

*Р. Ю. Сукач, В. В. Ковалишин, Я. Б. Кирилів
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

ЗНИЖЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТОРФ'ЯНИКІВ, ТОРФОРОЗРОБОК ТА СПОСОБИ І ПРОТИПОЖЕЖНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ ГАСІННЯ

Як відомо, торф використовується для енергетичних та сільськогосподарських потреб упродовж тривалого часу у ряді країн світу. Згідно із статистичними даними Міжнародного торф'яного товариства (International Peat Society, IPS), світові запаси торфу становлять понад 400 млн га, з яких більше 305 млн га зараз розробляється. В Україні розвідано понад 2500 родовищ торфу із середньою глибиною залягання 1,4 м. З них близько 81% видобутого торфу використовують як паливо, а 19% – в сільськогосподарських цілях. Проте щорічно сотні тисяч кубометрів торф'яних родовищ нищуються пожежами. Статистика торф'яних пожеж у світі останнім часом залишається невтішною. Аналогічна ситуація спостерігається і в Україні. Торф'яні пожежі найчастіше виникають в місцях видобутку торфу, як правило, через неправильне поводження, від розрядів блискавки або самозаймання. Торф'яні пожежі часто охоплюють великі площі і важко піддаються гасінню, коли горить шар торфу значної товщини. Торф може горіти в усіх напрямках, незалежно від напрямку і сили вітру, а під ґрунтом він горить навіть під час помірної дощу і снігопаду.

Проаналізовано відомі методи запобігання пожежам в екосистемах торф-ліс та на цій основі запропоновано способи їх вдосконалення та розроблення нових.

Одним з найбільш дієвих засобів запобігання торф'яним пожежам є обмеження розповсюдження вогню завдяки викопаним ровам і широким канавам уздовж лісів. Ще однією можливістю забезпечитися від стихії може бути заводнення осушених торф'яників. Найдієвішим способом гасіння є обкопування території огороджувальними канавами. Їх копають до мінерального ґрунту або ґрунтових вод. Пожежа гаситься шляхом перекопування палаючого торфу і заливання його великою кількістю води. Моделювання огороджувальних каналів з урахуванням вологості підстилки та торф'яників, вітру, температури навколишнього середовища дає змогу визначити їх оптимальні розміри та розташування для підвищення ефективності процесу гасіння.

Підвищення ефективності гасіння торф'яних пожеж завдяки вдосконаленню конструкції пожежного ствола дає змогу покращити подачу вогнегасних речовин в горючий шар під час гасіння пожеж на глибині від 2 до 7-ми метрів, гасіння здійснюється по всій глибині розміщення та забезпечує безпечні умови праці пожежників під час ліквідації глибинних пожеж.

Вдосконалення існуючих вогнегасних змочувальних розчинів та розробка нових, для підвищення ефективності гасіння на глибинах до 7-ми метрів з кращими вогнегасними та проникаючими властивостями.

Ключові слова: торф'яні пожежі, викопні рови, обкопування, заводнення, моделювання огороджувальних каналів, спеціальний пожежний ствол, змочувальні розчини, гасіння пожеж

Вступ. Століттями торф використовується в якості палива – високий вміст вуглецю робить його корисним для приготування і підігріву їжі з давніх часів. Торф накопичується у вигляді органічного матеріалу, такого як листя, трави, повалені дерева і корінна система, протягом десятиліть або століть. При займанні, часто в результаті пожежі чи удару блискавки, він тліє і може горіти непоміченим протягом декількох місяців або навіть років, і навіть століть. Торф'яні пожежі являють собою глобальну загрозу, яка має вагомі економічні і екологічні наслідки [1].

Згідно із статистичними даними Міжнародного торф'яного товариства (International Peat Society, IPS), світові запаси торфу становлять понад 400 млн га, з яких більше 305 млн га зараз розробляється. Торф для енергетичних і сільськогосподарських потреб добувають упродовж тривалого часу у ряді країн світу. Найбільші запаси торфу мають в розпорядженні дві країни: Канада – 170 млн га і Росія – 162,7 млн га. Проте щорічно сотні тисяч кубометрів торф'яних родовищ виявляються охоплені пожежами. Статистика торф'яних пожеж у світі останнім часом залиша-

