

УДК 614.8

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524-2636.2020.4.1.-39-47>

*М. А. Куценко, канд. екон. наук, доцент, Г. І. Єлагін, канд. хім. наук, старш. наук. співроб.,  
А. Г. Алексєєв, канд. хім. наук, доцент, В. В. Наконечний, канд. техн. наук, доцент,  
О. С. Алексєєва, канд. техн. наук, доцент,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного  
університету цивільного захисту України*

## **ОЦІНКА КІЛЬКОСТІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В ПРОДУКТАХ ЗГОРАННЯ ПРИ ПОЖЕЖІ РОЗЛИТИХ ГОРЮЧИХ РІДИН, ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ВТРАТ ВНАСЛІДОК ТАКОЇ ПОЖЕЖІ**

*Предметом дослідження стали шкідливі речовини, що утворюються при спалюванні розлитих горючих рідин. В роботі визначений склад та кількість речовин, що утворюються при згоранні одиниці маси вуглеводневого палива в умовах пожежі та визначена екологічна шкода від цього. Розроблена методика орієнтовної оцінки кількості шкідливих речовин, що потрапляють в оточуюче середовище та екологічних втрат від забруднення навколишнього середовища при пожежі розлитих горючих рідин. Підраховано, що при горінні нафти на поверхні водойми, екологічні втрати від пожежі орієнтовно складають 708 грн/т нафти.*

**Ключові слова:** нафта, горіння рідин, шкідливі речовини, екологічні втрати.

### **1. Постановка проблеми**

Сучасний світ великою мірою залежить від добування нафти та її переробки. Але і сама нафта і більшість продуктів її переробки відносяться до особливо небезпечних горючих рідин. На жаль, пожежі з розлитими горючими рідинами виникають і в місцях добування нафти, і в місцях її переробки, і при використанні продуктів її переробки, і, в особливо великих масштабах, при транспортуванні усіх цих вуглеводнів морськими і річковими шляхами. Транспортування водою - найбільш дешевий спосіб доставки вуглеводнів до місць їх переробки або споживання. І, чим більший тоннаж має танкер, тим дешевше обходиться доставка тонни вантажу. Тому сучасний танкер за один рейс везе тисячі тонн небезпечної рідини. Аварії таких танкерів, викликані природними причинами або терористичними актами, призводять до виливу горючої рідини на поверхню водойми. Такий вилив – шкідливий сам по собі, оскільки згубно діє на флору і фауну водойми, на птахів, що харчуються біля водойми, на рибний промисел та на узбережжя. Але додаткової шкоди навколишньому середовищу завдає пожежа,

що при цьому виникає у більшості випадків. Подібна пожежа продукує велику кількість продуктів повного та неповного згорання:

- вуглекислого газу, який сприяє глобальному потеплінню;

- чадного газу, отруйного для людей та тварин;

- диму, що являє собою завислі у газоподібних продуктах згорання незгорілі тверді та рідкі частинки і має канцерогенні властивості та знижує прозорість атмосфери;

- інших продуктів неповного згорання.

Крім того, при пожежах нафти, в першу чергу, відбувається вигорання легких вуглеводнів та утворення залишку у вигляді важкогорючої суміші мазуту з бітумом, з густиною, близькою до густини морської води. Така суміш опускається та плаває в товщі води. Використати для її ліквідації способи збирання, розроблені для розлитої нафти, не є можливим. Ці залишки можуть переміщуватися на великі відстані та тривалий час створювати екологічну небезпеку для морських тварин та планктону [1, 2].

За порушення екологічної безпеки законодавством більшості розвинених країн

передбачено штрафні санкції, які накладаються на власника компанії, що спричинила аварію. Розмір цих санкцій повинен відповідати витратам, необхідним для повернення навколишнього середовища в той стан, який був до аварії.

