

Р. Ю. Сукач, В. В. Ковалишин, Я. Б. Кирилів, В. Л. Петровський, М. П. Сорочич

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ДОСЛІДЖЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕЦІАЛЬНОГО ПОЖЕЖНОГО СТВОЛА ДЛЯ ГАСІННЯ ПІДЗЕМНИХ ПОЖЕЖ В ЕКОСИСТЕМАХ ТОРФ-ЛІС

Одним із перспективних методів гасіння вогню є гасіння водою або розчинами вогнегасних речовин. Цей метод є актуальний для гасіння підземних пожеж в екосистемах торф-ліс, зокрема підстилки та торфу. Для цього було розроблено спеціальний пожежний ствол для гасіння підземних пожеж із застосуванням водяних вогнегасних речовин з додаванням поверхнево активних речовин.

В роботі встановлено тактико-технічні характеристики спеціального пожежного ствола для гасіння підземних пожеж та розроблено спосіб їх гасіння вогнегасними речовинами з використанням поверхнево активних речовин.

Розроблений спеціальний пожежний ствол оснащений шнековими лопатями, які виконують цілий ряд функцій: розрізають тверді включення при заглибленні, ствола, утримують ствол у торф'яних шарах, відкривають вільні канали для виведення надлишків води на поверхню без розмивання ґрунту.

На основі проведених досліджень можна підібрати оптимальні параметри тиску та витрати рідини для конкретних умов гасіння торфу та підстилки в екосистемі торф-ліс. Крім того, необхідно зазначити, що розроблений спеціальний пожежний ствол має більшу у понад 3 рази витрату вогнегасної речовини ніж існуючі на сьогодні аналоги, зокрема такі, як ТС-1, ТС-2, СПТ-70. Це дає змогу припустити, що на практиці таких стволів знадобиться менше, а ефективність гасіння їх буде вищою.

В якості вогнегасної речовини рекомендується використовувати не воду, а водні розчини піноутворювачів Барс S-1, Барс S-1m в яких містяться поверхнево активні речовини, що знижують поверхневий натяг води і підвищують змочувальну здатність підстилки, торфу та є одним з найбільш ефективних способів боротьби з торф'яними пожежами.

Визначено витрати рідини спеціального пожежного ствола для гасіння підземних пожеж в екосистемах торф-ліс при тисках 0,4 та 0,7 МПа, які відповідно становлять 13,24 та 15,98 л/с.

Розраховано витрати рідини при 0,5 та 0,6 МПа, які відповідно становлять 14,26 та 15,40 л/с.

На підставі експериментальних та розрахункових даних встановлено, що зростання витрати рідини за тисків 0,4 – 0,6 МПа відбувається практично рівномірно, а в діапазоні 0,6 – 0,7 МПа суттєво сповільнюється.

Ключові слова: підстилка, торф, спеціальний пожежний ствол, тактико-технічні характеристики, вогнегасні речовини, піноутворювачі, поверхнево активні речовини

R. Yu. Sukach, V. V. Kovalyshyn, Y. B. Kyryliv, V. L. Petrovskii, M. P. Sorochych

Lviv State University of Life Safety

STUDY OF THE TACTICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF A SPECIAL FIRE BARREL FOR EXTINGUISHING UNDERGROUND FIRES IN PEAT-FOREST ECOSYSTEMS

One of the promising methods of extinguishing fire is to extinguish with water or solutions of extinguishing agents. This method is relevant for extinguishing underground fires in peat-forest ecosystems, in particular litter and peat. For this, a special fire barrel was developed to extinguish underground fires using water extinguishing agents with the addition of surfactants.

In the work, the tactical and technical characteristics of a special fire barrel for extinguishing underground fires are established and a method for extinguishing them with fire extinguishing agents using surfactants is developed.

A special fire barrel equipped with auger blades has been developed, which perform a number of functions: cut solid inclusions when deepening, the trunk, hold the trunk in peat layers, open free channels to withdraw excess water to the surface without erosion of the soil.