ється невтішною. До торф'яних пожеж схильні Північна Америка, Канада, Великобританія, Фінляндія, Сінгапур, Таїланд, Малайзія та ін. Найбільші торф'яні пожежі були зафіксовані в 1997 році в Індонезії. В атмосферу потрапило 0,81-2,57 т вуглецю [2]. Сотні торфовищ на Калімантані і Східній Суматрі продовжують горіти з 1997 року, щорічно будучи причиною численних лісових і степових пожеж. У Росії критичного рівня ситуація з торф'яними пожежами досягла влітку 2010 року, коли незвично висока температура (до 40 °С) стала причиною займання великих родовищ торфу в центральній частині країни. Місто Москва було охоплене отруйним димом (смогом), ситуація залишалася надзвичайною до кінця серпня [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В Україні 2200000 га торф'яників. Розподіл торф'яних родовищ пов'язаний з географічною широтою, рельєфом і геоморфологічною будовою місцевості. В Україні виявлено понад 2500 родовищ торфу [3, 4] із середньою глибиною залягання 1,4 м. В Україні близько 81% видобувного торфу використовують як паливо, а 19% – в сільськогосподарських цілях [5]. Близько 70% торфовищ зосереджено на території Полісся. На сьогодні в Україні вироблено більш 45 % розвіданих запасів. За інформацією управління ДСНС у Чернігівській області від 22 жовтня 2018 року вогонь охопив 60 га торф'яників в Сновському і Козелецькому районах. Місцеві жителі розповіли, що над Сновським районом, де горіло понад 58 га, стояла димова завеса, а торф прогорів на пів метра вглиб. До робіт з гасіння масштабних пожеж на торф'яниках залучалося 111 чоловік і 37 одиниць спеціальної і допоміжної техніки [3]. 24 жовтня, рятувальники ліквідували пожежу торфу приблизно на площі – 2,7 га. Загоряння також було ліквідовано на площі 2,4 га в Сновському і Козелецькому районах Чернігівської області 25 жовтня 2018 року.

У трьох населених пунктах Львівської області 6 травня 2018 року загорілися торфовища. Пожежа виникла в селищі Гамаліївка. Також загоряння зафіксували в населеному пункті Смотров. За даними департаменту з питань цивільного захисту, в селищі Бірки Яворівського району торф горів на площі 10 га. Протягом 6 травня 2018 року пожежники ліквідували загоряння на площі 0,5 га. Залишилося загасити 9,5 га, роботи з ліквідації пожежі протягом певного часу тривали [6]. Згодом пожежу було ліквідовано.

Поблизу села Обуховичі Іванківського району Київської області на площі 0,4 гектара загорілися поклади торфу 11 листопада 2016 року. Повідомлення про загоряння надійшло вранці. Локалізувати пожежу вдалося о першій годині дня.

Згодом силами дев'яти пожежників вдалося ліквідувати пожежу [7].

За даними Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) з початку 2015 року лише на території Київської області було зареєстровано 153 торф'яні пожежі на загальній площі більше 130 га. А найбільше занепокоєння місцевих мешканців викликало тління торфу у зоні відчуження [5].

Так, займання сухої трави і очерету відбулося на території «Чорнобильської пущі» ще 29 липня поточного року, а локалізувати пожежу вдалося лише 16 серпня. Станом на 19 серпня в ДСНС повідомили, що рятувальники продовжують ліквідацію пожежі: «Роботи з гасіння проводяться у цілодобовому режимі, ситуація контролювана. Окремих осередків тління лісової підстилки, осередків відкритого вогню немає» [5]. З вище перелічених фактів бачимо, що пожежі в екосистемах торф-ліс повторюються практично кожен рік з більшою або меншою інтенсивністю. Тому існуючі методи боротьби з такими пожежами потребують вдосконалення та розвитку, що зумовлено природними викликами та людським фактором.

Мета роботи проаналізувати відомі методи запобігання пожегам в екосистемах торф-ліс та на цій основі запропонувати способи їх вдосконалення та розроблення нових.

Результати досліджень. Торф'яні пожежі найчастіше виникають в місцях видобутку торфу, як правило, через неправильне поводження, від розрядів блискавки або самозаймання. Торф горить повільно на всю глибину його залягання. Торф'яні пожежі часто охоплюють великі площі і важко піддаються гасінню, особливо коли горить шар торфу значної товщини. Торф може горіти в усіх напрямках, незалежно від напрямку і сили вітру, а під ґрунтом він горить навіть під час помірного дощу і снігопаду.

Торф'яні пожежі рухаються повільно, по декілька метрів на добу, і відзначаються тим, що їх майже неможливо загасити. Вони небезпечні раптовими проривами вогню з-під землі і тим, що їх край не завжди помітний [8].