В основних принципах національної екологічної безпеки, сформульованих в Законі України «Про основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року» [3] теж посилені невідворотність відповідальності за порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища, а, як пріоритетну вимогу, вказано, що "забруднювач навколишнього природного середовища платить повну ціну".

Це вимагає методики проведення детальної оцінки екологічних наслідків і в соціальному плані, і в грошовому обчисленні.

Отже, актуальність даної теми обумовлена необхідністю оперативної і нескладної методики оцінки екологічних наслідків пожежі при горінні розлитих горючих рідин.

В даній роботі представлено приклад оперативного розрахунку наближеної оцінки кількості шкідливих речовин в продуктах згорання нафти і нафтопродуктів при розливі таких рідин, а також оцінки в грошовому обчисленні екологічних втрат внаслідок таких пожеж.

## 2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Можливі екологічні наслідки пожеж діляться на прямі – ураження біоценозів, псування водойм, забруднення атмосфери, та віддалені – підвищення захворюваності населення, знищення цінних рослинних і тваринних видів, зміна клімату. Отже, при оцінці екологічних наслідків пожеж нафти і продуктів її переробки необхідно враховувати:

- різноманітність негативних наслідків;
- різноманітність об'єктів, що страждають від даного негативного впливу;
- невизначеність наслідків негативного впливу за часом.

Оцінку наслідків конкретної аварії затверджують судові органи, тому її розробляє цілий ряд експертів. Розробити загальну методику точного розрахунку витрат, необхідних для повернення навколишнього середовища в той стан, який був до аварії, неможливо. Завжди залишаться наслідки, які неможливо врахувати, і які неможливо усунути.

Однак, необхідна методика оперативної, хоча б наближеної, оцінки таких витрат, методика, якою можна було б скористатися у перші ж години після придушення пожежі розлитої горючої рідини.

Згідно із затвердженою методикою оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та інструкцією «Про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього середовища» [4, 5], екологічні втрати від забруднення атмосферного повітря внаслідок пожежі складають, грн:

$$A_{\phi} = M_i \times H_3 \times A_i \times K_T \times K_{zi}, \text{ де} \quad (1)$$

$A_{\phi}$  – збитки від забруднення атмосферного повітря, гривень;  
 $M_i$  – маса даного виду забруднень, кг;  
 $H_3$  – норматив збору за даний вид забруднюючої речовини, грн/кг;  
 $A_i$  – безрозмірний показник відносної небезпечності забруднюючої речовини;  
 $K_T$  – коефіцієнт урахування територіальних соціально-екологічних особливостей;  
 $K_{zi}$  – коефіцієнт забруднення атмосферного повітря в населеному пункті.

Безрозмірний показник відносної небезпечності забруднюючої речовини розраховується за формулою:

$$A_i = 1 / \text{ГДК}_i, \quad (2)$$

де  $\text{ГДК}_i$  – середньодобова гранично допустима концентрація (ГДК) або орієнтовно безпечний рівень впливу (ОБРВ)  $i$ -ї забруднюючої речовини,  $\text{мг}/\text{м}^3$ . У чисельнику вводиться коефіцієнт 10 для речовин з ГДК понад одиницю.

Коефіцієнт урахування територіальних соціально-економічних особливостей залежить від чисельності жителів у населених пунктах зони НС і економічного, рекреаційного та природоохоронного значення території:

$$K_T = K_{\text{нас}} \times K_{\text{ф}}, \quad (3)$$

де  $K_{\text{нас}}$  – коефіцієнт, що залежить від чисельності жителів населеного пункту.

$K_{\text{ф}}$  - коефіцієнт, що враховує господарське значення населеного пункту.

Коефіцієнт забруднення атмосферного повітря в населеному пункті розраховується за формулою:

$$K_{zi} = q / \text{ГДК}_i, \quad (4)$$

де  $q$  – середньорічна концентрація забруднюючої речовини за даними прямих інструментальних вимірів на стаціонарних постах за попередній рік,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

$\text{ГДК}_i$  – середньодобова гранично допустима концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

У разі, коли в населеному пункті вимір концентрації забруднюючої речовини не провадиться, а також, коли рівні забруднення атмосферного повітря населеного пункту забруднюючою речовиною не перевищують ГДК, значення коефіцієнта  $K_{zi}$  береться таким, що дорівнює 1.