Based on the studies, it is possible to select the optimal parameters of pressure and fluid flow for specific conditions of quenching of peat and litter in the peat-forest ecosystem. In addition, it should be noted that the developed special fire barrel

has a more than 3 times greater consumption of extinguishing agent than existing analogues, such as TS-1, TS-2, SPT-70. This suggests that in practice such trunks will be needed less, and their extinguishing efficiency will be higher.

As a fire extinguishing agent, it is recommended to use not water, but aqueous solutions of Bars S-1, Bars S-1m blowing agents containing surfactants that reduce the surface tension of water and increase the wetting ability of bedding, peat and are one of the most effective ways to combat peat fires.

The fluid flow rate of a special fire barrel for extinguishing underground fires in peat-forest ecosystems was determined at pressures of 0.4 and 0.7 MPa, which are respectively 13.24 and 15.98 l/s.

The fluid flow rate was calculated at 0.5 and 0.6 MPa, which is 14.26 and 15.40 l/s, respectively.

Based on experimental and calculated data, it was found that the increase in fluid flow at pressures of 0.4 – 0.6 MPa occurs almost uniformly, and significantly slows down in the range of 0.6 – 0.7 MPa.

Keywords: litter, peat, special fire barrel, performance characteristics, extinguishing agents, foaming agents, surfactants

Вступ. Виникнення лісових пожеж тісно пов'язане з наявністю і обсягами деревної рослинності, лісових горючих матеріалів – хмизом, підростом, підстилкою, пнями, торфом, а також наявністю великої кореневої системи дерев і чагарників. Особливості зазначених горючих матеріалів при горінні зводяться до відмінностей в їх будові, щільності, смолистості, ступеня розкладання і вологості.

Для лісових горючих матеріалів після припинення горіння характерне продовження процесу горіння без полум'я (тління) в поверхневих шарах, яке може перейти в полум'яне горіння. Цей процес може повторюватися неодноразово, поки не будуть досягнуті умови зниження температури на палаючій поверхні нижче температури самозаймання продуктів їх термічного розкладання [1].

Гасіння лісових і тоф'яних пожеж включає всі види робіт, спрямовані на їх ліквідацію в найкоротший після їх виникнення час. Гасіння кожної лісової пожежі можна розглядати як послідовне виконання операцій, які відповідають стадіям її розвитку.

Процес горіння можна перервати, виключивши будь-який з трьох його елементів: видалити повітря (кисень), горючі матеріали або знизити температуру.

Практично придушити горіння можна шляхом охолодження або нейтралізації (видалення) горючих матеріалів. Це досягається декількома способами і прийомами.

Захлестування вогню – збивання полум'я на кромці горіння в сторону пожежі гілками або іншими підручними засобами (мішком, шматком матеріалу, прикріпленим до палиці, спеціальними «хлопавками» з прогумованої тканини і ін.). При цьому удар гілки або іншого знаряддя гасіння повинен наноситися під основу полум'я і бути ковзаючим в сторону пожежі. Рухи вогнеборця нагадують роботу косаря.

Закидання вогню ґрунтом застосовується на легких піщаних і сушіщаних ґрунтах. Ґрунт набирають на лопату і кидають під основу полум'я палаючої кромки так, щоб збити полум'я на якомога більший її протяжності. На зачернених ґрунтах ґрунт набирають з приямків, утворених при знятті дерну. Окремі осередки горіння (хмизу, пні) засипають ґрунтом повністю.

Гасіння вогню водою або розчинами вогнегасних речовин забезпечує зниження температури горіння і зволожує горючі матеріали. При цьому можуть бути використані будь-які підручні засоби (відра якої завгодно ємності), а також спеціальні лісові вогнегасники, мотопомпи, автоцистерни і т.ін.

Гасіння (зупинка поширення горіння) прокладкою загороджувальних смуг (каналів) [2] вручну граблями, лопатами, механізмами, хімічними розчинами, пінами, вибуховими речовинами для ізоляції кромки пожежі, що горить від горючих матеріалів.