Ознакою підземної торф'яної пожежі є характерний запах диму, який місцями просочується з-під землі, а сама земля гаряча. Температура в товщі торфу, охопленого пожежею, більше тисячі градусів. Це створює проблеми з гасінням – вода, яка потрапляє на територію горіння, випаровується перш, ніж досягає вогнища. Торф'яні пожежі створюють небезпеку провалу в прогорілий ґрунт людей і техніки, тож слід бути обережними та не перебувати поряд із небезпечними місцями. Серйозною проблемою під час ліквідації подібних пожеж є той факт, що торф'яники здатні горіти навіть під час суттєвих опадів. Ґрунтові

торф'яні пожежі провокують розвиток низової лісової пожежі. Це означає, що вогонь заглиблюється у шар торфу біля стовбурів дерев, корені дерев падають і утворюють завали.

Загалом, ліквідацію торф'яних пожеж частіше ускладнюють важкодосяжність районів гасіння і віддаленість їх від джерел водопостачання, нераціональність, а часом, і неможливість залучення автотранспорту для доставки води, а для здійснення протипожежних заходів потреба в ній може сягати декількох тисяч тонн на добу.

Одним з найбільш дієвих засобів запобігання торф'яним пожежам є обмеження розповсюдження вогню завдяки викопаним ровам і широким канавам уздовж лісів. Ще однією можливістю забезпечитися від стихії може бути заводнення висохлих торф'яників. Найдієвішим способом гасіння є обкопування території огорожувальними канавами. Їх копають до мінерального ґрунту або ґрунтових вод. Пожежа гаситься шляхом перекопування палаючого торфу і заливання його великою кількістю води. Ліквідація горіння торфовищ є складною тому, що воно тліє на великій глибині [8]. Головною проблемою таких пожеж є те, що загасити тліючі торф'яники за короткий час майже неможливо.

Сучасні методи управління технічними системами та процесами базуються на широкому використанні математичних методів та ЕОМ. Застосовувати математику для розв'язування певних технічних задач почали давно, сотні років тому. Але протягом останніх років, коли технічна наука сягнула певних рубежів у своєму розвитку і в ній постали задачі, які не вдається розв'язати за допомогою традиційних методів, математика посіла в цій науці одне з основних місць. Сформувався напрямок теоретично-практичних досліджень – математичне моделювання. Математичне моделювання є вираженням процесу математизації наукового технічного знання. Математика, проникаючи в сутність пожежної безпеки, приносить із собою точність та універсальність розв'язків, строгість і довершеність наукових концепцій. З розвитком математики, електронної обчислювальної техніки, загальнометодологічних та технічних наук дедалі різноманітнішими стають математичні моделі, виникають усе нові форми математичного моделювання.

Математична модель кожного об'єкта (процесу, явища) містить у собі три групи елементів: 1) характеристику об'єкта, який потрібно визначити (невідомі величини), – вектор $Y = (y_j)$; 2) характеристики зовнішніх (щодо модельованого об'єкта) умов, які змінюються, – вектор $X = (x_j)$; 3) сукупність внутрішніх параметрів об'єкта – A . Множини умов та параметрів X і A можуть розглядатись як екзогенні величини (тобто такі, які

визначаються поза рамками моделі), а величини, що належать вектору Y , – як ендогенні (тобто такі, які визначаються за допомогою моделі). Математичну модель можна тлумачити як особливий перетворювач зовнішніх умов об'єкта X (входу) на характеристики об'єкта Y (виходу), які мають бути знайдені. Залежно від способу вираження співвідношень між зовнішніми умовами, внутрішніми параметрами та характеристиками, які мають бути знайдені, математичні моделі поділяються на дві групи: структурні та функціональні.

Структурні моделі відбивають внутрішню організацію об'єкта: його складові частини, внутрішні параметри, їх зв'язок з «входом» і «виходом» і т. ін. Розрізняють три види структурних моделей:

$$Y_j = f_j(A, X); \quad (1)$$

$$\Psi_i(A, X, Y) = 0; \quad (2)$$

Імітаційні моделі.

У моделях першого виду всі невідомі величини подаються у вигляді явних функцій від зовнішніх умов і внутрішніх параметрів об'єкта. У моделях другого виду невідомі визначаються одночасно із системи співвідношень i -го виду рівнянь, нерівностей і т. ін. В імітаційних моделях невідомі величини визначаються також одночасно із вхідними параметрами, але конкретний вигляд співвідношень невідомий.

