

К. Б. УТКІНА¹, канд. геогр. наук, доц., М. І. КУЛИК¹, канд. техн. наук, доц.,
О. С. ГОТВЯНСЬКА²

¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

пл. Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

²ТОВ «Екологічно-правовий центр «ВЕЛС»

вул. Ковпака, 39, м. Полтава, 36007, Україна

e-mail: ecointernational@karazin.ua
m.kulyk@karazin.ua
center.wealth@ukr.net

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0632-1273>
<https://orcid.org/0000-0002-0605-9367>

ОЦІНКА ВПЛИВУ ГОРІННЯ НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ЗВАЛИЩА ВІДХОДІВ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Мета. Визначити вплив на стан атмосферного повітря та виконати розрахунок екологічних ризиків від займання несанкціонованого звалища відходів.

Методи. Польові, лабораторні, аналітична обробка даних.

Результати. В результаті дослідження виявлено, що при горінні ТПВ основними забруднювачами є азоту діоксид, оксид вуглецю, сірчистий ангідрид, сажа та недиференційований за складом пил. В точці викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря ГДК цих речовин значно перевищують допустимі. Зокрема ГДК азоту діоксиду було перевищено в 45 разів, оксиду вуглецю – в 22 рази, сажі в 210 разів, сірчистого ангідриду – в 40,8 разів, ГДК недиференційованого за складом пилу перевищено в 120 разів. Результати викидів забруднюючих речовин отриманих емпіричним шляхом значно відрізняються від отриманих розрахунковим шляхом за діючою методикою. За недиференційованим за складом пилу результати натурних замірів перевищують розрахункові в 73,2 рази, за сірчистим ангідридом – в 10,4 рази, за діоксидом азоту – в 3,5 рази, за оксидом вуглецю – в 6,7 разів, за сажею – в 76,8 раз. Розрахунок розсіювання забруднювачів за допомогою програми ЕОЛ+ показав, що при горінні ТПВ на звалищі на межі житлової забудови спостерігатиметься перевищення значень ГДК за трьома речовинами. Виконано розрахунок ризику для населення.

Висновки. Розрахунками ризиків для населення встановлено, що вплив канцерогенних та неканцерогенних речовин є мінімальним, тобто прийнятним. Загальний ризик на протязі життя також являється мінімальним (прийнятним). Несанкціоноване звалище, безумовно, підлягає ліквідації з подальшим відновленням пошкоджених компонентів навколишнього середовища.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: тверді побутові відходи, суха трава, горіння, шкідливі викиди, забруднення атмосферного повітря, канцерогенний, неканцерогенний, загальний ризик

Utkina K. B.¹, Kulyk M. I.¹, Gotvyanskaya O. S.²

¹V. N. Karazin Kharkiv National University, 6, Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine

²Environmental-Legislation Center WELS, Kovpaka, Str., 39, Poltava, 36007, Ukraine

ASSESSMENT OF THE IMPACT ON ATMOSPHERIC AIR QUALITY DUE TO BURNING OF ILLEGAL LANDFILLS

Purpose. To assess the impact on the atmospheric air quality and to calculate environmental risks due to burning of illegal landfills.

Methods. Field and laboratory methods and analytical data processing.

Results. The research has shown that the main pollutants in the combustion of solid waste are nitrogen dioxin, carbon monoxide, sulfur dioxide, soot, and undifferentiated dust. At the point of emission of pollutants into the atmosphere, the maximum concentration limits of these substances significantly exceed the max allowable ones. In particular, the MAC of NO₂ was exceeded in 45 times, CO – in 22 times, soot - in 210 times, SO₂ – in 40.8 times, the MAC of undifferentiated dust was exceeded in 120 times. The results of pollutant emissions obtained empirically were significantly differ from those calculated by using the existing methodology. For undifferentiated dust, the results of field measurements exceed the calculated in 73.2 times, for sulfur dioxide –

in 10.4 times, for nitrogen dioxide – in 3.5 times, for carbon monoxide - in 6.7 times, for soot - in 76.8 times. The calculation of pollutant scattering using the EOL + program showed that the combustion of solid waste in a landfill on the border of residential area will exceed the maximum concentration limits for three substances. The calculation of risks for the population was performed.

Conclusions. Risk calculations for the population has showed that the impact of carcinogenic and non-carcinogenic substances is minimal, i.e. acceptable. The overall risk over a lifetime is also minimal (acceptable). Unauthorized landfill, of course, must be removed with the subsequent restoration of damaged components of the environment.

KEY WORDS: solid municipal waste, dry grass, solid waste combustion, harmful emissions, air pollution, carcinogenic, non-carcinogenic, overall risk

Уткина Е. Б.¹, Кулик М. И.¹, Готвянская О. С.²

¹Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, пл. Свободы, 6, г. Харьков, 61022, Украина

²ООО «Экологически-правовой центр «ВЭЛС», ул. Ковпака, 39, г. Полтава, 36007, Украина

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГОРЕНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК ОТХОДОВ НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Цель. Определить влияние на состояние атмосферного воздуха и рассчитать экологические риски от возгорания несанкционированной свалки отходов.