Відпал – знищення горючих матеріалів перед фронтом лісової пожежі, яка насувається шляхом випалювання лісових горючих матеріалів від опорної смуги (дорога, струмок, мінералізована смуга, борозна і т.д.) в сторону пожежі. Цю операцію можуть виконувати тільки спеціально підготовлені працівники [1].

Одним з описаних вище перспективних методів є гасіння вогню водою або розчинами вогнегасних речовин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Процес горіння шару торфу вирізняється стійкістю до дощових і снігових опадів завдяки гідрофобності бітумованих частинок торфу [3]. Торф'яні утворення в природних умовах мають надзвичайно низьку здатність до набухання (частки відсотка), що пояснюється їх практично повною водонасиченістю. Встановлено факт проходження вологи крізь шари торфу повз його бітумовані і тому не змочувані частинки, що вказує на високу газорідну проникність шарів торфу. Волога, яка потрапляє на торф'яні поклади, йде в ґрунтові води повз частинки торфу і не змочує їх, а торф продовжує горіти аж до повного вигорання родовища [4]. Торф'яні поклади можуть горіти і під снігом, поки не почнеться весняна повінь, тобто повне затоплення шарів торф'яних покладів.

Серед багатьох способів гасіння торф'яних пожеж відомо їх гасіння із застосуванням торф'яних стволів. Торф'яні стволи для гасіння ТС-1, ТС-2, СПТ-70 з металевих трубок мають внутрішній діаметр до 16 мм і довжину до 2 м. У нижній частині ствола, який гасить, є кілька десятків отворів діаметром від 3 до 8 мм. Вогнеборець силою вводить

ствол вглиб торф'яного пласта на максимально можливу глибину. Вода зі змочувачем надходить від мотопомпи в ствол, що гасить, під тиском 0,2-0,6 МПа, а потім через отвори в нижній частині ствола подається в торф'яний пласт перед тліючим фронтом, який просувається. Витрата рідини при роботі з гасіння стволами становить 0,5-5 л/с [4, 5, 6]. Рідина подається в торф'яний пласт протягом 30-60 с, після чого подача рідини припиняється і ствол для гасіння переноситься на інше місце. Ефективна відстань між такими «проколами» у торф'яному пластві становить 0,3-0,5 м. При цьому ширина смуги обробки торф'яного пласта рідиною становить не менше 0,7 м.

Цей спосіб гасіння тліючих пожеж торф'яних покладів має певні недоліки.

По-перше, торф'яні утворення в природних умовах мають надзвичайно низьку здатність до набухання, що пояснюється високою їх водонасиченістю.

По-друге, через малу величину водопроникності торфу пожежні стволи необхідно вводити через малі проміжки (0,3-0,5 м), що істотно збільшує час роботи і виключає успішне завершення її при локалізації та гасінні тліючих пожеж на значній площі в торф'яних покладах.

По-третє, волога через присутність в частинках торфу і на поверхні частинок торфу бітуму не змочує їх, не утримується на них, а проходить повз в ґрунтові води, торф залишається недостатньо зволеним і продовжує тліти.

Для усунення вище наведених недоліків пропонується спеціальний пожежний ствол для гасіння підземних пожеж із застосуванням водяних вогнегасних речовин з додаванням поверхнево активних речовин (ПАР) [7]. ПАР знижують поверхневий натяг води і підвищують змочувальну здатність торфу та є одним з найбільш ефективних способів боротьби з торф'яними пожежами [8]. Однак для кожного складу торфу існують свої оптимальні склади ПАР як в якісному, так і в кількісному відношенні [7-10]. 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 [11]. Ці розчини можуть застосовуватися не тільки для підвищення ефективності гасіння торф'яних пожеж, а й для їх запобігання.

Метою роботи є встановлення тактико-технічних характеристик спеціального пожежного ствола для гасіння підземних пожеж та розробка способу їх гасіння за допомогою вогнегасних речовин з використанням ПАР для його реалізації.