Моделі типу (1) і (2) – це досить визначені математичні задачі, які можна розв'язати з допомогою чисельних алгоритмів. Модель (1) дає аналітичний розв'язок, але можливості побудови таких моделей дуже обмежені. Для розв'язування задачі (2), яка не зводиться до задачі (1), необхідно мати алгоритм, причому цей алгоритм може застосовуватися не лише для окремих розв'язків, але й виявляти загальні властивості розв'язків, які не залежать від конкретних параметрів задачі. Імітаційні моделі не зводяться до чітко визначених математичних задач, а тому потрібно знаходити особливі способи для одержання розв'язків. Такі моделі виникають при спробах дати математичний опис особливо складних об'єктів (складних систем). Для дослідження цих об'єктів (систем) використовуються порівняно нові математичні методи: теорія випадкових процесів, теорія ігор та статистичних рішень, теорія автоматів і т. ін. Активну роль в процесі такого моделювання відіграють ЕОМ. Імітаційні моделі не мають чіткого зображення внутрішньої організації (структури) об'єкта, і тому їм належить проміжне місце між структурними та функціональними моделями [9, 10].

Тому можна використати математичне моделювання огорожувальних каналів з урахуванням вологості підстилки та торф'яників, вітру, темпе-

ратури навколишнього середовища, яке дасть змогу визначити їх оптимальні розміри та розташування для підвищення ефективності процесу гасіння та запобігання поширенню.

Причина пожеж на торфовищах – спалювання сухого листя, трави та побутового сміття. Вогонь із цих пожеж перекидається на торфополя та провокує їх займання. Будь-яке недбальство чи легковажність може стати поштовхом до розвитку ще однієї торф'яної пожежі і завдати значного клопоту не лише рятувальникам. Під загрозою можуть опинитися і компоненти екосистеми, і домівки людей, які межують із торф'яними полями. Через розповсюдження диму погіршується видимість на автошляхах, що створює загрозу виникнення ДТП.

Під час гасіння пожежі торф'яного поля і родовища керівник гасіння пожежі (КГП) зобов'язаний [11]:

- організувати штаб на пожежі за участю представників місцевих органів влади;
- визначити напрям і швидкість руху вогню, товщину шару торфу і його однорідність;
- найбільш небезпечні ділянки, а також наявність будівель, газопроводів і загрози для них;
- визначити навколишні джерела водопостачання, їх об'єм і можливість використання для гасіння пожежі, за необхідності створити запас води шляхом створення нових джерел водопостачання і підняття рівня води у каналах, за можливості задіяти стаціонарні та пересувні системи зрошування;
- намітити кордони, в яких необхідно зупинити поширення вогню;
- забезпечити використання переобладнаної та пристосованої для пожежогасіння техніки і розподілити її у намічених кордонах;
- відповідно до обстановки скорегувати дії всіх пожежних підрозділів і населення, які залучені до гасіння;
- за необхідності організувати контроль за радіаційною обстановкою, передбачити заходи захисту особового складу від радіаційного пилу;
- забезпечити особовий склад через місцеві органи влади харчуванням, місцем відпочинку, а техніку – пально-мастильними матеріалами;
- для доставки у важкодоступні місця пожежної техніки, створити протипожежні розриви, тимчасові заприди тощо, використовувати техніку об'єктів господарювання (бульдозери, тягачі, трактори тощо);
- у разі загрози поширення пожежі на населені пункти, промислові (господарчі) об'єкти, поля посівних культур організувати їх захист, для чого виділити необхідну кількість людей та пожежної техніки тощо;

– організувати цілодобове несення постової і дозорної служби силами населення і місцевих протипожежних формувань у населеному пункті, а також на місцях, де можливе поширення вогню з торф'яного підприємства чи родовища;

– під час евакуації населення з населеного пункту керуватись відповідним планом.

У разі застосування торф'яних стволів ТС-1 і ТС-2 для повної ліквідації пожежі необхідно обробити смугу шириною 0,7...0,8 м, що прилягає до кромки пожежі. Для створення такої смуги свердловини варто розташовувати у два ряди. Перший ряд прокладають на відстані 0,1...0,2 м від видимої кромки, а другий – на 0,3...0,4 м від першого. Свердловини в кожному ряду прокладають на відстані 0,3...0,4 м одна від одної. Під час нагнітання води в стволи під тиском 3...4 ат (30...40 м вод. ст.) витрата води зі змочувальною речовиною становить 35...42 л/хв [3]. Залежно від глибини прогоряння торфу необхідний час для подавання води наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Час подавання води залежно від глибини прогоряння торфу

Глибина прогоряння торфу, м	0,2...0,4	0,4...0,7	0,7...1,2	1,2...2,0
Час подавання рідини, с	5...6	7...9	10...12	14...16

Якщо водного джерела поблизу вогнища пожежі немає, то її можна локалізувати за допомогою створення канами.

У випадках багатоосередкових торф'яних пожеж, що виникають на торф'янистих ґрунтах у результаті низової пожежі, гасіння можливе лише шляхом локалізації всієї площі, на якій знаходяться осередки пожежі. Таку локалізацію варто проводити за допомогою канавокопачів або вибухових матеріалів з подаванням потім у прокладену каналу води з місцевих водних джерел. За наявності достатньої кількості засобів водного пожежогасіння одночасно варто обробляти водою поверхню палаючого торфу.