Методы. Полевые, лабораторные, аналитическая обработка данных.

Результаты. В результате исследования выявлено, что при горении ТБО основными загрязнителями являются диоксид азота, оксид углерода, сернистый ангидрид, сажа, и недифференцированная по составу пыль. В точке выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух ПДК этих веществ значительно превышают допустимые. В частности ПДК NO₂ было превышено в 45 раз, СО в 22 раза, сажи в 210 раз, SO₂ в 40,8 раз, ПДК недифференцированной по составу пыли превышен в 120 раз. Результаты выбросов загрязняющих веществ полученных эмпирическим путем значительно отличаются от полученных расчетным путем по действующей методике. По недифференцированной по составу пыли результаты натурных замеров превышают расчетные в 73,2 раза, по сернистому ангидриду - в 10,4 раза, по диоксиду азота - в 3,5 раза, по оксиду углерода - в 6,7 раз, по саже - в 76,8 раз. Расчет рассеивания загрязняющих веществ с помощью программы ЕОЛ + показал, что при горении ТБО на свалке на границе жилищной застройки будет наблюдаться превышение значений ПДК по трем веществам. Выполнен расчет риска для населения.

Выводы. Расчетами рисков для населения установлено, что влияние канцерогенных и неканцерогенных веществ является минимальным, то есть приемлемым. Общий риск в течение жизни также является минимальным (приемлемым). Несанкционированная свалка, безусловно, подлежит ликвидации с последующим восстановлением поврежденных компонентов окружающей среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: твердые бытовые отходы, сухая трава, горение ТБО, вредные выбросы, загрязнение атмосферного воздуха, канцерогенный, неканцерогенный, общий риск

Вступ

Проблема утворення та накопичення твердих побутових відходів (ТПВ) із кожним роком стає все більш нагальною. Для її вирішення робляться певні кроки: так на регіональному та національному рівнях вже підготовлені та ухвалені Стратегія поводження з відходами до 2030 року [1], регіональні програми поводження з ТПВ, наприклад [2, 3], ініціюються проекти поводження з відходами. Останнім часом також приділяється певна увага несанкціонованим звалищам: так Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України започатковано проект інтерактивної мапи [4], куди свідомі громадяни можуть розмістити інформацію щодо звалища, а потім відслідкувати усі етапи його ліквідації.

Оскільки і досі не проведено інвентаризації несанкціонованих звалищ відходів, складно робити обґрунтовані висновки щодо загальної площі та кількості звалищ. З метою вивчення даної проблеми в рамках першого етапу дослідження у 2016-2017 році на прикладі с. Чепелі Золочівського району Харківської обл. (кількість населення – біля 350 осіб) нами була проведена інвентаризація та виявлено 7 звалищ ТПВ загальною площею 4124 м², що становить приблизно 2 % від загальної площі села. Середній вік звалищ становив 45 років. Тож враховуючи дані для такого невеликого населеного пункту, в цілому для України, нескладно уявити масштаби цієї проблеми [5].

Як відомо, однією із головних проблем звалищ відходів є їх горіння та самозаймання, яке

є результатом підвищення температури у тілі звалища внаслідок певних хімічних реакцій, і дуже часто трапляється у літній період. Основними чинниками самозаймання є висока температура повітря, велика щільність відходів та вміст у складі ТПВ горючих складових, також іноді причиною займання може стати необережна поведінка жителів населених пунктів.

Українські вчені вивчають вплив полігонів відходів на стан навколишнього середовища, до таких робіт можна віднести [6-8]. Проте дослідження пожеж на несанкціонованих звалищах та результатів горіння таких звалищ виконуються у незначних обсягах. Зокрема, до

таких робіт можна віднести [9-16], в них розглядаються різні аспекти причин самозаймання відходів, теплового режиму процесу горіння, морфологічному складу утворених газів, екологічному ризику тощо.

Слід зазначити, що більшість досліджень проводяться та сфокусовані на полігонах ТПВ, проте немає робіт, які б розглядали проблему екологічного ризику від горіння несанкціонованих звалищ відходів, яких в Україні сотні тисяч.

Мета дослідження – визначення впливу на стан атмосферного повітря та розрахунок екологічних ризиків від горіння несанкціонованого звалища відходів.

Методи дослідження

Дослідження несанкціонованих звалищ проводилися у дві стадії. На першому етапі проведено аналіз із утворенням та накопиченням ТПВ у селі Чепелі Золочівського району Харківської області, а також проведено інвентаризацію несанкціонованих звалищ: описано 7 звалищ, досліджено їх місце розташування, площа, обсяги відходів та морфологічний склад.

