

## CHEMICAL SCIENCES

УДК 614.84

**Несен І.О.,***Ад'юнкт***Куценко М.А.,***кандидат економічних наук***Єлагін Г.І.,***кандидат хімічних наук***Алексєєва О.С.,***кандидат технічних наук***Нуянзін О.М.,***кандидат технічних наук***Алексєєв А.Г.,***кандидат хімічних наук**Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля**Національного університету цивільного захисту України***Словінський В. К.***кандидат технічних наук,**Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України*[DOI: 10.24412/2520-6990-2023-4163-52-57](https://doi.org/10.24412/2520-6990-2023-4163-52-57)**ОЦІНКА КІЛЬКОСТІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В ПРОДУКТАХ ЗГОРАННЯ ПРИ ПОЖЕЖІ НА ТОРФОВИЩАХ, ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ВТРАТ ВНАСЛІДОК ТАКОЇ ПОЖЕЖІ****Nesen I. O.,***Adjunct***Kutsenko M. A.,***Candidate of economical sciences***Yelagin G. I.,***Candidate of chemical sciences***Alekseeva O. S.,***Candidate of technical sciences***Nuyanzin O. M.,***Candidate of technical sciences***Alekseev A. G.,***Candidate of chemical sciences,**Cherkasy Institute of Fire Safety named after the Heroes of Chernobyl**National University of Civilian Defense of Ukraine***Slovinskyi V. K.***Candidate of technical sciences,**Cherkasy Scientific and Advanced Expert and Forensic Center of the Ministry of Foreign Affairs of Ukraine***ESTIMATION OF AMOUNT OF HARMFUL SUBSTANCES IN PRODUCTS OF COMBUSTION AT FIRE ON PEATBOGS, AND ECOLOGICAL LOSSES AS A RESULT OF SUCH FIRE****Анотація.**

На прикладі пожежі на Ірдинському (Черкаська область) торфовищі розроблено орієнтовну методіку оцінки кількості шкідливих речовин, що утворюються при такій пожежі, і методіку оцінки екологічних втрат від забруднення повітряного простору. Використовуючи загально прийняті в теорії горіння методи розрахунку, показано, що горіння торфу у подібних випадках веде до значних викидів парникового газу (CO<sub>2</sub>), отруйних оксидів сірки і азоту та канцерогенного пилу. У відповідності 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» проведено розрахунок екологічних втрат від вигорання 1 га торфовища. Запропонована методіка може бути застосованою для розрахунку екологічних втрат на аналогічних родовищах для чого потрібно використати реальний склад торфу даного родовища і реальну площу пожежі.

**Abstract.**

On the example of fire on Irdivinsky (Tcherkassy area) peatbog reference methodology of estimation of amount of harmful substances that appear at such fire, and methodology of estimation of ecological losses, is worked out from contamination of air space. Using burning accepted in general lines in a theory methods of calculation, it is shown that burning of peat in parallel instances conduces to the considerable extrass of greenhouse gas (CO<sub>2</sub>), poisonous oxides of sulphur and nitrogen and carcinogenic dust. In accordance with the ratified

*methodology of estimation of losses from the consequences of emergencies of technogenic and natural character and instruction "About the order of calculation and inpayment of collection for contamination of environment" the calculation of ecological losses is conducted from burning down 1 hectare peatbogs. The offered methodology can be applied for the calculation of ecological losses on analogical deposits for what it is needed to use the real composition of peat of this deposit and real area of fire.*

