількісних показниках неможливо. Тому для досліджуваного випадку індексна інтегральна оцінка стану ЕН не може бути застосована [14].

Впливу рівня ЕН на здоров'я населення також присвячена значна кількість досліджень. Нині відсутня інформація, яка б пов'язувала динаміку емісії забруднюючих речовин звалищ відходів із захворюванням людей, тому виконувати такий аналіз для органічних відходів не видається можливим.

Динаміку зміни якісного та кількісного стану фауни та флори в певному регіоні дослідники часто пов'язують із впливом антропогенної діяльності – формуванням ЕН внаслідок забруднення довкілля. Оскільки відсутня інформація щодо кількісного зв'язку між об'ємами органічних відходів та динамікою життєдіяльності флори та фауни, то і цей показник має якісний, а не кількісний характер [14].

Отже, з наведеної інформації випливає, що єдиним способом кількісної оцінки ЕН від складування органічних відходів є диференційні методи оцінки опосередкованого впливу на довкілля за фактором атмосферного повітря. Якісними показниками щодо місць складування органічних відходів є викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Визначення кількості біогазу, що утворюється в результаті складування відходів проведена, за допомо-

гою загальноприйнятої моделі розрахунку Агентства захисту навколишнього середовища США (United States Environmental Protection Agency) Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 [15].

Розрахунок викидів забруднюючих речовин місця складування відходів провадився на програмному комплексі ЕОЛ 2000 [h] згідно з методикою ОНД–86 [16]. Ця методика дає змогу виконувати розрахунки розсіювання забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу з урахуванням впливу рельєфу місцевості, визначати граничні концентрації забруднюючих речовин у двометровому шарі над поверхнею землі, а також вертикальний розподіл концентрацій. Ступінь забруднення атмосферного повітря визначався найбільшим розрахунковим значенням концентрації забруднюючої речовини, розрахованим для максимальної швидкості вітру.

На рисунку 1 продемонстровано карту розсіювання групи сумарції № 4 (Аміак, Сірководень [H₂S], Формальдегід) при складуванні органічних відходів із продуктивністю 100 000 т/рік.

З рисунку 1 видно, що при заданій продуктивності кратність перевищення максимальної приземної концентрації становить 11,4 частки ГДК.

Оцінку ступеня ЕН місць розміщення органічних відходів проведено відповідно до ДСП 201-97. «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)», де оцінка фактичного або прогнозного (розрахункового) рівня забруднення атмосферного повітря проводиться шляхом зіставлення показника забруднення (ПЗ) однією речовиною або сумарного показника забруднення (Е ПЗ) сумішшю речовин із показником гранично допустимого забруднення (ГДЗ).

Показник фактичного або прогнозного забруднення атмосферного повітря однією речовиною розраховується за формулою (1):

$$ПЗ = \frac{C}{ГДК} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де ПЗ – показник забруднення; С – фактична або прогнозна концентрація конкретної речовини, мг/м³; ГДК – значення гранично допустимої концентрації цієї речовини, мг/м³.

Сумарний показник забруднення (Е ПЗ) сумішшю речовин розраховується за формулою (2):

$$Е ПЗ = \sum_{i=1}^K \frac{C_i}{ГДК_i \cdot K_i} + \frac{C_2}{ГДК_2 \cdot K_2} + \dots + \frac{C_K}{ГДК_K \cdot K_K} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де Е ПЗ – сумарний показник забруднення, %; Σ – знак суми; С_к – значення фактичних або прогнозних концентрацій речовин, що входять до складу суміші, мг/м³; ГДК_к – значення гранично допустимих концентрацій відповідних забруднюючих речовин, що входять до складу суміші, мг/м³; К_к – значення коефіцієнтів, які враховують клас небезпечності відповідної речовини: для речовин 1-го класу – 0,8; 2-го класу – 0,9; 3-го класу – 1,0; 4-го класу – 1,1.

Для характеристики забруднення атмосферного повітря на основі розрахункових даних використовуються максимальні разові концентрації, одержані для конкретної території населеного пункту при розрахунках розсіювання викидів.

Оцінка забруднення атмосферного повітря проводилася з урахуванням кратності перевищення показників забруднення (ПЗ) їх нормативного значення

(ГДЗ) і включала визначення рівня забруднення (допустимий, недопустимий) та ступеню його небезпечності (безпечний слабо небезпечний, помірно небезпечний, небезпечний, дуже небезпечний) згідно з таблицею 1.