Дослідження в межах другої стадії проводилися протягом 2017-2019 рр. в одному із обраних несанкціонованих звалищ ТПВ в селі Чепелі Золочівського району Харківської області, так як воно знаходиться в балці, та зі всіх сторін заросло травою, яка в період самого жаркого періоду року (серпень) є сухостоєм та завжди горить разом зі звалищем. Навкруги села знаходиться ліс, де облаштовані місця для відпочинку, а також присадибні та садові ділянки. Авторам було цікаво оцінити вплив від самозаймання не тільки самого звалища, але й сухостою.

Етапи дослідження:

Етап 1 – визначення найбільш репрезентативного несанкціонованого звалища, враховуючи обсяги, місцезнаходження та морфологічний склад. Відбір зразків ТПВ.

Етап 2 – експериментальна частина: спалювання ТПВ, відбір проб для подальшого вимірювання вмісту шкідливих речовин в димових газах.

Етап 3 – аналітична частина: оцінка ступеню впливу шкідливих речовин та оцінка концентрації цих речовин на межі житлової забудови. Визначення ризику канцерогенних та неканцерогенних ефектів. Формулювання висновків.

Загальна характеристика несанкціонованого звалища ТПВ [5]: площа – 960 м², обсяг ТПВ – 1440 м³, морфологічний склад:

пластик – 40 %, органіка – 15 %, скло – 15 %, гума – 10 %, текстиль та шкіра – 10 %, кераміка – 9 %, небезпечні відходи – 1 %. Приблизний вік – 45 років. Відстань до житлової забудови – 50 м.

Експериментальне дослідження проводилось у три кроки.

Крок 1 – відбір зразків. Для оцінки впливу горіння звалища та трави, яка росте навколо нього, на атмосферне повітря відібрані зразки ТПВ методом конверту, у розмірі, приблизно, 1 м³ та зразки сухої трави, також у розмірі 1 м³ [17].

Крок 2 – експериментальна частина. При спалюванні ТПВ проводились виміри шкідливих викидів в димових газах таких речовин: азоту діоксид, оксид вуглецю, сірчистий ангідрид, сажа, недиференційований за складом пилю, заліза оксид (у перерахунку на залізо, хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому), нікелю оксид (у перерахунку на нікель), кадмію оксид (у перерахунку на кадмій), кобальту оксид, цинку оксид (у перерахунку на цинк), свинець та його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець).

При спалюванні сухостою проводились виміри сажі та недиференційованого за складом пилю.

Експеримент із спалювання проводився на спеціально підготовленому майданчику – на бетонованій ділянці, яка знаходиться поблизу звалища. Дане місце було обране щоб не допустити загоряння прилеглих територій, термічного пошкодження ґрунту та подальшого просочування продуктів горіння в ґрунт. Перед проведенням дослідження, щоб запобігти займанню прилеглих до ділянки територій, місце було очищене від сухостою. Спеціально підготовлена ділянка та відходи, які спалювалися, показані на рисунку. Як можна побачити



Рис. 1 – Спеціально підготовлена ділянка для спалювання ТПВ

морфологічний склад спалюваних відходів відповідає усередненому складу відходів на несанкціонованому звалищі.

Концентрації азоту діоксиду, оксид вуглецю та сірчистого ангідриду вимірювались за допомогою газоаналізатору ОКСИ 5М, який призначений для вимірювань об'ємної концентрації кисню, оксид вуглецю, оксид азоту, азоту діоксин та сірчистий ангідрид в димових газах і в повітрі, температури димових газів а також для отримання розрахунковим шляхом концентрації діоксиду вуглецю [18]. За допомогою електроаспіратора ASA-4М були відібрані проби димових газів, які містили сажу та пил при спалюванні зразків ТПВ та сухої трави [19]. Всі проби були відібрані з підвітряної сторони. Відібрані проби в подальшому, в лабораторних умовах, були проаналізовані на вміст в них важких металів. Зразки проаналізовано у навчально-дослідній лабораторії аналітичних екологічних досліджень ХНУ імені В. Н. Каразіна. Для оцінки токсичності викидів були вираховані концентрації важких металів. Важкі метали були визначені за допомогою атомно-абсорбційного методу [20, 21].

Крок 3 – аналітична частина. Для оцінки ступеню впливу шкідливих речовин та оцінки концентрацій цих речовин на межі житлової забудови було використано *електронну програму EOЛ+* [22]. За її допомогою був проведений

розрахунок розсіювання забруднюючих речовин (ЗР) в приземному шарі атмосфери з урахуванням метеорологічних умов даної місцевості та фонових концентрацій, за даними місцевої гідрометеорологічної служби.

Підчас проведення роботи також було порівняно емпіричні дані із розрахунковими, отриманими відповідно до методики [23], це було зроблено для оцінки її ефективності та можливості використання у подальшому.

Для проведення дослідження впливу горіння звалищ відходів на довкілля нами була використана методика «*Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря*» [17]. Методика включає в себе порядок дій та розрахункові формули, які дають змогу розрахувати та надати оцінку ризику небезпечних екологічних об'єктів для здоров'я населення. Відповідно до [17] було розраховано оцінку ризику канцерогенного та не канцерогенного впливу на здоров'я населення.