**Ключові слова:** торфовище, пожежа, парниковий ефект, шкідливі речовини, екологічні втрати.

**Keywords:** peatbog, fire, hotbed effect, harmful substances, ecological losses.

На сьогодні доведено, що безсистемне осушення боліт шкодить довкіллю. Здатність торфовищ поглинати вуглекислий газ з атмосфери та накопичувати вуглець робить їх важливим елементом у підтриманні глобальної кліматичної рівноваги. Під час росту рослини поглинають з атмосфери головний складник парникового газу – двоокис вуглецю (CO<sub>2</sub>) та накопичують його у своїй біомасі у вигляді органічних речовин (які становлять понад 50% маси рослинного організму). Завдяки обводненню, у торфовищах створюються анаеробні умови (умови гострої нестачі кисню). В цих умовах розклад відмерлих частин рослин протікає сповільнено, більша їх частина "консервується" на тривалий період, – настільки тривалий, наскільки будуть зберігатись умови зволоження торфовища. При осушенні анаеробні умови змінюються на аеробне окиснення. Аеробний розклад органічної частини торфу відбувається у 50 разів швидше, ніж в анаеробних умовах. Внаслідок цього, торфовища перестають бути сховищем CO<sub>2</sub> і перетворюються на потужне джерело його викидів в атмосферу в глобальному масштабі. На жаль, болота, що висохли природним шляхом або осушені людиною, займають значні території у всіх частинах світу. Осушені болота постачають в атмосферу CO<sub>2</sub> у кількостях, які порівнюють з кількостями від спалювання вуглеводневого пального.

Ще більшої шкоди завдає неконтрольоване горіння торфу. У більшості випадків воно проходить у вигляді тління, яке захоплює великі площі і продовжується місяцями. При горінні торф'яників утворюються джерела поширення великої кількості небезпечних речовин, таких як карбон діоксид, чадний газ, метан, радон, а також канцерогенний дим. Викиди CO<sub>2</sub> від дренажу торфовищ, пожеж та господарської експлуатації торфовищ порівнюють до 10 відсотків річних об'ємів викидів від спалювання вугілля, нафти та газу.

Безпосереднім винуватцем виникнення торф'яної пожежі у переважній більшості випадків є людина. Самоспалахування торфу більшість дослідників вважає маловірогідним. Доктор технічних наук О.С. Мисников стверджує, що «Самовозгорання залежить торфа - это миф. Самовозгореться может только добытый торф в штабеле, и то при стечении многих обстоятельств». В-основному торф'яні пожежі виникають після залишених без нагляду вогнищ, кинутих незагашеними сірників та недопалків, тліючих пижів з горючих матеріалів, іскор з несправних глушників мотоциклів та автомашин. Дуже часто до торф'яних пожеж призводить традиція весняних підпалів трави. Після таких підпалів вогонь поширюється вглиб і тління

непомітно жевріє під поверхнею. Таке тління може існувати непоміченим місяцями і проявлятися тільки влітку, коли воно розвивається і починає сильно диміти. Забувши, що весною тут палили траву, люди вважають це самоспалахуванням. Зі сказаного впливає, що виникнення майже кожної торф'яної пожежі має своїх винуватців. Отже, кожна така пожежа має розслідуватися і до винних повинні застосовуватися відповідні штрафні санкції.

Втрати від таких пожеж складаються зі втрат, пов'язаних з порушенням екологічної безпеки, і витрат на безпосереднє гасіння пожежі. Останні можна підрахувати по факту, як суму витрат на вогнегасні матеріали, пальне для пожежної техніки і оплату працевитрат задіяного персоналу. Підрахувати у грошовому обчисленні шкоду оточуючому середовищу складніше.

За порушення екологічної безпеки законодавством більшості розвинених країн передбачено штрафні санкції, які накладаються на осіб або власників компанії, дії яких призвели до цього порушення. Розмір цих санкцій повинен відповідати витратам, необхідним для повернення навколишнього середовища в той стан, який був до порушення.

В основних принципах національної екологічної безпеки, сформульованих в Законі України «Про основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року» [1] теж посилена 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.

#### **Мета дослідження**

Завдання даної роботи полягало у створенні методики проведення наближеної оцінки кількості шкідливих речовин в продуктах згорання торфу, а також оцінки в грошовому обчисленні екологічних втрат внаслідок таких пожеж.