Значну допомогу в гасінні торф'яних пожеж можуть надати пожежні команди, що мають на озброєнні пожежні насосні станції. Так, наприклад, пожежна насосна станція ПНС-110(131) (ТУ 22.10987-73) може подавати воду з відкритих джерел по магістральних рукавних лініях діаметром 150 мм на великі відстані. Станція може безпосередньо забезпечувати 3 пожежні автомобілі з насосними установками продуктивністю близько 40 л/с на відстані 4...5 км, заповнювати штучні водойми або канами, прориті навколо торф'яних пожеж.

Крім того, варто мати на увазі можливість залучення, у встановленому порядку, на гасіння торф'яних пожеж поливо-миючих машин, насосних станцій сільськогосподарського типу та іншої техніки з обслуговуючим персоналом, а також спеціальних трубопровідних підрозділів цивільного захисту.

Після ліквідації пожежі, площу, пройдену вогнем, необхідно періодично оглядати до випадання інтенсивних опадів.

Для покращення процесу гасіння пористих речовин, землі, торфу, териконів розроблено спеціальний пожежний ствол [12]. Його основною задачею є глибинне гасіння пожеж в будь-яку пору року, завдяки конусоподібній формі, виготовленій з оцинкованої гартованої сталі з наконечником та припаяною суцільною спіраллю, що дозволяє подавати вогнегасні речовини на глибину понад 2 метри. Цей ствол підвищує ефективність подачі вогнегасних речовин в горюче середовище завдяки загвинчуванню ствола в горючий шар, що забезпечує гасіння пожежі на заданій глибині, а саме до 7-ми метрів. Покращення гасіння на глибині відбувається завдяки подачі води (розчину піноутворювача) безпосередньо від моменту введення ствола в горючий шар. Для реалізації процесу глибинного гасіння пожежний ствол встановлюється на кінці пожежної рукавної лінії. Під тиском від помпи пожежно-рятувального автомобіля або мотопомпи, вода (розчин піноутворювача) подається по рукаву діаметром 77 мм. Ефект гасіння глибинних пожеж з глибиною прогару понад 2 м досягається тим, що вода (розчин піноутворювача) через отвори в корпусі ствола подається не на поверхню, а на глибину джерела горіння. При цьому, завдяки гвинтовій частині, шляхом обертання, ствол заглиблюється і виймається із поверхні палаючого торфу чи підстилки. Цей пожежний ствол дає змогу підвищити подачу вогнегасних речовин в горючий шар при гасінні пожеж на глибині 2 – 7 метрів, гасіння здійснюється по всій глибині розташування та забезпечує безпечні умови праці пожежників під час ліквідації глибинних пожеж. Він зі шнеком заглиблюється в шар (торф'яний, земляний і т. д.) на необхідну глибину за допомогою приєднаних ручок, де подається робочий тиск 0,4-0,7 МПа (4-7 ат). Далі витримується потрібний час подачі рідини, після чого подача рідини припиняється і ствол переноситься на інше місце.

Ствол "Спеціальний пожежний ствол для гасіння підземних пожеж" може вкручуватись не тільки за допомогою ручної сили, а й за допомогою спеціальної електричної машинки для закручування (викручування) гвинтових палів (KRE20Z1), швидке закручування (викручування)

здійснюється завдяки швидкому від'єднанню з'єднувальної головки та під'єднанню машинки до фланця гвинтової палі за допомогою 6 болтів. Ствол має спеціальне «кутове з'єднання», яке запобігає перелому рукавної лінії. На рис. 1 зображена схема спеціального пожежного ствола для гасіння підземних пожеж. Спеціальний пожежний ствол для гасіння підземних пожеж складається з: ручок, з'єднувальної головки, фланця, «кутового з'єднання», гвинтової палі з отворами [13].

Гасіння торф'яних пожеж ускладнюється тим, що при високих температурах відбувається термічний розклад торфомаси в поклади з виділенням бітумів і термобітумів – гідрофобних сполук, які відштовхують воду [14]. При контакті з водою частки торфу, просочені бітумом, не намокають, волога, просочуючись між ними, йде в ґрунтові води, тому поклади торфу можуть горіти роками до повного вигорання родовища.