Методика [17] на сьогодні являє собою один із найбільш ефективних та оптимальним, з точки зору затраченого часу та ресурсів, підходів до встановлення зв'язку між станом навколишнього природного середовища та здоров'ям населення в певному регіоні чи місті.

Результати дослідження

При проведенні експериментального етапу визначено концентрації забруднюючих речовин у викидах димових газів, що утворилися під час горіння зразків ТПВ та під час спалювання сухої трави. Результати наведені у табл.1.

Отже, як видно, основними забруднюючими речовинами при горінні ТПВ є азоту діоксин, оксид вуглецю, сірчистий ангідрид, сажа та недиференційований за складом пил. Дослідження показали, що в точці згоряння, викиди забруднюючих речовин в атмосферне значно перевищують допустимі. ГДК діоксид азоту було перевищено в 45 разів, оксиду вуглецю – в 22 рази, ангідриду сірчистого – в 40,8 разів, ГДК недиференційованого за складом пилу перевищено в 120 разів.

В Україні є Методика [23], яка дає змогу розрахувати викиди ЗР від горіння ТПВ. Розрахунок проводиться за формулою:

$$Mi = M \times V \times q, \quad (1)$$

де Mi – викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від згорання ТПВ, т; M – розрахункова насипна маса твердих побутових відходів (приймається рівною $0,25 \text{ т/м}^3$); V – об'єм згорівших твердих побутових відходів, м^3 ; q – питоми викиди забруднюючих речовин т/т, згорівших ТПВ.

Для оцінки можливості використання у подальшому даної методики розраховано викиди ЗР та отримані результати порівняно з емпіричними даними, отриманими в ході проведення експерименту. Результати наведено у таблиці 2.

Таблиця 1

Концентрації забруднюючих речовин у викидах димових газів, що утворилися під час спалювання зразків ТПВ і сухої трави та відповідні ГДК

№ п/п	Назва забруднюючої речовини	Фактичні концентрації ЗР, мг/м^3	Гранично допустима концентрація, мг/м^3 [24]		Клас небезпеки
			максимально разова	середньодобова	
Експеримент 1 - спалювання зразків ТПВ					
1	Азоту діоксид	9	0,2	0,04	3
2	Вуглецю оксид	110	5	3	4
3	Ангідрид сірчистий	20,4	0,5	0,05	3
4	Сажа	31,5	0,15	0,05	3
5	Недиференційований за складом пил	60	0,5	0,15	3
6	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,00000160	0,0015	0,0015	1
7	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,0000002	-	0,001	2
8	Кобальту оксид	0,0000000312	-	0,001	2
9	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00000046	-	0,0003	1
10	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,00000105	0,001	0,0003	1
11	Заліза оксид (у перерахунку на залізо)	0,0000004	-	0,04	3
12	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,00000008	-	0,05	3
Експеримент 2 - спалювання зразків сухої трави					
1	Сажа	21,5	0,15	0,05	3
2	Недиференційований з а складом пил	28	0,5	0,15	3

Таблиця 2

Результати розрахунку викидів забруднюючих речовин розраховані згідно методики та результати емпіричних досліджень

№ з/п	Назва забруднюючої речовини	Розрахунок за методикою [23], т	Емпіричне дослідження, т
1	Недиференційований за складом пил	0,315	23,04433
2	Сірчистий ангідрид	0,756	7,83507
3	Діоксид азоту	1,26	3,45665
4	Оксид вуглецю	6,3	42,24794
5	Сажа	0,1575	12,09827

Як видно з таблиці, дані отримані від результатів реальних досліджень значно відрізняються від отриманих розрахунковим методом. При чому різниця дуже велика, за недиференційованим за складом пилю результати натурних замірів перевищують в 73,2 рази дані, що розраховані за методикою [23], по сірчистому ангідриду перевищені в 10,4 рази, за діоксидом азоту в 3,5 рази, за оксидом вуглецю в 6,7 разів, за сажею перевищують в 76,8 раз.

Така різниця може виникати з багатьох причин. По-перше, Методика [23] вже застаріла, оскільки пройшло вже більше 20 років із дати її публікації. По-друге, вираховані валові викиди запропоновані в Методичці [23] не перевірені реальними дослідженнями, а вираховані також розрахунковим методом. По-третє, велика різниця між морфологічним складом ТПВ, який був більше 20 років тому, та складом ТПВ на даний час. По-четверте, склад ТПВ міських полігонів, де присутня волога органіка та морфологічним складом сільських звалищ, в яких переважає пластик, гума а органікою здебільшого є гілки дерев, це й обумовлює велику кількість пилю та сажі у зразках проведених нами дослідженнях. Тож можна сказати, що необхідно провести серію додаткових досліджень, і у разі підтвердження великої різниці між розрахунковими та експериментальними даними, доцільним буде ініціювати перегляд методики.