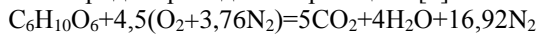
#### **Аналіз останніх досліджень**

Торф це суміш речовин, вміст яких залежить від місця утворення і віку торфовища. До складу органічних речовин торфу входять карбон, гідроген, нітроген, сульфур і оксиген. Крім того, в залежності від місця знаходження і глибини залягання в зразках торфу можуть бути присутні від 2 до 18% мінеральних речовин [2].

Органічна частина будь-якого торфю містить бітум, фульвокислоти, гумінові кислоти, геміцелюлозу, целюлозу і лігнін. Крім того, в продуктах розкладу рослин і тварин наявні залишки амінокислот, меркаптанів та дисульфідів і сполук фосфору, який в даному випадку походить із білків насіння. Торф'яний бітум – це суміш високомолекулярних (C<sub>13</sub> – C<sub>35</sub>) парафінових вуглеводнів (алканів, алкенів) і вуглеводнів ароматичного та жирноароматичного рядів, а також їх оксигенових, сульфогенових та нітрогенових похідних [3].

В основному, це моносахариди із загальною формулою C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>5</sub> та C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>6</sub>; геміцелюлози та целюлози, тобто полісахариди C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>6</sub>; гумінові кислоти – похідні багатоядерних ароматичних вуглеводнів з конденсованими ядрами та лігніни – нерегулярно побудовані тримірні полімери жирноароматичного ряду.

Повне згорання всіх перелічених речовин повинно приводити до утворення карбон діоксиду, азоту, парів води і невеликих кількостей оксидів сульфуру та фосфору. Наприклад, повне згорання моносахаридів проходить за реакцією [4]:



Тобто, в повітря з одної молекули моносахариду повинно переходити 5 молекул карбон діоксиду, 4 молекули води та 16,92 молекул азоту, і при цьому спалюватися 4,5 умовних молекул повітря. Або, 178 г моносахариду, забираючи 144 г кисню, повинні утворювати 220 г вуглекислого газу та 72 г води, залишаючи азот недоторканим.

Це і само по собі шкідливо, так як кисень частково забирається з атмосфери (кисню, який міститься у самому торф'ї для горіння не вистачає) і, натомість, атмосфера насичується вуглекислим газом - винуватцем парникового ефекту. Але, мало того, в умовах горіння при недостатній кількості окисника, що характерно для торфовищ, повне горіння не відбувається. До того ж, крім моносахаридів, геміцелюлоз та целюлози, які згорають відносно легко і швидко, похідні ароматичних вуглеводнів і лігніни горять дуже погано і повільно. Вказані причини приводять до утворення отруйних продуктів неповного згорання: чадного газу (карбон оксиду) та рідких і твердих продуктів піролізу. Останні, в суспензії з газоподібними продуктами згорання, утворюють їдкий і отруйний дим. Задимленість і токсичність пожеж на торфовищах набагато перевищують відповідні показники звичайних пожеж на відкритих просторах.

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 внаслідок такої пожежі повинна базуватися на кількості кожної із забруднюючих речовин і затвердженого нормативу збитків від такого роду забруднення.

Розробити загальну методику точного розрахунку витрат, необхідних для повернення навко-

лишнього середовища в той стан, який був до пожежі, неможливо. Однак, методику оперативної, хоча б наближеної, оцінки таких втрат розробити можна.

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» [5, 6], 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:

$$A_i = 1 / \text{ГДК}_i, \text{ де} \quad (2)$$

ГДК<sub>i</sub> – середньодобова гранично допустима концентрація (ГДК) або орієнтовно безпечний рівень впливу (ОБРВ) і-ї забруднюючої речовини, мг/м<sup>3</sup>. 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:

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

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

$K_{\phi}$  – коефіцієнт, що враховує господарське значення населеного пункту.