Матеріали та методи. Пожежна автоцистерна АЦ-40(131)137А, дослідний зразок спеціального

пожежного ствола для гасіння підземних пожеж, колонка пожежна КПА, пожежний гідрант, вага, штангенциркуль, рулетка, вода, секундомір.

Щоб провести дослідження спочатку наповнювали пожежну автоцистерну АЦ-40(131)137А повністю з пожежного гідранта за допомогою колонки пожежної КПА водою. Після цього пожежний рукав одним кінцем під'єднували до автоцистерни, а другим до спеціального пожежного ствола, розташованого на певній відстані. Час витрати води фіксували секундоміром. Подачу води до ствола проводили за тисків 0,4 та 0,7 МПа. За кожного з тисків проводили по три досліди та усереднювали їх значення.

Результати досліджень. На сьогодні існують різні види торф'яних стволів із подібними тактико-технічними характеристиками. Ствол пожежний торф'яний призначений для гасіння торф'яних пожеж завдяки оптимальному та рівномірному розподілу потоку вогнегасних складів по товщині торф'яного пласта. Ефект гасіння підземних торф'яних пожеж з глибиною прогорання понад 20см досягається тим, що вода (змочувач) через отвори в корпусі ствола подається не на поверхню, а вглиб джерела горіння [12-14]. Ствол встановлюється вглиб торф'яного пласта на максимально можливу або допустиму глибину, поворотом ручки запірного пристрою подається робочий тиск 0,4 МПа (4 ат) від мотопомпи або насоса АЦ, ПНС, далі витримується подача рідини близько 30 ÷ 60 с до появи ознак достатнього проливу (піни в районі проколу стволом пласта), після чого подача рідини припиняється і ствол переноситься на інше місце [13, 14].



а)

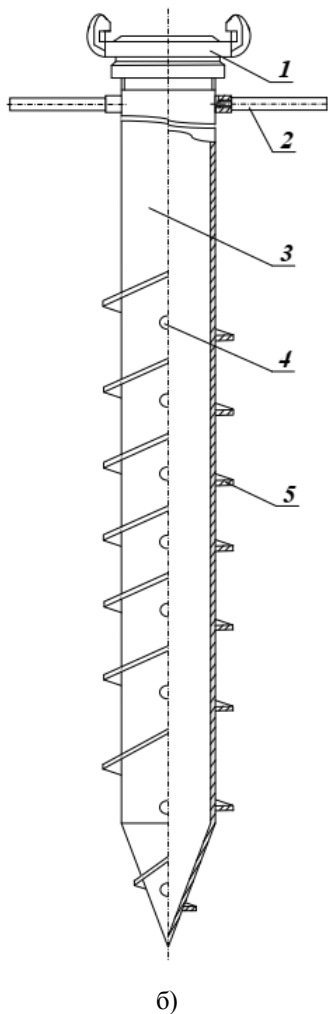


Рисунок 1 – Дослідний зразок спеціального пожежного ствола для гасіння підземних пожеж з «кутовим з'єднанням» (а) та схематичне його зображення (б):

1 – з'єднувальна головка; 2 – ручка; 3 – ствол;
4 – отвори; 5 – шнекові лопаті

Як показує практика, при подачі вогнегасних речовин під тиском ствол починає виштовхувати вгору. Тому працювати з цим пристроєм необхідно групами по два пожежники, які змінюватимуть один одного відповідно до встановленого графіка виконання робіт. Для покращення процесу гасіння пористих речовин, землі, торфу, териконів розроблено спеціальний пожежний ствол [15]. Його основною задачею є глибоке гасіння пожеж в будь-яку пору року, завдяки конусоподібній формі. Ствол виготовлений з оцинкованої гартованої сталі з наконечником та припаяним суцільним шнеком (рис. 1), що дає змогу подавати вогнегасні речовини на глибину понад 1,5 метра. 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 глибокого 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 глибоких пожеж з глибиною прогару понад 1,5 м досягається тим, що вода (розчин піноутворювача) через отвори в корпусі ствола подається не на поверхню, а углиб палаючого шару. При цьому, завдяки шнековій 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 1,5–7 метрів, гасіння здійснюється по всій глибині розташування та забезпечує безпечні умови праці пожежників під час ліквідації глибоких пожеж. Ствол 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 [15]. Для введення ствола на глибину понад 2 метри використовуються спеціальні видовжувальні труби з отворами. Розміри ствола, такі як довжина, діаметр, довжина шнекової частини та інші, обумовлені його витратними характеристиками та глибиною подачі вогнегасних речовин, які мають забезпечити надійну роботу та підвищити продуктивність процесу пожежогасіння.