За даними, отриманими в результаті дослідження, проведено розрахунок розсіювання в атмосфері ЗР в точці горіння ТПВ та на кожних 50 метрах від джерела забруднення по всім напрямкам рози вітрів. Розрахунки розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на ЕОЛ+ проводились з метою визначення зони впливу даного звалища на оточуюче середовище та прилеглу житлову забудову. Аналіз результатів розрахунків забруднення повітряного басейну викидами горіння ТПВ показав, що перевищення санітарних норм на межі житлової забудови, з

урахуванням фону відсутнє за всіма забруднюючими речовинами окрім 31 групи сумачії на 0,47 одиниць від 0,8 ГДК, також за сірчистим ангідридом та 27 групі сумачії на 0,15 ГДК від 0,8 ГДК, що не задовольняє санітарно-екологічні вимоги.

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів

Для оцінки екологічного ризику використана методика «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» [17]. Ризик розвитку неканцерогенних ефектів визначається шляхом розрахунків індексу небезпеки (НІ) за формулою (2):

$$HI = \sum HQ_i, \quad (2)$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих речовин, які визначаються за формулою (3):

$$HQ_i = \frac{C_i}{Ff \times C_i} \quad (3)$$

де $HQ_i = 1$ – гранична величина допустимого ризику; C_i – розрахункова середньорічна концентрація i -ї речовини на межі житлової забудови, mg/m^3 ; $Ff \times C_i$ – референтна (безпечна) концентрація i - речовини, mg/m^3 .

Розрахункові середньорічні концентрації на межі найближчої житлової забудови визначаються за формулою (4):

$$C = \frac{M}{T_{рік}} \times T_{оберт} \times k, \quad (4)$$

де C – розрахункові середньорічні концентрації на межі найближчої житлової забудови, mg/m^3 ; M – максимальна приземна концентрація на межі найближчих житлових будинків за програмою ЕОЛ+, mg/m^3 ; $T_{рік}$ – число річних годин = 8760; $T_{оберт}$ – річний термін горіння звалища = 360 годин; k – річний коефіцієнт викиду максимальної концентрації i -го інгредієнта = 0,041.

Отримані результати розрахунку середньорічних концентрацій на межі найближчого житлової забудови, коефіцієнту небезпеки представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати розрахунку середньорічних концентрацій (C , $\text{мг}/\text{м}^3$) на межі найближчого житлової забудови та коефіцієнту небезпеки (НҚ)

№ з/п	Назва забруднюючої речовини	Середньорічна концентрація, $\text{мг}/\text{м}^3$	Коефіцієнт небезпеки
1	Азоту діоксид	0,00004	0,001
2	Ангідрид сірчистий	0,0008	0,01
3	Вуглецю оксид	0,00042	0,000084
4	Сажа	0,00012	0,0008
5	Недиференційований за складом пил	0,00029	0,0002
6	Кадмій	0,00000000000014	0,000000007
7	Нікель	0,00000000000006	0,0000000000007
8	Свинець	0,00000000000032	0,00000000008
9	Хром	0,00000000000049	0,000000049
10	Цинк	0,00000000000025	0,00000000027
11	Кобальт	0,000000000000094	0,00000000188

Оцінка неканцерогенного ризику здійснюється відповідно до класифікації, запропонованої у [17].

Таким чином, розрахований індекс небезпеки становить 0,0120840565387. Оскільки значення індексу небезпеки < 1 на межі селитебної зони, звідси, ризик розвитку неканцерогенних ефектів вкрай малий.

Ризик розвитку індивідуальних канцерогенних ефектів. Із визначених забруднюючих речовин тільки кадмій, нікель та свинець входять до списку речовин, яким властива канцерогенна дія згідно [22]. Тож для них було розраховано ризик розвитку індивідуальних канцерогенних ефектів ($C_i R_i$) відповідно до формули (5):

$$C_i R_i = C_i \times UR_i, \quad (5)$$

де $C_i R_i$ – ризик розвитку індивідуальних канцерогенних ефектів; C_i – розрахована середньорічна концентрація i - речовини на межі житлової забудови, $\text{мг}/\text{м}^3$; UR_i – одиничний канцерогенний ризик i - речовини, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Одиничний канцерогенний ризик i -тої речовини розраховується за формулою (6).

$$UR_i = SF_i^{-1} \times \frac{1}{70} \times 20, \quad (6)$$

де UR_i – одиничний канцерогенний ризик i -тої речовини, $\text{мг}/\text{м}^3$; SF_i – фактор нахилу

($\text{мг}/(\text{кг} \times \text{добу})^{-1}$; 70 – стандартна вага тіла людини, кг ; 20 – добове використання повітря, м^3 .

Оцінка канцерогенного ризику здійснюється відповідно до класифікації, запропонованої у [17].