Коефіцієнт забруднення атмосферного повітря в населеному пункті розраховується за формулою:

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

$q$  – середньорічна концентрація забруднюючої речовини за даними прямих інструментальних вимірів на стаціонарних постах за попередній рік, мг/м<sup>3</sup>.

ГДК<sub>i</sub> – середньодобова гранично допустима концентрація і-ої забруднюючої речовини мг/м<sup>3</sup>.

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.

#### **Проведення досліджень**

В якості моделі при оцінці екологічних наслідків пожеж на торф'яниках прийнято використати раніше [7] фізичну модель горіння зразків торфю Ірдинського (Черкаська область) родовища. За елементним складом висушені зразки торфю, як і

зразки сухої деревини в середньому містять біля 50% вуглецю і 6% водню. Решта 44% припадає на кисень і деяку (орієнтовно по 1%) кількість азоту та сірки. Теоретично, за методикою, що використовуються в теорії горіння [4], для спалювання 1 кг речовини такого складу в розрахунку на нормальні умови потрібно:

$$0,269 [50/3 + 6 + (1-42)/8] = 4,7 \text{ м}^3 \text{ повітря}$$

Але в реальних умовах безпосередньо з повітрям контактують лише поверхневі шари, решта матеріалу горить, використовуючи виключно той кисень, що знаходиться в товщі торфовища. По експертних оцінках [7] це складає лише 30% від теоретично необхідного. Тобто, недопал виглядає так, ніби насправді потрібно  $4,7 \times 100/30 = 15,7 \text{ м}^3$  і коефіцієнт хімічного недопалу в цьому випадку орієнтовно можна прийняти таким, що дорівнює  $\beta_{\text{ХН}} = 0,90$  [4]. Отже, з 1 кг торфу при пожежі 900 г перетворюються в газоподібні продукти згорання, а до 100 г рідких та твердих частинок у вигляді завису переходять в дим. Основною складовою цих частинок майже на 100% є вуглець, який створює попіл.

Як визначено [7], при згоранні 1 кг торфу Ірдинського торфовища в середньому утворюється 359 г CO, 13 г NO<sub>2</sub> і 133 г SO<sub>2</sub>. За нормальних умов це складає  $0,359 \times 22,4/28 = 0,2872 \text{ м}^3 \text{ CO}$ ;  $0,013 \times 22,4/44 = 0,0066 \text{ м}^3 \text{ NO}_2$  та  $0,133 \times 22,4/64 = 0,0465 \text{ м}^3 \text{ SO}_2$ . Разом  $0,3404 \text{ м}^3$ .

13 г NO<sub>2</sub> мали утворитися з  $13 \times 14/46 = 3,957 \text{ г}$  азоту. 133 г SO<sub>2</sub> мали утворитися з  $133 \times 32/64 = 66,500 \text{ г}$  сірки. 359 г CO мали утворитися з  $359 \times 12/28 = 153,857 \text{ г}$  вуглецю. Якщо вважати, що всього у складі 1 кг торфу було 50%, тобто 500 г, вуглецю, і 50 г з них перейшло у тверді та рідкі частинки, то з утворенням CO<sub>2</sub> згоріло  $450,000 -$

$153,857 = 296,143 \text{ г}$  карбону. Цей карбон утворив  $0,296143 \times 22,4/12 = 0,5528 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$ .

Таким чином, за умовами моделі при згоранні 1 кг торфу до складу диму потрапляють 100 г рідких та сухих частинок, а 296,143 г карбону утворюють CO<sub>2</sub>, 153,857 г карбону утворюють CO, 54 г водню утворюють пари води; 66,500 г сульфур - SO<sub>2</sub>, та 3,957 г нітрогену - NO<sub>2</sub>. Зрозуміло, що, крім такого нітрогену, був ще нітроген, який перетворився у молекулярний N<sub>2</sub>. Але його відносно небагато, до того ж до шкідливих він не відноситься. Так що, неврахування його до помітної помилки не призводить.