Оцінка кількості шкідливих речовин, що потрапили в оточуюче середовище, повинна базуватися на кількості і складі матеріалу, що вигорів, хімічних рівняннях реакцій горіння даного матеріалу і експертній оцінці частки кожної з цих хімічних реакцій. Оцінка екологічних наслідків забруднення повітряного басейну та водойм внаслідок такої пожежі повинна базуватися на кількості кожної із забруднюючих речовин і затвердженого нормативу збитків від такого роду забруднення.

### 3. Формулювання цілей статті

Маса матеріалу, що згорів, у переважній більшості випадків відома. Мета даної роботи – розробити методику спрощеного розрахунку кількості шкідливих

речовин, що утворюються при пожежах розлитих вуглеводневих рідин та екологічних втрат від викидів цих речовин.

Завданням роботи було: визначення кількості шкідливих речовини, що утворюються при згоранні одиниці маси вуглеводневого палива в умовах пожежі розливої рідини та визначення екологічної шкоди та плати за забруднення навколишнього середовища продуктами згорання.

### 4. Методи досліджень кількості шкідливих речовин, що утворюються при горінні, та екологічних втрат від них

В якості прикладу в роботі прийнята нафта найбільшого у Росії Ромашкінського нафтового регіону. Ця нафта містить [6]: 84,33% карбону, 11,93 % водню, 3,5 % сірки, 0,2 % азоту та 0,04 % кисню.

В представленій роботі за відомою методикою [7] розраховано кількість шкідливих речовин, яка утворюється при спалюванні 1 кг нафти Ромашкінського нафтового регіону.

Використовуючи рекомендації інструкції «Про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього середовища» [4, 5], для кожного типу утвореного шкідливого продукту розраховано екологічні (в грошовому обчисленні) втрати для повітряного і для водного басейнів.

### 5. Результати досліджень кількості шкідливих продуктів горіння та розмір збору за забруднення навколишнього середовища

За методикою, що використовується в теорії горіння [7], для спалювання 1 кг нафти наведеного вище складу потрібно:

$$0,269 [ 84,33 / 3 + 11,93 + (3,5-0,04) / 8 ] = \\ = 10,9 \text{ м}^3 \text{ повітря.}$$

Це означає, що коефіцієнт хімічного недопалу орієнтовно дорівнюватиме  $\beta_{\text{ХН}} = 0,90$  [7]. Тобто, до 10 відсотків нафти при пожежі буде знаходитися в продуктах горіння у вигляді рідких та твердих частинок. Отже, з 1 кг нафти, при пожежі, 900 г перетворюються у газоподібні продукти згорання, а до 100 г рідких та твердих частинок переходять у завис в дим

та осідають на поверхню або змішуються з поверхневими шарами води.

На 1 кг повністю спаленого матеріалу у вигляді твердих та рідких частинок залишиться  $100 / 0,9 \times 1 = 111$  г. Тобто із 1111 г спаленої нафти 1000 г утворять газоподібні продукти згорання, а 111 г

залишаться у вигляді рідких та твердих частинок. Кількість газоподібних продуктів повного згорання цих 1000 г підрахована за відомою методикою [7] і наведена у таблиці 1. При цьому прийнято [5], що 90 % карбону згорає з утворення вуглекислого газу і 10 % - з утворенням газу чадного.