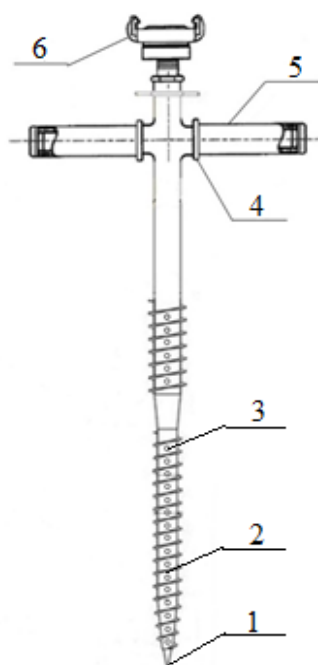


Рисунок 1 – Спеціальний пожежний ствол для гасіння підземних пожеж:

1 – наконечник з оцинкованої гартованої сталі; 2 – припаяна суцільна спіраль; 3 – отвір для подавання вогнегасної речовини; 4 – роз'єм для вкручування ручок вентильного типу; 5 – ручки вентильного типу для закручування ствола; 6 – з'єднувальна головка для підключення «кутового з'єднання»

Введення в воду поверхнево активних речовин (ПАР), що знижують поверхневий натяг води і підвищують змочувальну здатність торфу, є одним з найбільш ефективних способів боротьби з торф'яними пожежами. Однак для кожного складу торфу існують свої оптимальні склади ПАР як в якісному, так і в кількісному відношенні [15-18]. В даний час в якості ПАР (до 0,3%) застосовують: сульфанол НП, піноутворювачі Барс S-1, Барс S-1m.

Встановлено, що змочувальну здатність торфу може бути підвищено в 2-3 рази при використанні для гасіння 1-3% -них розчинів карбонатів і бікарбонатів натрію [19]. Ці розчини можуть застосовуватися не тільки для підвищення ефективності гасіння торф'яних пожеж, а й для їх запобігання.

Змочувальні розчини піноутворювачів використовують для гасіння твердих пористих горючих речовин і матеріалів органічного походження, які погано змочуються водою (наприклад, вати, торфу, вугілля, тканин, тирси). Їх застосування забезпечує змочування поверхні і проникнення змочувального розчину в пори. Застосування змочувальних розчинів піноутворювача замість води забезпечує суттєве збільшення швидкості гасіння пожежі [20, 21].

Висновки. 1. Одним з найбільш дієвих засобів запобігання торф'яним пожежам є обмеження розповсюдження вогню завдяки викопаним ровам і широким канавам уздовж лісів. Ще однією можливістю убезпечитися від стихії може бути заводнення осушених торф'яників. Найдієвішим способом гасіння є обкопування території огорожувальними канавами. Їх копають до мінерального ґрунту або ґрунтових вод. Пожежа гаситься шляхом перекопування палаючого торфу і заливання його великою кількістю води. Моделювання огорожувальних каналів з урахуванням вологості підстилки та торф'яників, вітру, температури навколишнього середовища дозволить визначити їх оптимальні розміри та розташування для підвищення ефективності процесу гасіння.

2. Підвищення ефективності гасіння торф'яних пожеж завдяки вдосконаленню конструкції пожежного ствола, що дасть змогу покращити подачу вогнегасних речовин в горючий шар при гасінні пожеж на глибині 2 – 7 метрів, гасіння здійснюється по всій глибині розміщення та забезпечує безпечні умови праці пожежних під час ліквідації глибинних пожеж.

3. Вдосконалення наявних вогнегасних змочувальних розчинів та розробка нових, для підвищення ефективності гасіння на глибинах до 7-ми метрів з кращими вогнегасними та просочувальними властивостями.

4. Створення програм розвитку торф'яних пожеж та відповідного на них реагування.

5. Створення загороджувальних смуг для захисту різноманітних екосистем від пожеж, причиною яких є займання торфу.

Список літератури

1. Yu. Bogdanova *et al.* Improving of operating efficiency of fire brigades during the suppression of peat fires by introducing a unit for bioactivating

drinking water into a water supply concept (an example of Tver region) 2019 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 492 012022.

2. Белькова Т.А. Обзор эколого-экономических последствий торфяных пожаров / Т.А. Белькова, В.А. Перминов, Н.А. Алексеев // XXI век. Техносферная безопасность. – 2016. Т. 1. № 3. – С. 35-44.

3. Кирилів Я. Б. Пожежна небезпека торф'яників, торфорозробок та методи і засоби підвищення ефективності їх гасіння / Я. Б. Кирилів, В. В. Ковалишин, Р. Ю. Сукач // Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2019. – С. 59 – 61.

4. Сучасна Україна: портрет з натури [Текст] / С. Федака. – Ужгород : Ліра, 2011. – 295 с.

5. <https://www.unian.ua/ecology/1113456-ukrajina-u-vogni-nebezpechni-torfyani-pojeji.html>.