При згоранні 1 кг-молю карбону (або 12 кг вуглецю) до вуглекислого газу утворюється 1 кг-моль (або  $22,4 \text{ м}^3$ ) CO<sub>2</sub> і лишається від повітря 3,76 кг-моля (або  $84,2 \text{ м}^3$ ) N<sub>2</sub> [4]; при згоранні такої ж кількості карбону до чадного газу утворюється 1 кг-моль (або  $22,4 \text{ м}^3$ ) CO і лишається від повітря 1,88 кг-моля (або  $42,1 \text{ м}^3$ ) N<sub>2</sub>. При спалюванні 1 кг вуглецю, відповідно утворюється 1,86 м<sup>3</sup> вуглекислого газу і 7,0 м<sup>3</sup> азоту або 1,86 м<sup>3</sup> CO та 3,5 м<sup>3</sup> N<sub>2</sub> [4]. При спалюванні 1 кг водню утворюється 11,2 м<sup>3</sup> води і лишається від повітря 21 м<sup>3</sup> азоту. При спалюванні 1 кг сірки – 0,7 м<sup>3</sup> її оксиду (SO<sub>2</sub>) і 2,62 м<sup>3</sup> азоту. Азот, який міститься в спалюваній речовині у вигляді нітратів, нітритів та естерів нітрокислот, до складу диму переходить у вигляді NO<sub>2</sub>, решта азоту - в-основному у вигляді молекулярного (N<sub>2</sub>). В останньому випадку з кожного моля нітрогену до диму переходять 22,4 м<sup>3</sup> азоту, або з кожного кілограму – 0,8 м<sup>3</sup>.

Нижче наведено таблицю розрахунку кількості складових диму при згоранні 1 кг висушеного торфу Ірдинського родовища.

Таблиця 1.

Склад газоподібних продуктів згорання 1 кг торфу

Речовина і її кількість, кг	Продукт горіння, м <sup>3</sup>					
	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Карбон 0,296143	0,296143 x1,86 =0,5508	-	-	-	-	0,296143x7 =2,0730
Карбон 0,153857	-	0,153857x1,86 =0,2862	-	-	-	0,153857x3,5 =0,5385
Гідроген 0,054000	-	-	0,054x11,2 =0,6048	-	-	0,054x21 =1,1340
Сульфур 0,066500	-	-	-	0,0665x0,7 =	-	0,0665x2,62 =0,1742
Нітроген в NO <sub>2</sub> , 0,003957	-	-	-	-	0,0066	-

3,9197

Разом 5,4147 м<sup>3</sup>.

Як впливає з таблиці 1, у першому наближенні можна вважати, що при горінні 1 кг висушеного торфу Ірдинського торфовища утворилося б (у перерахунку на нормальні умови) 5,4147 м<sup>3</sup> газоподібних речовин, у яких в стані завису містилося б біля 100 г рідких та твердих частинок. Приймаючи середню густину твердих і рідких частинок такою, що дорівнює 3,0 г/см<sup>3</sup>, можна припустити, що при спалюванні 1 кг торфу до диму переходить

0,000033 м<sup>3</sup> твердих та рідких частинок, тобто в розрахунку загального об'єму диму від спалювання 1 кг торфу об'ємом цих частинок можна знехтувати.

В такому разі в кожному кубічному метрі такого диму орієнтовно міститься:

твердих та рідких частинок  $33/5,4147 = 6,1 \text{ см}^3$ , або 0,0006 % (об);

CO<sub>2</sub>  $550800/5,4147 = 101723 \text{ см}^3$ , або 10,17 % (об);

CO 286200/5,4147 = 52856 см<sup>3</sup>, або 5,29 % (об);  
 SO<sub>2</sub> 46600/5,4147 = 8606 см<sup>3</sup>, або 0,86 % (об);  
 NO<sub>2</sub> 6600/5,4147 = 1219 см<sup>3</sup>, або 0,12 % (об);  
 N<sub>2</sub> 3919700/5,4147 = 723900 см<sup>3</sup>, або 72,39 % (об);  
 H<sub>2</sub>O 604800/5,4147 = 111696 см<sup>3</sup>, або 11,17 % (об).