Таблиця 1. – Орієнтовна кількість продуктів повного згорання 1 кг нафти Ромашкінського регіону

Речовина	Вміст у нафті, %	Склад продуктів горіння, м <sup>3</sup>				
		CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Карбон	84,33	$0,9 \times 0,84 \times 1,86$	$0,1 \times 0,84 \times 1,86$	-	-	$0,9 \times 0,84 \times 7 (= 5,29) + 0,1 \times 0,84 \times 3,5 (= 0,3) = 5,59$
Гідроген	11,93	-	-	$0,12 \times 11,2$	-	$0,12 \times 21 = 2,52$
Сірка	3,5	-	-	-	$0,03 \times 0,7$	$0,03 \times 2,63 = 0,08$
Нітроген у паливі	0,2	-	-	-	-	$0,2 \times 0,8 = 0,16$
Нітроген за рахунок оксигену	0,04	-	-	-	-	$-0,04 \times 2,63 = -0,11$
Об'єм, м <sup>3</sup> /%		1,40 / 12,5	0,16 / 1,4	1,34 / 12,0	0,02 / 0,2	8,24 / 73,9
Маса, кг		$1,4 \times 44 / 22,4 = 2,75$	$0,16 \times 28 / 22,4 = 0,20$	$1,34 \times 18 / 22,4 = 1,08$	$0,02 \times 64 / 22,4 = 0,06$	$8,24 \times 28 / 22,4 = 10,30$
Об'єм, всього, м <sup>3</sup>		11,16				

Як впливає з таблиці 1, у першому наближенні можна вважати, що при горінні 1,1 кг нафти Ромашкінського нафтового регіону при нормальних умовах утворилося б (у перерахунку на нормальні умови) 11 м<sup>3</sup> газоподібних речовин, у яких в перший момент у стані зависі містилося б біля 110 г рідких та твердих частинок. В подальшому тверді та рідкі складові диму частково розсіюються в оточуюче середовище разом із газоподібними продуктами, а частково осідають на поверхню і перемішуються з поверхневими шарами води. При спалюванні 1 кг, цифри (у перерахунку на нормальні умови) матимуть вигляд: загальний об'єм  $11,16 / 11 \approx 10$  м<sup>3</sup>, твердих і рідких частинок  $\approx 100$  г; CO<sub>2</sub>  $\approx 11,4$  % (об.), 2,75 кг; CO  $\approx 1,3$  % (об.), 0,20 кг; пари води  $\approx 10,9$  % (об.), 1,08 кг; SO<sub>2</sub>  $\approx 0,2$  % (об.), 0,06 кг; N<sub>2</sub>  $\approx 76,2$  % (об.), 10,30 кг.

При температурі пожежі (орієнтовно 1200 К) об'єм газоподібної фази зрозуміло

буде більшим у 4-5 разів. При подальшому остиганні до температури оточуючого середовища він поступово буде зменшуватися до приблизно 11 м<sup>3</sup> при тому ж відсотковому вмісті азоту, вологи і усіх шкідливих речовин, включно з твердими та рідкими залишками. Шкідливими з них є карбон оксид, карбон діоксид, сульфур діоксид та тверді і рідкі частинки.

Показники для розрахунку шкоди повітряному простору, згідно з інструкцією «Про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього середовища» [4, 5], для цих речовин наведено у таблиці 2.

В роботі прийнято, що середня чисельність розташованого поблизу населеного пункту складає 500 тис. чоловік, отже прийнятий  $K_{нас} = 1,5$  [4]; як тип населеного пункту прийнято місто обласного підпорядкування з  $K_{\phi} = 1,3$  [4]. Тоді,  $K_T = 1,5 \times 1,3 = 1,95$ .

Вважаючи, що в даному населеному пункті вимір концентрації забруднюючої речовини не проводився, значення коефіцієнта  $K_{zi}$  взято таким, що дорівнює 1 [4].

Також у роботі прийнято, що тверді та рідкі частинки на 50 % (0,050 кг) переходять у дим і на 50 % (0,05 кг) у

вигляді залишку від згорання (мазуту та бітуму) потрапляють у поверхневі шари водойми. Нормативи збору, який справляється за скиди основних забруднюючих речовин у водні об'єкти, в тому числі у морські води, для нафтопродуктів складають 0,206 грн/кг [11].