Отримані результати розрахунку дорівнюють: для кадмію – $0,25 \times 10^{-8}$, для нікелю – $0,156 \times 10^{-13}$, для свинцю – $0,38 \times 10^{-13}$. Оскільки по всім зазначеним елементам значення $< 10^{-6}$, ризик на протязі життя за свинцем є мінімальним (прийнятним).

Так як інші речовини, що мають канцерогенний ефект в викидах від горіння сміттєзвалища відсутні, тож загальний ризик на протязі життя являється мінімальним (прийнятним).

Попередні дослідження в межах першої стадії показали вплив на компоненти довкілля несанкціонованих звалищ. Також згідно ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів санітарно-захисна зона для полігонів твердих побутових відходів становить 500 м. Тож, незважаючи на те, що на даний час за нашими розрахунками усі види ризиків є прийнятними, безперечно, необхідно проводити заходи із ліквідації звалища та відновлення території, оскільки вважаємо, що це лише питання часу, коли ризики стануть неприйнятними.

Висновки

Проблема несанкціонованих звалищ є актуальною для України. Нажаль, дуже часто можна спостерігати самозаймання або підпал таких звалищ. Тому в 2017-2019 роках в селі Чепелі Золочівського району Харківської області було проведено комплексне дослідження впливу на довкілля несанкціонованого звалища ТПВ (площа – 960 м^2 та об'єм ТПВ – 1440 м^3), також було

визначено вплив на стан атмосферного повітря та розраховано ризики для населення від горіння несанкціонованого звалища відходів.

Результати застосування ЕОЛ+ показали, що перевищення значень ГДК на межі житлової забудови при горінні ТПВ на звалищі присутне по трьом забруднюючим речовинам: 31 групі сумарній на 0,47 одиниць від 0,8 ГДК, також за

сірчистим ангідридом та 27 групі сумачії на 0,15 ГДК від 0,8 ГДК.

При горінні ТПВ основними забруднювачами є азоту діоксид, оксид вуглецю, сірчистий ангідрид, сажа, та недиференційований за складом пил. В точці викиду ЗР в атмосферне повітря ГДК цих речовин значно перевищують допустимі. Зокрема ГДК азоту діоксиду було перевищено в 45 разів, оксид вуглецю в 22 рази, сажі в 210 разів, сірчистий ангідрид в 40,8 разів, ГДК недиференційованого за складом пилу перевищено в 120 разів.

Для оцінки ефективності та актуальності використаної методики розраховано викиди ЗР та отримані результати порівняно з емпіричними даними, отриманими в ході проведення експерименту. Дані отримані від емпіричних досліджень значно відрізняються від отриманих розрахунковим методом. За недиференційованим за складом пилом результати натурних замірів перевищують розрахункові в 73,2 рази, за сірчистим ангідридом – в 10,4 рази, за діоксидом азоту – в 3,5 рази, за

оксидом вуглецю – в 6,7 разів, за сажею – в 76,8 раз. Можна сформулювати декілька причин цього. У будь-якому випадку, необхідно провести серію додаткових досліджень, і у разі підтвердження великої різниці між розрахунковими та експериментальними даними, доцільним буде ініціювати перегляд методики.

Розрахунками ризиків для населення встановлено, що вплив канцерогенних та неканцерогенних речовин є мінімальним, тобто прийнятним так, як розрахований ризик канцерогенних речовин становить $< 10^{-6}$, а не канцерогенних < 1 . Загальний ризик на протязі життя являється мінімальним (прийнятним). Це може бути пояснено невеликою площею звалища.

Незважаючи на те, що на даний час за нашими розрахунками усі види ризиків є прийнятними, безперечно, необхідно проводити заходи із ліквідації звалища та відновлення території, оскільки вважаємо, що це лише питання часу, коли ризики стануть неприйнятними.