В перерахунку на масові одиниці це складає: твердих та рідких частинок 100/5,4147 = 18,46 г/м<sup>3</sup> ≈ 0,018 кг/м<sup>3</sup>;

CO<sub>2</sub> 101723x0,00197 = 200,39 г/м<sup>3</sup> ≈ 0,200 кг/м<sup>3</sup>;  
 CO 52856x0,00125 = 66,07 г/м<sup>3</sup> ≈ 0,066 кг/м<sup>3</sup>;  
 SO<sub>2</sub> 8606x0,00286 = 24,59 г/м<sup>3</sup> ≈ 0,025 кг/м<sup>3</sup>;  
 NO<sub>2</sub> 1219x0,00205 = 2,50 г/м<sup>3</sup> ≈ 0,003 кг/м<sup>3</sup>;  
 N<sub>2</sub> 723900x0,00125 = 904,88 г/м<sup>3</sup> ≈ 0,905 кг/м<sup>3</sup>;  
 H<sub>2</sub>O 111693x0,00080 = 89,35 г/м<sup>3</sup> ≈ 0,089 кг/м<sup>3</sup>.  
 Разом ≈ 1306 кг/м<sup>3</sup>.

Шкідливими з них є карбон оксид, карбон діоксид, сульфур діоксид, нітроген діоксид та тверді і рідкі частинки.

Так як при згоранні 1 кг торфу утворюється 5,4147 м<sup>3</sup> газової суміші наведеного складу, то для розрахунку кількості продуктів згорання 1 кг торфу ці цифри слід помножити на 5,4147.

Отже, при вигоранні 1 га торфовища в повітря переходить 7,072 кг газоподібних продуктів. З них шкідливі: 1,083 кг CO<sub>2</sub>, 0,357 кг CO, 0,135 кг SO<sub>2</sub>, 0,016 кг NO<sub>2</sub> та 0,100 кг твердих та рідких частинок.

В подальшому тверді та рідкі складові диму частково розсіюються в оточуюче середовище разом із газоподібними продуктами, а частково осідають на поверхню.

При температурі пожежі (орієнтовно 1200 К) об'єм газоподібної фази зрозуміло буде більшим у 4-5 разів. Потім, при остиганні до температури оточуючого середовища, він поступово буде зменшуватися до приблизно 6 м<sup>3</sup>/кг спаленого торфу (в залежності від температури оточуючого повітря). Але відсотковий вміст азоту, парів води і усіх шкідливих речовин, включно з твердими та рідкими залишками, буде той самий..

### Результати досліджень

Оцінка екологічних наслідків забруднення повітряного басейну внаслідок пожежі повинна базуватися на кількості кожної із забруднюючих речовин і затвердженому нормативі збитків від такого роду забруднення.

Показники для розрахунку шкоди повітряному простору, згідно з інструкцією «Про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього середовища» [5,6], для цих речовин наведено у таблиці 2.

В роботі прийнято, що середня чисельність розташованого поблизу населеного пункту складає 500 тис. чоловік, отже прийнятий K<sub>нас</sub> = 1,5 [5]; як тип населеного пункту прийнято місто обласного підпорядкування з K<sub>ф</sub> = 1,3 [5]. Тоді, K<sub>т</sub> = 1,5 × 1,3 = 1,95. Вважаючи, що в даному населеному пункті вимір концентрації забруднюючої речовини не проводився, значення коефіцієнта K<sub>зі</sub> взято таким, що дорівнює 1 [5].