Однак відомі конструкції торф'яних стволів, такі як ТС-1, ТС-2, СПТ-70, під час роботи з якими у пожежників виникають проблеми з проходженням неоднорідностей ґрунту в вигляді деревних включень, глини та іншого. Розроблений спеціальний пожежний ствол оснащений шнековими лопатями, які виконують цілий ряд функцій: розрізають тверді включення при заглибленні, ствола, утримують ствол у торф'яних шарах, відкривають вільні канали для виведення надлишків води на поверхню без розмивання ґрунту. Крім того, спеціальні пожежні стволи можуть підключатися паралельно в один або два ряди як для гасіння, так і для створення загороджувальних смуг. Для визначення кількості стволів у таких ланцюгах необхідно провести додаткові розрахунки та дослідження. У нижній частині він має 17 отворів діаметром до 10 мм. Вода зі змочувачем надходить від помпи в ствол під тиском 4–7 ат і через отвори в ґрунт. Всі тактико-технічні характеристики спеціального пожежного ствола наведені в таблиці 1.

Таблиця 1
Тактико-технічні характеристики спеціального пожежного ствола

Показник	Значення
Маса ствола, кг	23
Маса ствола без ручок і коліна, кг	20
Довжина ствола, м	1,90
Діаметр робочих частин ствола зі шнеком, мм	110
Довжина шнекової частини, м	1,05
Діаметр під'єднувального рукава, мм	77
Глибина обробки, м	1,5 ÷ 7
Тиск води, яка подається з автоцистерни, мотопомпи в ствол, ат	4 ÷ 7
Витрата води, водяних вогнегасних речовин, л/с	13,24 ÷ 15,98
Обслуговуючий персонал, чол.	1
Використовується спільно з переносними мотопомпами, а також пожежними агрегатами і цистернами, обладнаними помпами.	

Експериментальним шляхом отримано залежність витрати води спеціальним пожежним стволом під'єднаним до пожежної автоцистерни АЦ-40(131)137А відповідно 13,24 і 15,98 л/с від тиску 4 і 7 ат. Однак проведення експериментальних досліджень при інших тисках недоцільне через значні фінансові затрати. Тому для визначення витрат вогнегасних речовин скористаємося пожежно-технічними розрахунками. Для цього використаємо відомі закони гідродинаміки на основі яких можна визначити витрату рідини, яка витікає зі спеціального пожежного ствола Q за такою формулою [16]:

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gH} \quad (1)$$

де μ – коефіцієнт витрати рідини із спеціального пожежного ствола;
 ω – площа робочого перерізу спеціального пожежного ствола, м²;
 g – прискорення вільного падіння, м/с²;
 H – тиск перед спеціальним пожежним стволом, МПа.

В практичних розрахунках при визначенні витрат рідини із ручних пожежних стволів застосуємо формулу:

$$Q = p\sqrt{H} \quad (2)$$

де p – коефіцієнт продуктивності (пропускна здатність спеціального пожежного ствола) [16, 17].

З формули (2) визначаємо коефіцієнт продуктивності з використанням отриманих даних на основі експерименту. Потім на основі цього коефіцієнта розраховуємо з експериментальних даних витрати рідини для тисків 0,5 та 0,6 МПа, які відповідно становлять 14,26 та 15,40 л/с. На підставі отриманих даних будемо графічну залежність витрат вогнегасної речовини від тиску (рис. 2).