Література

1. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядження КМУ від 08.11.2017 № 820-р. Дата оновлення : 04.12.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80> (дата звернення: 05.10.2020).
2. Про затвердження Комплексної програми поводження з твердими побутовими відходами у Полтавській області на 2017-2021 роки: Рішення Полтавської обласної ради від 14.07.2017 №497. URL: <https://oblrada-pl.gov.ua/ses/7/17/497.pdf> (дата звернення: 05.10.2020).
3. Про Програму поводження з твердими побутовими відходами у Закарпатській області на 2016 - 2020 роки : Рішення Закарпатської обласної ради від 14.06.2016 № 355. Дата оновлення: 29.03.2018. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/za160150?an=379> (дата звернення: 05.10.2020).
4. Інтерактивна мапа. URL: <https://ecomapa.gov.ua/> (дата звернення: 07.05.2020).
5. Уткіна К. Б., Готвянська О. С. Інвентаризація та шляхи ліквідації несанкціонованих звалищ тпв с.Чепелі Золочевського району Харківської області. *Охорона довкілля: зб. наук. статей XIII Всеукраїнських наукових Талійських читань*. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. С. 118–124.
6. Калашнік Я. Ю. Дослідження впливу полігонів ТПВ на навколишнє середовище: наук. робота. 2011. URL : https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/25370/1/poligony_TPV_Kalashnyk.pdf
7. Годовська Т. Б., Гуреля В. В. Екологічний аналіз та моделювання розсіювання забруднюючих речовин з полігону твердих побутових відходів. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського Екологічна безпека*. 2012. Вип. 5. URL : [http://www.kdu.edu.ua/statti/2012-5-1\(76\)/115.pdf](http://www.kdu.edu.ua/statti/2012-5-1(76)/115.pdf)
8. Попович В. В. Полігони твердих побутових відходів у вироблених кар'єрах, ярах, траншеях і особливості їх фітотеліорації. *Наук. вісник НЛТУ України*. 2012. Вип. 22. С. 119–127.
9. Рябов Ю. В. Разработка геоинформационной системы мониторинга земель, нарушенных несанкционированными свалками: автореф. дис. на соискание уч. степ. канд. географ. наук. : спец. 25.00.26. «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель» Санкт-Петербург, 2013. 19 с.
10. Алешина Т. А. Причины возгораний на свалках ТБО. *Вестник МГСУ Безопасность строительных систем. Экологические проблемы в строительстве. Геоэкология*. 2014. Вип. 1. С. 119–124.
11. Бекетов В. Е., Свтухова Г. П., Коваленко Ю. Л. Методи і прибори контролю концентрацій пилогазових домішок в атмосфері і в промислових викидах : конспект лекцій. Х.: ХНАМГ, 2011. 40 с.
12. Ищенко А. Д., Коннова Л. А. Комплексный подход к минимизации последствий токсического воздействия дыма на пожарных. *Науч.-аналит. журн. «Вестник СПб ун-та ГПС МЧС России»*. 2012. Вип. 1. С. 1–11.
13. Попович В. В., Кучерявий В.П. Горіння полігонів твердих побутових відходів як загроза здоров'ю людини та фактор техногенного навантаження на довкілля. *Збірник наукових праць ЛДУ БЖД*. 2012. С. 162–166.

14. Черемисин А. В. Методика расчета теплового режима искусственных геосистем (на примере полигонов твердых бытовых отходов): автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. : специальность 25.00.36 «Геоэкология». – Санкт-Петербург, 2004. 18 с.
15. Сарапіна М. В. Еколого-токсикологічний ризик професійного захворювання пожежників внаслідок ліквідації пожеж на звалищах. *Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура*. 2017. Вип. 139. С. 73-78. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2017_139_17
16. Лапицкий В. Н., Борисовская Е. А., Гончаренко В. И. Экологические последствия термической переработки твердых бытовых отходов. *Техногенно-экологична безпека та цивільний захист*. 2010. Вип. 1. С. 80–83
17. Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря»: затв. наказом МОЗ від 13.04.2007 № 184. 29 с.
18. Газоанализатор ОКСИ 5М. Руководство по эксплуатации. URL: <http://www.ecotest.-kharkov.ua/files/oksi5m.doc>
19. Электроаспиратор ASA-4М. Руководство по эксплуатации. Х.: ООО "ЭКОТЕСТ". 20 с.
20. Методические указания по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле URL: https://znaytovar.ru/gost/2/494588_Metodicheskie_ukazaniya.html
21. Некос А. Н., Гарбуз А. Г. Экологическая оценка объектов окружающей среды и пищевых продуктов (методика проведения исследований) : учебн.-метод. пособ. Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2012. 104 с.
22. Инструкция ЕОЛ+. Руководство пользования. К.: КБСП «ТОПАЗ». 22 с.
23. Сборник методик по расчету загрязняющих веществ в выбросах от неорганизованных источников загрязнения атмосферы. Донецк. 1994. ОАО "УкрНТЭК". 155 с.
24. Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць : затв. т.в.о. головного державного санітарного лікаря України, С.В. Протас 03 березня 2015 року.