6. <https://ua.korrespondent.net/ukraine/3968391-pid-lvovom-horyt-torf-na-ploschi-desiat-hektariv>.

7. <https://ua.korrespondent.net/city/kyiv/3771839-u-kyivskii-oblasti-zahorilysia-torfovyscha>.

8. Хорошавин Л. Б., Медведев О. А., Беляков В. А., Беззапонная О. В. Торфяные пожары и способы их тушения // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21, № 11. – С. 85-89.

9. Колодницький М. М. Основи теорії математичного моделювання систем. – Житомир, 2001. – 718 с.

10. Вітлінський В. В. Моделювання економіки. Навчальний посібник. – К.: КНЕУ, 2003. – 408 с.

11. Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж. Наказ Міністерства внутрішніх справ України 26 квітня 2018 року № 340.

12. Ширококов С. В., Скоробогатова Р. И., Садриев Р. И., Загуменов С. Ю. Ствол для тушения торфяных пожаров // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2017. – 4(25). – С. 60 – 63.

13. Пат. 133683 Україна, МПК А62С 3/02 (2006.01). Спеціальний пожежний ствол для гасіння підземних пожеж/ Ковалишин В.В., Сукач Р.Ю., Антонов А.В.; заявник та власник ЛДУ БЖД. – № у 2018 07685; заявл. 09.07.18; опубл. 25.04.19, Бюл. № 8.

14. Мисников О. С. Физико-химические основы гидрофобизации // Теоретические основы химической технологии. – 2006. – Т. 40, № 4. – С. 455-464.

15. Казаков М. В. Применение поверхностно-активных добавок для тушения пожаров. – М.: Стройиздат, 1977. – 80 с.

16. Лиштван И. И. Исследование возможности использования полимеров и ПАВ как структурообразователей торфяных почв. Новые процессы и продукты переработки торфа: сб. статей. – М.: Наука и техника, 1982. – С. 15-19.

17. Соловьев С. В. Выбор огнетушащих составов с учетом особенностей связи воды в торфе // Вестник ГПС. – 2004. – № 2. – С. 61-66.

18. Никитин Ю. А. Предупреждение и тушение пожаров в лесах и на торфяниках. – М.: Россельхоз-издат, 1986. – 96 с.

19. Соловьев С. В. Экологические последствия лесных и торфяных пожаров: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2006. – 222 с.

20. [Інструкція щодо застосування піноутворювача «Софір».](#)

21. Паспорт на використання Барс S-1.

References

1. Yu. Bogdanova *et al.* Improving of operating efficiency of fire brigades during the suppression of peat fires by introducing a unit for bioactivating drinking water into a water supply concept (an example of Tver region) 2019 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 492 012022.

2. Belkova T. A., Permynov V. A., Alekseev N. A. (2016) Overview of the environmental and economic consequences of peat fires. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost (XXI Century. Technosphere safety)*. T. 1., № 3, 35-44, Russia.

3. Fire hazard of peat bogs, peat mining and methods and means of increasing the efficiency of their extinguishing / Ya. B. Kyryliv, V. V. Kovalyshyn, R. Yu. Sukach // Emergencies: safety and protection: Materials of the IX International scientific-practical conference with international participation. – Cherkasy: CHIPB im. Heroiv Chornobylia NUTsZ Ukrainy, 2019. – S. 59 – 61.

4. Fedaka S. (2011), *Suchasna Ukraina: portret z natury [Modern Ukraine: a portrait from nature]*, Uzhhorod, Lira, Ukraine.

5. <https://www.unian.ua/ecology/1113456-ukrajina-u-vogni-nebezpechni-torfyani-pojeji.html>.

6. <https://ua.korrespondent.net/ukraine/3968391-pid-lvovom-horyt-torf-na-ploschi-desiat-hektariv>.

7. <https://ua.korrespondent.net/city/kyiv/3771839-u-kyivskii-oblasti-zahorilysia-torfovyscha>.

8. Khoroshavyn L. B., Medvedev O. A., et al. (2012). Peat fires and methods of extinguishing them. *Pozharovzryvobezopasnost (Fire and explosion safety)*, T. 21, 11, Russia.

9. Kolodnytskyi M. M. (2001). *Osnovy teorii matematychnoho modeliuвання system [Fundamentals theory of mathematical modeling systems]*, Zhytomyr, Ukraine.

10. Vitlinskyi V. V. (2003). *Modeliuвання ekonomiky. Navchalnyi posibnyk [Modeling the economy. Tutorial]*, KNEU, Kyiv, Ukraine.