Таблиця 2. – Показники для розрахунку екологічних втрат від пожежі при горінні нафти Ромашкінського регіону

№	Показник	CO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	Тверді та рідкі частинки
1	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	5000,0 [8]	20,0 [9]	10,0 [9]	20,0 [9]
2	$A_i = 10/\text{ГДК}$	0,002	0,5	1,0	0,5
3	Клас небезпечності	4 [10]	4 [10]	4 [10]	4 [10]
4	$K_r = 1,95$	1,95	1,95	1,95	1,95
5	$K_{zi} = 1$	$K_{zi} = 1$	$K_{zi} = 1$	$K_{zi} = 1$	$K_{zi} = 1$
6	НЗ, грн/кг	0,019 [11]	0,019 [11]	0,019 [11]	0,019 [11]

#### 6. Обговорення результатів дослідження збору за забруднення навколишнього середовища в порівнянні з екологічними втратами

Проведений розрахунок показує, що при горінні 1 кг нафти Ромашкінського нафтового регіону екологічні втрати від пожежі складуть:

$$A_{\phi} = (2,75 \times 0,019 \times 0,002 \times 1,95 \times 1 + 0,2 \times 0,019 \times 0,5 \times 1,95 \times 1 + 0,06 \times 0,019 \times 1,0 \times 1,95 \times 1 + 0,05 \times 0,019 \times 0,5 \times 1,95 \times 1) + 0,05 \times 0,206 = 0,000204 + 0,01755 + 0,002223 + 0,01030 = 0,0312 \text{ грн/кг, або } 31,2 \text{ грн за } 1 \text{ т нафти, яка згоріла.}$$

Зміни, що відбулися в оподаткуванні останнім часом [12] збільшили плату за викиди в атмосферу забруднюючих речовин. Плату стали розраховувати на викид конкретних речовин. Так, вартість

викиду 1 т оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю, діоксиду сірки та пилу встановлена відповідно 92,37; 10; 2451,84 та 92,37 грн.

$$A_{\phi} = 2,75 \times 10 + 0,2 \times 92,37 + 0,06 \times 2451,84 + 0,05 \times 92,37 = 202,32 \text{ грн за } 1 \text{ т нафти, яка згоріла.}$$

Одною з основних засад державної екологічної політики згідно з Законом України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [3] є пріоритетність вимоги "забруднювач навколишнього природного середовища та користувач природних ресурсів платять повну ціну".

Між тим, цифра 202,32 грн за 1 т нафти, що згоріла, яка орієнтується на чинне Українське законодавство, не йде ні в яке порівняння з екологічною шкодою, яку створюють в навколишньому природному середовищі продукти згорання палива. Розрахунок екологічної шкоди аварій та надзвичайних ситуацій сучасними економістами базується на величині витрат,

необхідних для того, щоб привести стан навколишнього природного середовища до обстановки, яка була до цієї події. Забруднення ж навколишнього середовища діоксидом сульфуру, крім шкоди здоров'ю людей, призводять ще до кислотних дощів та пригнічення і знищення рослинності, а діоксидом карбону – до зміни клімату та глобального потепління.

Слід зазначити, що в лютому 2005 року вступив в силу міжнародний Кіотський протокол, який, з метою запобігання зміни клімату та глобального потепління, зафіксував кількісні зобов'язання розвинених країн і країн з перехідною економікою щодо обмеження та скорочення викидів парникових газів.

Однак Кіотський протокол – це міжнародна угода між державами, і питання участі окремих господарюючих суб'єктів у виконанні національних зобов'язань не розглядаються. Але саме між окремими підприємствами будуть розділені національні зобов'язання, і саме вони будуть вимушені проводити відшкодування витрат щодо скорочення викидів парникових газів. Саме судовласники нафтових танкерів, нафтодобувні компанії, що добувають нафту з дна морів та заток, є тими господарюючими суб'єктами, які внаслідок аварії будуть винуватцями пожеж та забруднення нафтою поверхні морів, заток та океанів. В разі аварії саме вони будуть прискорювати глобальну зміну клімату.