На основі таблиці 1 проведений порівняльний аналіз стану ЕН складування органічних відходів із застосуванням анаеробного зброджування та без нього. Визначені основні значення складування

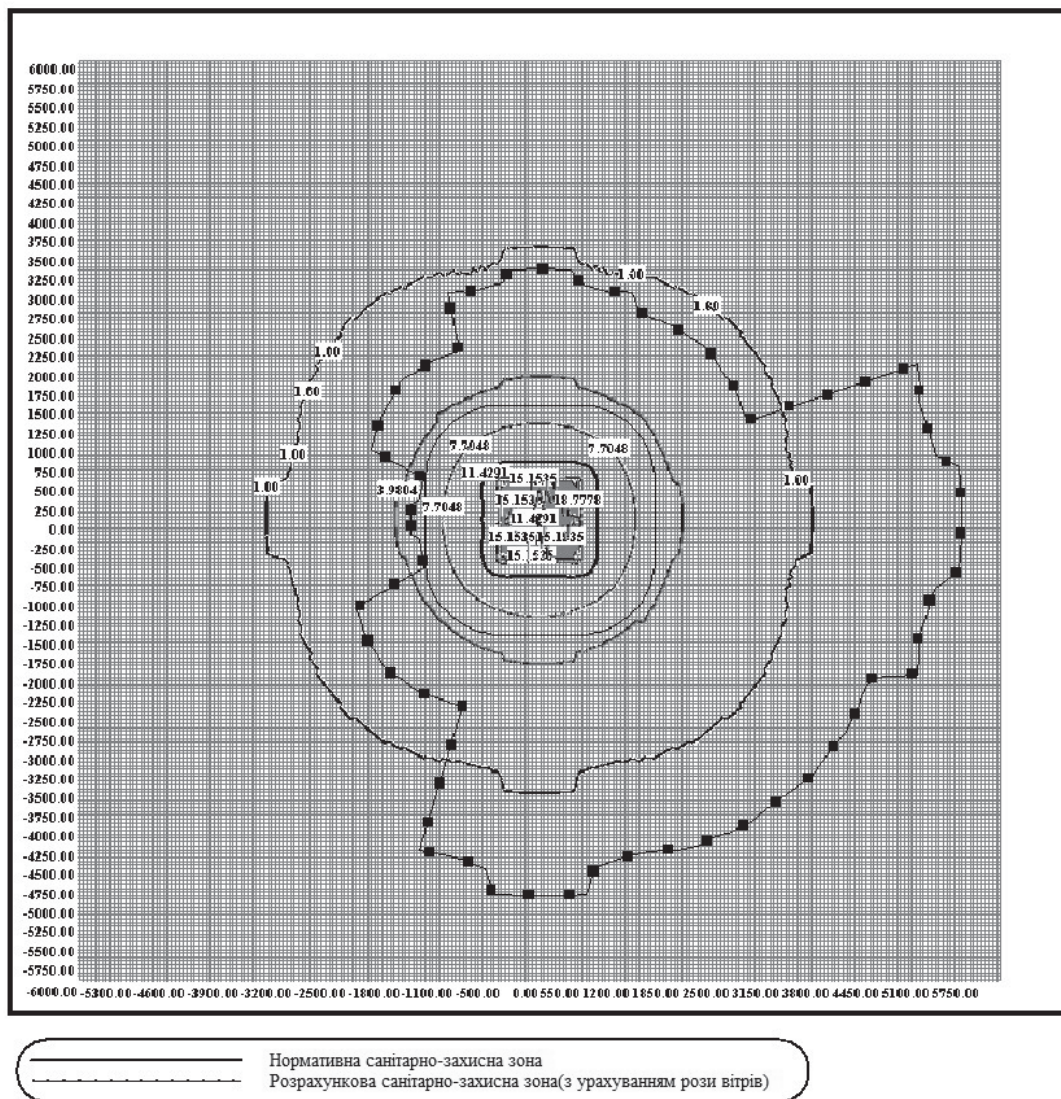


Рис. 1. Результати розрахунку розсіювання діоксиду азоту від складування органічних відходів на програмному комплексі ЕОЛ 2000 [h] згідно з методикою ОНД-86

Таблиця 1

Оцінка забруднення атмосферного повітря

Рівень забруднення	Ступінь небезпечності	Кратність перевищення ГДЗ
Допустимий	Безпечний	< 1
Недопустимий	Слабо небезпечний	> 1–2
Недопустимий	Помірно небезпечний	> 2–4,4
Недопустимий	Небезпечний	> 4,4–8
Недопустимий	Дуже небезпечний	> 8

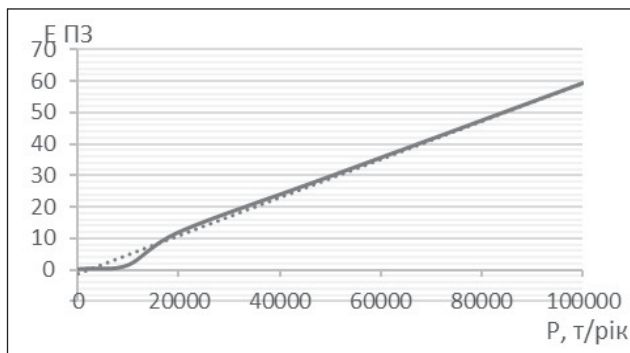


Рис. 2. Залежність рівня екологічної небезпеки (Е ПЗ) від річної кількості відходів (Р, т/рік)

органічних відходів, при яких рівень екологічної безпеки (за фактором забруднення атмосферного повітря) є допустимим.