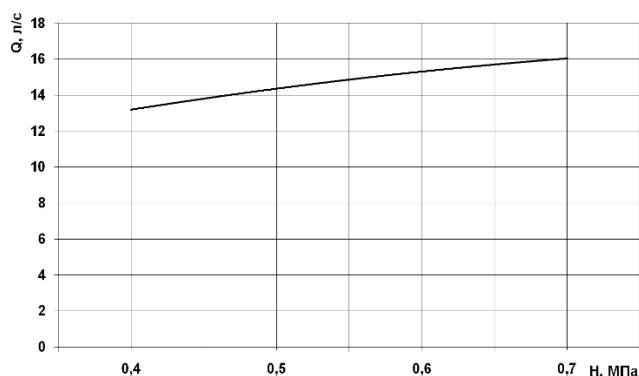


Рисунок 2 – Витрати вогнегасної рідини Q із спеціального пожежного ствола залежно від тиску подавання H

На отриманій графічній залежності ми бачимо, що із зростанням тиску подавання води чи водяної вогнегасної речовини з 0,4 до 0,6 МПа витрата рідини збільшується практично рівномірно. У проміжку від 0,6 до 0,7 МПа витрата рідини зростає, але суттєво повільніше. Отже, користуючись даною графічною залежністю можна підібрати оптимальні параметри тиску та витрати рідини для конкретних умов гасіння торфу та підстилки в екосистемі торф-ліс. Крім того, необхідно зазначити, що розроблений спеціальний пожежний ствол має більшу у понад 3 рази витрату вогнегасної речовини ніж існуючі аналоги на теперішній час, такі як ТС-1, ТС-2, СПТ-70. Це дає змогу припустити, що на практиці таких стволів знадобиться менше, а їхня ефективність гасіння буде вищою.

В якості вогнегасної речовини рекомендується використовувати не воду, а водні розчини піноутворювачів Барс S-1, Барс S-1m в яких містяться ПАР, що знижують поверхневий натяг води і підвищують змочувальну здатність підстилки, торфу, та є одним з найбільш ефективних способів боротьби з торф'яними пожежами [7, 8]. Встановлено, що змочувальну здатність торфу може бути підвищено в 2-3 рази [13].

Висновки

1. Встановлено тактико-технічні характеристики спеціального пожежного ствола для гасіння підземних пожеж в екосистемах торф-ліс.

2. Визначено витрати рідини спеціального пожежного ствола для гасіння підземних пожеж в екосистемах торф-ліс при тисках 0,4 та 0,7 МПа, які відповідно становлять 13,24 та 15,98 л/с. Розраховано витрати рідини при 0,5 та 0,6 МПа, які відповідно становлять 14,26 та 15,40 л/с.

3. З отриманих даних видно, що зростання витрати рідини за тисків 0,4 – 0,6 МПа відбувається практично рівномірно, а в діапазоні 0,6 – 0,7 МПа суттєво сповільнюється.

4. Спеціальний пожежний ствол має більшу у понад 3 рази витрату вогнегасної речовини, ніж такі відомі на сьогодні аналоги, як ТС-1, ТС-2, СПТ-70.

5. Рекомендовано в якості вогнегасних речовин використовувати водні розчини піноутворювачів Барс S-1, Барс S-1m в яких містяться ПАР, що знижують поверхневий натяг води і підвищують змочувальну здатність підстилки та торфу.

Список літератури

1. Справочное руководство по ликвидации лесных и торфяных пожаров / сост. А. М. Сегодня [и др.]. Гродно: Гродненское областное управление МЧС Республики Беларусь, 2012. 160 с.

2. Кирилів Я. Б. Пожежна безпека 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.

3. Adinugroho W.C., I Nyoman N. Suryadiputra, Bambang H. Saharjo, and Labueni Siboro (2005). Manual for the Control of Fire in Peatlands and Peatland Forest. Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia Project. Wetlands International – Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor.