References

1. On approval of the National Waste Management Strategy in Ukraine until 2030: Order of the Cabinet of Ministers of 08.11. 2017 № 820-r. Date of renovation: 04.12.2019. Retrieved 2020, May 07 from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80> (In Ukrainian).
2. On approval of the Comprehensive program for solid waste management in Poltava region for 2017-2021. (2017). Decision of the Poltava regional council. Retrieved 2020, May 07 from <https://oblrada-pl.gov.ua/ses/7/17/497.pdf> (In Ukrainian).
3. On the Program of solid waste management in the Zakarpattia region for 2016 – 2020. (2018). Decision of the Zakarpattia regional council. Retrieved 2020, May 07 from https://ips.ligazakon.net/document/view/za160150?an=383&ed=2018_03_29 (In Ukrainian).
4. Interactive map.(2020, May 07). Retrieved from <https://ecomapa.gov.ua/> (In Ukrainian).
5. Utkina, K. B., & Gotvyanska, O.S. (2017). Inventory and ways of liquidation of unauthorized landfills in the village of Chepeli, Zolochiv district, Kharkiv region. *Environmental protection: coll. Science. articles of the XIII All-Ukrainian scientific Taliyiv readings*. Kharkiv, 118–124. (In Ukrainian).
6. Kalashnik, Ya. Yu. (2011). Research of influence of landfills on environment: sciences. work. Retrieved 2020, May 07 from https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/25370/1/poligony_TPV_Kalashnyk.pdf (In Ukrainian).
7. Godovska, T.B., & Gurelya, V.V. (2012). Ecological analysis and modeling of pollutant scattering from solid waste landfill. *Bulletin of Mykhailo Ostrogradskyi KrNU Ecological safety*, 5. Retrieved from [http://www.kdu.edu.ua/statti/2012-5-1\(76\)/115.pdf](http://www.kdu.edu.ua/statti/2012-5-1(76)/115.pdf) (In Ukrainian).
8. Popovych, V. V. (2012). Landfills for solid waste in the quarries, ravines, trenches and features of their phytomelioration. *Science. Bulletin of NLTU of Ukraine*, 22, 119–127. (In Ukrainian).
9. Ryabov, Yu. V. (2013). Development of a geoinformation system for monitoring lands disturbed by unauthorized dumps: author. dis. to apply for an account. step. Cand. geographer. sciences. : special 25.00.26. "Land management, cadastre and monitoring of lands" St. Petersburg, (In Russian).
10. Aleshina, T. A. (2014). Causes of fires at solid waste dumps. *Vesnik MGSU Safety of building systems. Environmental problems in construction. Geoecology*, 1, 119–124. (In Russian).
11. Beketov, V. E., Yevtukhova, G. P., & Kovalenko, Yu. L. (2011). Methods and devices for monitoring the concentrations of dust and gas impurities in the atmosphere and in industrial emissions: lecture notes. Kharkiv: KNAMG. (In Ukrainian).
12. Ishchenko, A. D., & Konnova, L. A. (2012). An integrated approach to minimizing the effects of toxic effects of smoke on firefighters. *Scientific - analyte. zhurn. "Bulletin of St. Petersburg University State Fire Service EMERCOM of Russia"*, 1, 1–11. (In Russian).
13. Popovich, V.V., & Curly, V.P. (2012). Burning of solid waste landfills as a threat to human health and a factor of man-made impact on the environment. *Collection of scientific works of LSU BJD*, 162–166. (In Ukrainian).

14. Cheremisin, A. V. (2004). Methodology for calculating the thermal regime of artificial geosystems (on the example of landfills for solid household waste): author. diss. for a job. uch. step. Cand. tech. sciences. : specialty 25.00.36 "Geoecology". St. Petersburg, (In Russian).
15. Sarapina, M. V. (2017). Ecological and toxicological risk of occupational disease of firefighters due to fires in landfills. *Municipal utilities. Series: Technical Sciences and Architecture*, 139, 73–78. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2017_139_17 (In Ukrainian).
16. Lapitskiy, V. N., Borisovskaya, E. A., & Goncharenko, V.I. (2010). Ecological consequences of thermal processing of solid household waste. *Technogenic and ecologic safety and civilian zahist*, 1, 80–83. (In Russian).
17. Methodical recommendations "Assessment of the risk to public health from air pollution": approved. by the order of the Ministry of Health dated 13.04.2007 № 184. (In Ukrainian).
18. Gas analyzer OXI 5M. Manual. Retrieved 2020, May 07 from <http://www.ecotest.-kharkov.ua/files/oksi5m.doc> (In Ukrainian).
19. Electroaspirator ASA-4M. Operation manual. Kh.: ООО "ЭКОТЕСТ". (In Ukrainian).
20. Guidelines for the determination of harmful substances in welding aerosol. Retrieved 2020, May 07 from https://znayto-var.ru/gost/2/494588_Metodicheskie_ukazaniya.html (In Russian).
21. Nekos, A.N. & Garbuz, A.G. (2012). Environmental assessment of environmental objects and food products (research methodology): educational method. manual. Kharkov: V.N. Karazin Kharkov National University. (In Russian).
22. Instruction EOL +. User guide. Kyiv: KBSP «ТОPAZ». (In Russian).
23. Collection of methods for calculating pollutants in emissions from fugitive sources of air pollution. (1994). Donetsk. OJSC "UkrNTEK". (In Russian).
24. Maximum allowable concentrations of chemical and biological substances in the air of populated areas. (2015). (In Ukrainian).



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The publication was prepared in the framework of ERASMUS+ project Jean Monnet Module “Instruments of the EU Environmental Policy - INENCY”, 587868-EPP-1-2017-1-UA-EPPJMO-MODULE, financed by European Commission. Responsibility for the information and views set out in this publication lies entirely with the authors.

Надійшла: 18.10.2020

Прийнято: 27.11.2020