Проведений розрахунок показує, що при горінні 1 кг торфу Ірдинського родовища екологічні втрати від пожежі орієнтовно складуть:

$$A_{\phi} = (A_{\phi})_{CO_2} + (A_{\phi})_{CO} + (A_{\phi})_{SO_2} + (A_{\phi})_{NO_2} + (A_{\phi})_{ТВ}$$

$$A_{\phi} = 1,083 \times 0,019 \times 0,002 \times 1,95 \times 1 + 0,357 \times 0,019 \times 0,5 \times 1,95 \times 1 + 0,135 \times 0,019 \times 1,0 \times 1,95 \times 1 + 0,016 \times 0,019 \times 0,5 \times 1,95 \times 1 + 0,1 \times 0,019 \times 1,0 \times 1,95 \times 1 = 0,000080 + 0,006613 + 0,005002 + 0,0002964 + 0,003705 = 0,0156964$$

грн/кг, або 15,7 грн за 1 тн сухого торфу, який згорів.

При реальній пожежі одночасно може горіти шар торфу товщиною 25-50 см [12], в середньому 0,33 м. При середній питомій густині торфу в 1,6 кг/м<sup>3</sup> [13,14] з 1 кв. м вигорає орієнтовно 1.6x0,33x1 = 0,53 кг, з 1 га – 5300 кг. Таким чином, згідно існуючих в Україні нормативів, втрати для екологічного середовища від пожежі на 1 га торфовища, не рахуючи потенціальних трат торфу як матеріальної цінності, складають

$$5,3 \times 15,7 = 83,2 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.

Показники для розрахунку екологічних втрати від пожежі при горінні торфу

№ з/п	Показник	CO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	Тверді та рідкі частинки
1	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	5000,0 [8]	20,0 [9]	10,0 [9]	10,0 [9]	20,0 [9]
2	A <sub>i</sub> = 10 / ГДК	0,002	0,5	1,0	1,0	0,5
3	Клас небезпечності	4 [10]	4 [10]	4 [10]	4 [10]	4 [10]
4	K <sub>т</sub> = 1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
5	K <sub>зі</sub> = 1	K <sub>зі</sub> = 1	K <sub>зі</sub> = 1	K <sub>зі</sub> = 1	K <sub>зі</sub> = 1	K <sub>зі</sub> = 1
6	НЗ, грн/кг	0,019 [11]	0,019 [11]	0,019 [11]	0,019 [11]	0,019 [11]

### Обговорення результатів дослідження

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

Між тим, цифра 83,2 грн за пожежу на 1 га торфовища, яка орієнтується на чинне Українське законодавство, не йде ні в яке порівняння з екологічною шкодою, яку створюють в навколишньому природному середовищі продукти такої пожежі.

Розрахунок екологічної шкоди пожеж і інших надзвичайних ситуацій сучасними економістами базується лише 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 та діоксидом нітрогену, 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 і окремих осіб у виконанні національних зобов'язань не розглядаються. Але саме між окремими підприємствами та особами будуть розділені національні зобов'язання, і саме вони будуть вимушені проводити відшкодування витрат щодо скорочення викидів парникових газів.

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. Квота на викид 1 тн вуглекислого газу на аукціонних торгах постійно змінюється і на сьогодні знаходиться в районі 8 \$, що на початок 2023 року еквівалентне майже 320 грн.

Як розраховано вище, викид парникових газів при пожежі на 1 га торфовища складає біля 1,083 тн  $\text{CO}_2 + 0,135$  тн  $\text{SO}_2 + 0,016$  тн  $\text{NO}_2$ . Якщо ж чадний газ в атмосфері поступово окислюється до вуглекислого газу, то до парникових газів в даному випадку додається ще 0,357 тн. А сертифікат та ці викиди складе  $(1,083 + 0,135 + 0,016 + 0,357) \times 320 \approx 510$  грн. Ця цифра майже на порядок більша за розмір виплат за забруднення навколишнього природного середовища, яке впливає на здоров'я людей, згідно чинного законодавства. Причому, в розрахунку ще не враховані збитки від дії діоксиду сульфуру та діоксиду нітрогену на кислотність дощів, оскільки міжнародними угодами не закріплені виплата збитків за такі викиди.