4. Пат. 2592345 Российской Федерации, МПК А62С 3/02 (2006.01). Способ тушения тлеющих пожаров в торфяных залежах и устройство для его реализации / Мелихов А. С., Баратов А. Н.; Заявитель и патентообладатель ФГБУ ВНИИПО МЧС России. № 2015115016/12; заявл. 21.04.15; опубл. 20.07.16, Бюл. № 20.

5. Пат. 76248 Україна, МПК А62С 31/00 (2012.01). Ствол пожежний для глибинного гасіння / Руденко Д.В.; заявник та власник Руденко Д.В. № u 2012 07776; заявл. 25.06.12; опубл. 25.12.12, Бюл. № 24.

6. Пат. 84488 Україна, МПК А62С 31/00 (2013.01). Система для гасіння торф'яних пожеж (СГТП) / Руденко Д.В., Демида О.В.; заявник та власник Руденко Д.В., Демида О.В. № u 2013 04458; заявл. 09.04.13; опубл. 25.10.13, Бюл. № 20.

7. Сукач Р. Ю., Ковалишин В.В., Кирилів Я. Б. (2020). Зниження пожежної небезпеки торф'яників, торфорозробок та способи і протипожежне обладнання для підвищення ефективності їх гасіння. Пожежна безпека, 35, 75-82. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.35.2019.12>

8. Сукач Р. Ю. Екологічна і пожежна безпека торф'яників, торфорозробок та способи запобігання і їх ліквідації поблизу об'єктів туристично-рекреаційних комплексів / Р. Ю. Сукач, В. В. Ковалишин, Я. Б. Кирилів // Матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції – Екологічна безпека об'єктів туристично-рекреаційного комплексу. Львів : ЛДУБЖД, 2019. С. 129-130.

9. Man C, Shunbing Z, Litao JIA, Xiaoli WU (2014). Surfactant-containing water mist suppression pool fire experimental analysis. *Procedia Eng* 84: 558–564. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.468>.

10. Rakowska, J., Szczygieł, R., Kwiatkowski, M. et al. (2017). Application Tests of New Wetting Compositions for Wildland Firefighting. *Fire Technol* 53, 1379–1398. <https://doi.org/10.1007/s10694-016-0640-0>.

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

12. Rakowska J, Prochaska K, Twardochleb B, Rojewska M, Porycka B, Jazkiewicz A (2014). Selection of surfactants as main components of ecological wetting agent for effective extinguishing of forest and peat-bog fires. *Chem Papers* 68(6): 823–833. doi: 10.2478/s11696-013-0511-9.

13. Соловьев С. В. Экологические последствия лесных и торфяных пожаров: дис. ... канд. техн. наук. М., 2006. 222 с.14.

14. 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.

15. 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. № u 2018 07685; заявл. 09.07.18; опубл. 25.04.19, Бюл. № 8.

16. Качалов А. А. и др. Противопожарное водоснабжение: Учеб. для пожарно-техн. училищ / А.А. Качалов, Ю.В. Воротынецев, А.В. Власов. М.: Стройиздат, 1985. 286 с.

17. Горбань Ю.И. Пожарные работы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране. М.: Пожнаука, 2013. 352 с.

References

1. Segodnik A. M. et al. (2012). *Spravochnoe rukovodstvo po likvidatsii lesnyih i torfyanyih pozharov* [Reference guide for the elimination of forest and peat fires], Grodno, Grodnenskoe oblastnoe upravlenie MChS Respubliki Belarus.

2. Fire hazard of peatbogs, peatmining and methods and means of increasing the efficiency of their extinguishing / Y. 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.

3. Adinugroho W.C., I Nyoman N. Suryadiputra, Bambang H. Saharjo, and Labueni Siboro. (2005). Manual for the Control of Fire in Peatlands and Peatland Forest. Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia Project. Wetlands International – Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor.