Положення Кіотського протоколу передбачають, що країни-учасниці Конвенції, а, отже, і господарюючі суб'єкти можуть виконати свої зобов'язання не лише за рахунок реалізації технологічних заходів по скороченню викидів, а й шляхом використання ринкового механізму за допомогою придбання прав на викиди. Торгівля правами на викиди забезпечує

найбільш ефективний варіант зменшення викидів. В 2011 році квота на викид 1 т вуглекислого газу за аукціонними торгами коштувала 7,6 \$, що на теперішній час еквівалентно 190 грн. Тому викид парникових газів при горінні 1 т. нафти на водній поверхні складає 2,75 т CO<sub>2</sub> + 0,06 т SO<sub>2</sub>. Якщо ж чадний газ в атмосфері поступово окислюється до вуглекислого газу, то до парникових газів додатково додається ще 0,2 т. А сертифікат та ці викиди складе 2,81 × 190 грн. = 533,9 грн. Разом з оціненою шкодою від сірчистого ангідриду та завислих частинок сажі це складе 708,72 грн. Ця цифра в три з половиною рази більша за розмір виплат за забруднення навколишнього природного середовища, яке впливає на здоров'я людей згідно чинному законодавству.

З цього випливає, що чинні методики економічних розрахунків протирічать означеним останнім часом в українському законодавстві екологічним пріоритетам і повинні бути удосконалені.

### 7. Висновки

1. На прикладі пожежі нафти найбільш поширеного складу, розлитої на поверхні водойми, розроблено методику оперативного розрахунку орієнтовних екологічних втрат.

2. Показано, що при згоранні 1 кг такої нафти утворюються шкідливі речовини у кількості: 0,2 кг карбон оксиду; 2,75 кг карбон діоксиду; 0,06 кг сульфур діоксиду та 0,1 кг твердих і рідких частинок.

3. Знайдено, що згорання 1 кг вуглеводневої рідини, розлитої на поверхні водойми, крім інших втрат, викликає забруднення повітряного і водного басейнів, яке орієнтовно можна оцінити в 709 грн. на 1 т вуглеводневого матеріалу, в той час як податок та такий викид становить 202 грн.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Поведение морских разливов нефти // The International Tanker Owners Pollution Federation Limited, пер. с англ. [Електронний ресурс]. URL: [https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP\\_2](https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP_2)

[\\_2011\\_RU\\_Fate\\_of\\_marine\\_oil\\_spills.pdf](#) (дата звернення: 20.01.2020).

2. Последствия загрязнения нефтью для окружающей среды // The International Tanker Owners Pollution Federation Limited,

пер. с англ. [Електронний ресурс]. URL: [https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP\\_1\\_3\\_2011\\_RU\\_FINAL.PDF](https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP_1_3_2011_RU_FINAL.PDF) (дата звернення: 20.01.2020).

3. Про основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 28 лютого 2019 року № 2697-VIII // Відомості Верховної Ради України. – 2019 р., № 16, стор. 70.

4. Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру: Постанова Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 року № 175 // Офіційний вісник України від 07.03.2002 — 2002 р., № 8, стор. 170.

5. Шкарабура М.Г., Єлагін Г.І., Куценко М.А. Методика наближеного розрахунку екологічних втрат від забруднення навколишнього природного середовища внаслідок пожежі // Науковий збірник «Проблеми пожарной безопасности» Харьков «Фолио» – 2003, вып.14 - С. 91 - 93.