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

#### **Висновки**

1. На прикладі пожежі Ірдинського (Черкаська область) торфовища запропоновано методику і проведено орієнтовний розрахунок екологічних втрат від вигорання торфу на 1 га площині.

2. Показано, що при вигоранні 1 га цього родовища утворюється 5,4147 м<sup>3</sup> газоподібних продуктів, які містять значну кількість шкідливих речовин, зокрема: 1,083 кг  $\text{CO}_2$ , 0,357 кг  $\text{CO}$ , 0,135 кг  $\text{SO}_2$ , 0,016 кг  $\text{NO}_2$  та 0,100 кг твердих та рідких частинок

3. Знайдено, що згідно з діючою інструкцією «Про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього середовища» втрати за забруднення оточуючого середовища в цьому випадку складають 83,2 грн за 1 га площі пожежі.

4. Виявлено невідповідність діючої в Україні інструкції з розрахунку втрат від забруднення

оточуючого середовища міжнародній практиці оцінки такого забруднення та означеним в Українському законодавстві екологічним пріоритетам. Запропоновано проробити питання про удосконалення методики.

#### **Список літератури**

1. Закон України «Про основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року»

2. Геологический словарь. Том второй. – Москва: «Недра», 1978 г. – С. 320-321.

3. Краткая химическая энциклопедия, т. 1. – Москва: Советская энциклопедия, 1965 г. – 1263 с.

4. Єлагін Г. І., Тищенко Є. О., Алексєєв А. Г., Нуянзін В. М., Майборода А. О. Виникнення і розвиток горіння та вибуху. Припинення горіння. – Черкаси: ЧПБ, 2020 г. – 443 с.

5. Постанова Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 року № 175 «Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру»

6. Шкарабура М.Г., Єлагін Г.І., Куценко М.А. Методика наближеного розрахунку екологічних втрат від забруднення навколишнього природного середовища внаслідок пожежі // Науковий збірник «Проблеми пожежної безпеки» Харків «Фоліо» – 2003, вип.14 - С. 91 - 93.

7. Мігаленко К. І., Єлагін Г. І., Ленартович Є. С. Дослідження продуктів згорання зразків торфу Ірдинського родовища Черкаської області. Вісник Черкаського державного технологічного університету, № 2, 2008 р., стор.134 – 137.

8. Предельно допустимая концентрация  $\text{CO}_2$  в воздухе [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://iceoom.com.ua/blog/predelno-dopustimaya-koncentraciya-pdk/>

9. Требования к воздуху рабочих зон (ГОСТ) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ecocat.biz/vozduh%20trebovania>

10. Класс опасности химического вещества. Министерство чрезвычайных ситуаций Украины. Приказ от 22.03.2012 № 627. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://studme.com.ua/1719051211009/marketing/klas\\_sy\\_opasnosti\\_veschestv.htm](https://studme.com.ua/1719051211009/marketing/klas_sy_opasnosti_veschestv.htm).

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. N 303.

12. Ленартович Є. С., Мігаленко К. І., Тищенко Є. О. Залежність процесу горіння та поширення підземних пожеж на торф'яниках від фізико-хімічних властивостей торфу. Збірник наукових праць «Пожежна безпека». – Львів 2008. № 12.

13. Ленартович Є. С., Божинов О.О., Тищенко Є. О. Розвиток пожеж на торф'яниках. Вісник Черкаського державного технологічного університету. Черкаси. 2005. - № 2 – С. 145-151.

14. Матеріал з Вікіпедії. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Торф>.