4. Pat. 2592345 Rossiyskoy Federatsii, MPK A62S 3/02 (2006.01). Sposob tusheniya tleyuschiy pozharov v torfyanykh zalezkh i ustroystvo dlya ego realizatsii / Melihov A. S., Baratov A. N.; Zayavitel i patentoobladatel FGBU VNIPO MChS Rossii. № 2015115016/12; zayavl. 21.04.15; opubl. 20.07.16, Byul. № 20.
5. Pat. 76248 Ukrayina, MPK A62S 31/00 (2012.01). Stvol Pozhezhnyj Dlya Gly`by`mnogo Gasinnya / Rudenko D.V.; zayavnyk ta vlasnyk Rudenko D.V. № u 2012 07776; zayavl. 25.06.12; opubl. 25.12.12, Byul. № 24.
6. Pat. 84488 Ukrayina, MPK A62S 31/00 (2013.01). Sy`stema dlya gasinnya torfyany`x pozhezh (SGTP) / Rudenko D.V., Demy`da O.V.; zayavnyk ta vlasnyk Rudenko D.V., Demy`da O.V. № u 2013 04458; zayavl. 09.04.13; opubl. 25.10.13, Byul. № 20.
7. Sukach R. Yu., Kovalyshyn V.V., Kyryliv Y. B. (2020). Reducing the fire hazard of peatlands, methods and fire-fighting equipment to increase the efficiency of their extinguishing. *Pozhezhna bezpeka (Fire safety)*, 35, 75-82. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.35.2019.12>
8. Ekolohichna i pozhezhna nebezpeka torfianykyv, torforozrobok ta sposoby zapobihannia i yikh likvidatsii poblyzu ob'ektiv turystychno-rekreatsiinykh kompleksiv / R. Yu. Sukach, V. V. Kovalyshyn, Y. B. Kyryliv // *Materialy I Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii–Ekolohichna bezpeka ob'ektiv turystychno-rekreatsiinoho kompleksu*. Lviv : LDUBZhD, 2019. S. 129-130.
9. Man C, Shunbing Z, Litao JIA, Xiaoli WU (2014). Surfactant-containing water mist suppression pool fire experimental analysis. *Procedia Eng* 84: 558–564. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.468>.
10. Rakowska, J., Szczygieł, R., Kwiatkowski, M. et al. (2017). Application Tests of New Wetting Compositions for Wildland Firefighting. *Fire Technol* 53, 1379–1398. <https://doi.org/10.1007/s10694-016-0640-0>.
11. 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.
12. Rakowska J, Prochaska K, Twardochleb B, Rojewska M, Porycka B, Jaskiewicz A (2014). Selection of surfactants as a component of ecological wetting agent for effective extinguishing of forest and peat-bog fires. *Chem Papers* 68(6): 823–833. doi: 10.2478/s11696-013-0511-9.
13. Solovev S. V. (2006). *Ekologicheskie posledstviya lesnykh i torfyanykh pozharov: dis. ... kand. tehn. Nauk, Moscow, Russia*.
14. 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.
15. Pat. 133683 Ukraina, MPK A62S 3/02 (2006.01). Spetsialnyi pozhezhnyi stvol dlia hasinnia pidzemnykh pozhezh / Kovalyshyn V.V., Sukach R. Yu., Antonov A.V.; zaiavnyk ta vlasnyk LDUBZhD. – № u 2018 07685; zaiavl. 09.07.18; opubl. 25.04.19, Byul. № 8.
16. Kachalov A.A. et al. (1985). *Protivopozharnoe vodosnabzhenie: Ucheb. dlya pozharno-tehn. uchilishch [Fire water supply: Textbook. For fire-tech. schools]*, M.: Stroyizdat, USSR.
17. Gorban Y.I. (2013). *Pozharnyye roboty i stvolnaya tehnik v pozharnoy avtomatike i pozharnoy ohrane [Fire robots and barrel equipment in fire automation and fire protection]*, M.: Pozhnauka, Russia.

***Науково-методична стаття**