11. Statut dii orhaniv upravlinnia ta pidrozdiliv Operativno-riatuvalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu pid chas hasinnia pozhezh. Nakaz Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukrainy 26 kvitnia 2018 roku № 340.

12. Shirobokov S. V., Skorobogatova R. I. et al. (2017) Barrel for extinguishing peat fires // *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii (Bulletin of the Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia)*, 4(25), 60 – 63, Russia.

13. Pat. 133683 Ukraina, MPK A62S 3/02 (2006.01). Spetsialnyi pozhezhnyi stvol dlia hasinnia pidzemnykh pozhezh/ Kovalyshyn V.V., Sukach R.Iu., Antonov A.V.; zaiavnyk ta vlasnyk LDU BZhD. – № u 2018 07685; zaiavl. 09.07.18; opubl. 25.04.19, Biul. № 8.

14. Misnikov O. S. (2006). Physicochemical fundamentals of hydrophobization. *Teoreticheskie osnovy himicheskoi tehnologii (Theoretical Foundations of Chemical Technology)*, T. 40, 4, 455-464, Russia.

15. Kazakov M. V. (1977). *Primenenie poverhnostno-aktivnykh dobavok dlia tusheniya pozharov [The use of surfactants to extinguish fires]*, Strojizdat, Moscow, USSR.

16. Lishtvan I. I. (1982). Study of the possibility of using polymers and surfactants as structural builders of peat soils. *Novye processy i produkty pererabotki torfa: sb. Statej (New processes and products of peat processing: Sat. articles)*, 15-19, Nauka i tehnika, Moscow, USSR.

17. Solovev S. V. (2004). The choice of fire extinguishing compositions, taking into account the peculiarities of the connection of water in peat. *Vestnik GPS (Bulletin of the SFS)*, 2, 61-66, Russia.

18. Nikitin Yu. A. (1986). *Preduprezhdenie i tushenie pozharov v lesah i na torfyaniках [Prevention and suppression of fires in forests and peatlands]*, Rossel'hoz-izdat, Moscow, USSR.

19. Solovev S. V. (2006). *Ekologicheskie posledstviya lesnyh i torfyanykh pozharov: dis. ... kand. tehn. Nauk, Moscow, Russia.*

20. [Instruktsiia shchodo zastosuvannya pinoutvoriuvacha «Sofir».](#)

21. Паспорт на використання Барс S-1.

REDUCING THE FIRE HAZARD OF PEATLANDS, METHODS AND FIRE-FIGHTING EQUIPMENT TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THEIR EXTINGUISHING

The article describes that peat has been used for energy and agricultural needs for a long time in several countries of the world. According to statistics from the International Peat Society (IPS), world peat reserves are over 400 million ha, of which more than 305 million ha are under development. In Ukraine, more than 2,500 peat deposits with an average depth of 1.4 m have been identified. Of these, about 81% of producing peat is used as fuel, and 19% is for agricultural purposes. However, every year hundreds of thousands cubic meters of peat deposits suffered from fires. Statistics of peat fires remains disappointing in the world in recent years. A similar situation is observed in Ukraine. Peat fires most often occur in places of peat extraction, as a rule, due to improper handling, from lightning discharges or spontaneous combustion. Peat fires often cover large areas and are difficult to extinguish, especially when a peat layer of considerable thickness burns. Peat can burn in all directions, regardless of the direction and strength of the wind, and under the soil it burns even with moderate rain and snowfall.

The existing methods for preventing fires in peat-forest ecosystems are analyzed and, on this basis, methods for improving and developing new ones are proposed.

One of the most effective means of preventing peat fires is to limit the spread of fire due to dug ditches and wide ditches along forests. Another way of protection is the flooding of drained peatlands. The most effective method of extinguishing is to ditch the territory with enclosing ditches. It is necessary to dig up to mineral soil or groundwater. The fire is extinguished by digging the burning peat and pouring it with plenty of water. Modeling the enclosing ditches, taking into account the moisture content of the litter and peat bogs, wind, and ambient temperature, makes it possible to determine their optimal sizes and location to increase the efficiency of the quenching process.

Increasing the efficiency of extinguishing peat fires by improving the design of the fire barrel allows improving the supply of fire extinguishing substances to the combustible layer when extinguishing fires at a depth of 2 to 7 meters. Extinguishing is carried out throughout the deployment depth and ensures safe working conditions for firefighters during the elimination of deep fires.

Improvement of existing fire extinguishing wetting solutions and the development of new ones allows achieving fire extinguishing and penetrating properties and increasing the extinguishing efficiency at depths of up to 7 meters

Key words: peat fires, digging ditches, digging, wetting, modeling of enclosing ditches, special fire barrel, humidifying solutions, extinguishing fires