6. Химический состав нефти // Сайт Роспайп [Електронний ресурс] (дата оновлення: 8.05.2016). URL: [http://ros-pipe.ru/tekh\\_info/tekhnicheskie-stati/khranenie-i-transportirovka-nefteproduktov/khimicheskiy-sostav-nefti/](http://ros-pipe.ru/tekh_info/tekhnicheskie-stati/khranenie-i-transportirovka-nefteproduktov/khimicheskiy-sostav-nefti/) (дата звернення: 22.01.2020).

7. Основи теорії розвитку і припинення горіння (Скорочений курс): підручник / Єлагін Г.І., Шкарабура М.Г., Кришталь М.А., Тищенко О.М. – Черкаси: ЧПБ, 2001. – 448 с.

8. Предельно допустимая концентрация CO<sub>2</sub> в воздухе // iceoom [Електронний ресурс] (дата оновлення: 29.06.2019). URL: <https://iceoom.com.ua/blog/predelno-dopustimaya-koncentraciya-pdk/> (дата звернення: 21.01.2020).

9. ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» // Чинний до 01.01.2022 згідно з наказом Держпідприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 24.04.2019 р. № 111.

10. Про затвердження Вимог до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу хімічних речовин // Міністерство надзвичайних ситуацій України. Наказ від 22.03.2012 № 627. [Електронний ресурс]. URL: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/RE20834.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE20834.html) (дата звернення: 21.01.2020).

11. Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору: Постанова кабінету міністрів України від 1 березня 1999 р. № 303 // Офіційний вісник України від 19.03.1999: 1999 р., № 9, стор. 89.

12. Податковий кодекс України: Кодекс від 02.12.2010 № 2755-VI // Відомості Верховної Ради України 2011, № 13-14, № 15-16, № 17, ст.112.

## REFERENCES

1. Povedenie morskikh razlivov nefi. [Oil Spill Behavior] Site: The International Tanker Owners Pollution Federation Limited. Retrieved from [https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP\\_2\\_2011\\_RU\\_Fate\\_of\\_marine\\_oil\\_spills.pdf](https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP_2_2011_RU_Fate_of_marine_oil_spills.pdf) [in Russian].

2. Posledstviya zagryazneniya nefi`yu dlya okruzhayushhej sredy. [Environmental Implications of Oil Pollution] Site: The International Tanker Owners Pollution

Federation Limited. Retrieved from [https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP\\_1\\_3\\_2011\\_RU\\_FINAL.PDF](https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP_1_3_2011_RU_FINAL.PDF) [in Russian].

3. Zakon Ukrainy Pro osnovni zasady (strategiya) derzhavnoi ekologichnoi polityki Ukrainy na period do 2030 roku [Law of Ukraine: On the Fundamental Principles (Strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine for the Period up to 2030] : pryiniaty 28 lyutogo 2019 roku # 2697-VIII [in Ukrainian].

4. Postanova Kabinetu Ministriv Ukraini Pro zatverdzhennya Metodiki oczinki zbitkiv vid naslidkiv nadzvichajnykh situacij tekhnogenogo i prirodnogo kharakteru [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine: On Approval of the Technique for Assessment of Losses from the Consequences of Emergency Situations of Technogenic and Natural Character]: pryiniata 15 lyutogo 2002 # 175 [in Ukrainian].

5. Shkarabura M. (2003) Approximate calculation of environmental losses from environmental pollution due to fires / Shkarabura M., Elagin G., Kuczenko M. // Scientific collection "Problems of fire safety" Kharkov «Folio» – 2003, #14 - p. 91 – 93 [in Ukrainian].

6. Khimicheskij sostav nefti [The chemical composition of oil] Rospipe site Retrieved from [http://rospipe.ru/tekh\\_info/tekhnicheskie-stati/khranenie-i-transportirovka-nefteproduktov/khimicheskij-sostav-nefti/](http://rospipe.ru/tekh_info/tekhnicheskie-stati/khranenie-i-transportirovka-nefteproduktov/khimicheskij-sostav-nefti/) [in Russian].