На основі отриманих результатів побудуємо апроксимаційну залежність рівня екологічної небезпеки (Е ПЗ) від річної кількості відходів (Р, т/рік) (рис. 2).

Лінійну залежність із рис. 2 можна описати рівнянням:

$$E_{ПЗ} = 0,0006 \cdot P - 1,3935, \quad (3)$$

для якого коефіцієнт детермінації (R²) дорівнює 0,96.

Отримане рівняння (3) можна використовувати для прогнозування ступеня екологічної небезпеки від складування органічних відходів. Допустимий рівень екологічної безпеки (менше або дорівнює 1) перевищений у полігонів із річною продуктивністю в 4000 т/рік та більше.

Відповідно до ДСП-173-96 «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів», згідно з додатком № 4, відстань від полігонів ТПВ до меж ділянок дитячих дошкільних закладів, загальноосвітніх шкіл, шкіл-інтернатів, лікувально-профілактичних закладів, до стін житлових та інших громадських будівель і споруд, дитячих ігрових майданчиків і місць відпочинку населення варто приймати за розрахунком забруднення атмосферного повітря шкідливими викидами, але не менше 500 м.

Використання методу анаеробного зброджування дає змогу підвищити рівень екологічної безпеки експлуатувати звалища органічних відходів, за якого сумарний показник забруднення не перевищуватиме одиниці та буде відповідати «безпечному» ступеню екологічної безпеки.

Головні висновки. Проведений аналіз екологічної небезпеки, що формується в результаті складування відходів за фактором атмосферного повітря. Отримано залежність, що дає змогу прогнозувати рівень екологічної небезпеки від річної кількості відходів, що складається на полігонах.

Допустимий рівень екологічної безпеки перевищений у полігонів із річною продуктивністю в 4000 т/рік та більше. Для полігонів із більшою продуктивністю необхідним є впровадження технологій переробки органічних відходів для зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на деталізацію методів оцінки рівня екологічної безпеки з урахуванням впровадження нових технологій отримання біогазу з різних видів органічних відходів.

Література

1. Васюкова Г.Т. Екологія / Г.Т. Васюкова, О.І. Ярошева. К.: Кондор, 2009. 524 с.
2. Отходы в графиках и диаграммах – 3.0. Секретариат Базельской конвенции, 2015. 48 с.
3. Реймерс Н.Ф. / Экология (теория, законы, правила, принципы, гипотезы). М.: Россия молодая, 1994. 367 с.
4. Шевчук В.Я. Екологічне управління / Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Білявський Г.О. та ін. К.: Либідь, 2004. 432 с.
5. Шмандій В.М. Екологічна безпека – одна з основних складових національної безпеки держави / В.М. Шмандій, О.В. Шмандій. Екологічна безпека. 2008. Вип. 1. С. 9-15.
6. Дорогунцов С.И. Управление техногенно-экологической безопасностью в контексте парадигмы устойчивого развития: концепция системно-динамического решения / С.И. Дорогунцов, А.Н. Ральчук. К.: Наукова думка, 2002. 200 с.
7. Биченок М.М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні. / М.М.Биченок, О.М.Трофімчук. К.: УІНСіР, 2002. 179 с.
8. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року». Відомості Верховної Ради України. 2011. № 26. 218 с.
9. Гюнтер Л.И. Метантенки / Л.И. Гюнтер, Л.Л. Гольдфарб. М.: Стройиздат, 1991. 128 с.
10. Баадер В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Брайндерфер. Москва: Колос. 1982. 148 с.
11. Анализ необходимости применения в Украине «зеленого» тарифа на электроэнергию, вырабатываемую из биогаза / Г.Г. Гелетука, Ю.Б. Матвеев, П.П. Кучерук та ін. // Пром. теплотехника. – 2011. – С. 75–82.
12. Джеджула В.В. Особливості впровадження та реалізації організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності промислових підприємств. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Технічний прогрес та ефективність виробництва. 2013. № 45. С. 36–41.
13. Мальований М.С. Аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної небезпеки / М.С. Мальований, В.М. Шмандій, О.В. Харламова, Л.І. Челядин, Г.В. Сакалова. Екологічна безпека. 2013. № 1 (15). С. 37–44.
14. Синельников О.Д. Забезпечення екологічної безпеки водосховищ шляхом використання мікрроводоростей для виробництва енергоносіїв: дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01. Львів, 2016. С. 53–64.
15. Gendebien A. Landfill gas / A. Gendebien and others. Commission of the European Communities. Brussels. 1992. 865 p.
16. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Госкомгидромет. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 93 с.