7. Yelagin G., Shkarabura M., Krishtal M., Tishhenko O. (2001) Osnovi teorii rozvitku i pripinennya gorinnya (Skorochenij kurs). [Basics of the theory of development and termination of combustion (Short Course): a textbook] Cherkasi: ChIPB, 2001. – 448 p. [in Ukrainian].

8. Predelno dopustimaya koncentracziya CO<sub>2</sub> v vozdukhe [Maximum

allowable concentration of CO<sub>2</sub> in the air]. Retrieved from <https://iceoom.com.ua/blog/predelno-dopustimaya-koncentracuya-pdk/> [in Russian].

9. GOST 12.1.005-88 Zagalni sanitarnogigiienichni vymogy do povitrya robochoi zony [GOST 12.1.005-88 General hygiene requirements for air in the work area]. Retrieved from <http://www.ecocat.biz/vozduh%20trebovania> [in Russian].

10. Order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine. On Approval of Employer Requirements for Protecting Employees from Chemicals 22.03.2012 # 627. Retrieved from [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/RE20834.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE20834.html) [in Ukrainian].

11. Postanova kabinetu ministriv Ukrainy Pro zatverdzhennya Poryadku vstanovlennya normativiv zboru za zabrudnennya navkolyshnogo prirodnogo seredovyshcha i styagnennya tsogo zboru [Cabinet of Ministers of Ukraine Resolution On Approving the Procedure for Setting Standards for the Charge of Environmental Pollution and Collecting this Charge] pryiniata 1 bereznia 1999 , # 303 [in Ukrainian].

12. Podatkovii Kodeks Ukrainy [Tax Code of Ukraine], pryiniaty 27 December 2010 # 2755-VI [in Ukrainian].

*M. A. Kutsenko, PhD in Economics, Associate Professor, G. I. Yelagin, Ph.D. (Chemistry), Senior Researcher, Engineer, A. G. Alekseev, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, V. V. Nakonechnyj, PhD in Technics, Associate Professor, H. S. Alekseeva, PhD in Technics, Associate Professor, Cherkassy institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes NUCD of Ukraine.*

#### **EVALUATION OF THE NUMBER OF HARMFUL SUBSTANCES IN COMBUSTION PRODUCTS DURING FIRE SPOILED FLUID LIQUIDS, AND ECOLOGICAL LOSSES AS A RESULT OF SUCH FIRE**

*On the example of combustion of 1 kg oil of the most common composition evaluation methodology of hazardous substances amount, arising in result of flammable liquids fire, and evaluation methodology of environmental damage of pollution of air and surface layers of water reservoir were developed. Using conventional estimation method from the theory*

*of burning and taking into consideration calculated air volume, needed for complete combustion of the oil of such composition, one can assume that one tenth of the flammable material remains in unburned residue, mainly in form of small solid and liquid particles. Small particles mix with gaseous products of combustion, creating smoke; while masut and*



*bitumen pollute the water reservoir, on the surface of which the oil was spilled and burnt. Calculation of the amount of the complete combustion products of remaining 900 g of the oil was performed using the conventional methodology for calculation of the products of complete combustion of substances with determined carbon, hydrogen, and sulfur content, when it is assumed that they completely transform into carbon dioxide, carbon monoxide, sulfur oxide, and water vapor. It is calculated that the complete combustion of 900g of the oil of the most common composition to the air the smoke, consisting of 2,75 kg of carbon dioxide, 0,2 kg of carbon monoxide and 0,06 kg sulfur dioxide.*

*An example of approximate evaluation of economic losses resulting from such fires was given in accordance to the established methodology of evaluation of damage from technogenic and natural emergencies and the instruction 'On the Procedure of Calculation and Payment of the Fee for Environmental Pollution'. It was calculated that during burning of the oil on the water reservoir surface, the environmental damage caused by the fire makes approximately 708,72 UAH per 1 ton of burned oil.*

**Keywords:** *oil, combustion of liquids, hazardous substances, environmental damage.*