

2. Батлук В.А., Азарський К.І. Математичне забезпечення вибору оптимального обладнання для очистки повітря від пилу за допомогою комп'ютерної техніки II Український журнал медичної техніки і технології-Київ-2000.-№2-С. 92-94.
3. Батлук В.А. Математические модели процессов разделения гетерогенных систем при пылеочистке II Міжнар. наук. практ. конф. "Нові машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій, сучасні будівельні технології"-Полтава-2000.-С. 87-91.
4. Жуковський С.С., Лабай В.Й. Аеродинаміка вентиляції: Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2003. – 372 с.

УДК 614.841.45.001.2:66

Є.С. Ленартович, к.т.н., с.н.с., Є.О. Тищенко, К.І. Мигаленко, (Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України)

ПРОЦЕС ГОРІННЯ ТА ПОШИРЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ПОЖЕЖ НА ТОРФ'ЯНИКАХ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОРФУ

У статті розглядається актуальна проблема горіння торфу та поширення підземних пожеж в залежності від його хімічної природи та фізико-хімічних властивостей, а також наведені результати досліджень швидкості об'ємного поширення горіння, ступеня задимленості камери і масової концентрації CO, NO₂ та SO₂ в повітрі.

Актуальність проблеми.

За статистичними даними МНС України [1] кожен день в Україні виникає 120-140 пожеж, з них 30-40 пожеж на торф'яниках. Торфові пожежі найчастіше виникають у районах торфорозробок і в районах боліт. Особливо небезпечними є підземні пожежі на торф'яниках. Небезпека торфових пожеж у тому, що в процесі горіння утворюються порожнини у вигорілому торфі, в які можуть провалюватись люди, тварини і техніка. В порах торф'яної маси знаходиться досить велика кількість повітря, тому торф має здатність тліти. Під час пожежі задимляються великі території тому, що тління продовжується з виходом полум'я на нових ділянках торфовищ. Велика задимленість впливає на екологію навколишнього середовища. Стан здоров'я людей різко погіршується. Великих втрат зазнає рослинний та тваринний світ.

Для гасіння пожеж на торф'яниках необхідно залучати велику кількість людей та техніки і знати процес горіння торфу [2]. На сьогоднішній день цей процес не достатньо досліджено і проблема є дуже актуальною, про що свідчать розробки Богданова В.В. [3], Сізікова А.С. [4], Іпатьєва А.В. [5] та інших науковців.

Метою даної роботи є вивчення процесу горіння торфу та поширення підземних пожеж на торф'яниках для забезпечення пожежної та техногенної безпеки, що є невід'ємною частиною державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього середовища.

Пожежа – це насамперед горіння, а горіння – це екзотермічна хімічна реакція взаємодії між речовинами або процес горіння – це реалізація однієї з хімічних реакцій, реакцій окиснення – відновлення [6].

В основному горіння на пожежі – це окиснення відновників киснем повітря. Відновниками виступають здебільшого органічні речовини або суміші органічних речовин (торф, деревина, бензин, спирт) але можуть горіти і метали (натрій, магній, та власне будь-який метал) і деякі інші прості речовини (сірка, фосфор).

При гасінні пожеж доводиться стикатись з різноманітними речовинами, котрі Єлагін Г.І. та інші [6] поділяють на чотири групи.

Перша група – це чисті речовини (водень, кисень, хлор, графіт та ін.). деякі з них можуть становити пожежо- та вибухонебезпечність (пожежна небезпека – це сукупність факторів, які впливають на людину, майно, навколишнє середовище в разі пожежі).

Друга група – чисті складні неорганічні речовини з яких не багато речовин, що небезпечні безпосередньо (таких, як карбід кальцію), але достатня кількість тих, що здатні підтримувати горіння ($KMnO_4$, $NaNO_3$, H_2O_2).

Третя група – чисті органічні речовини (гексан, метан, бензол, ацетон і інші), які становлять основну небезпеку. Метан безперервно утворюється в природі за рахунок анаеробного, тобто безповітряного, розкладу рослинних залишків деякими видами мікроорганізмів. Тому він часто виділяється з дна болота (болотний газ), та під час горіння торф'яників.

Четверта група – суміші речовин. Вони не мають певної хімічної формули і для них визначають тільки їх кількісний хімічний склад за елементами такими як карбон, водень, азот, сульфур та інші. До таких речовин можна віднести деревину, тканини, папір, полімерні композиції і торф, який став предметом досліджень.

Об'єктом наших досліджень є Ірдинське торфовище Черкаської області. Нами вирізані моноліти торфу пошарово, від поверхні до глибини 2,5 м. У газодимокамері АПБ ім. Героїв Чорнобиля була створена модель пожежі на торф'янику (рис. 1). Для досліджень вибрана фізична модель. При фізичному моделюванні на моделі відтворюються ті самі явища, що і в природі, але в іншому масштабі, тобто необхідно дотримуватись геометричної подібності. Для відтворення фізичного явища, необхідно дотримуватись критеріїв подібності Вебера та Архімеда.

$$\frac{\rho_H v_H^2 l_H}{\sigma_H} = \frac{\rho_M v_M^2 l_M}{\sigma_M} = We,$$

де We – критерій Вебера, який повинен бути рівним для моделі і природи; σ – коефіцієнт поверхневого натягу (капілярні сили).

$$\frac{v_H^2 l_H}{g_H} \cdot \frac{(\rho - \rho_1)_H}{\rho_{1H}} = \frac{v_M^2 l_M}{g_M} \cdot \frac{(\rho - \rho_1)_M}{\rho_{1M}} = Ar,$$

де Ar – критерій Архімеда, який повинен бути рівним для моделі і природи; $\rho - \rho_1$ – різниця густини двох середовищ (підйомна сила нагрітого повітря).

$$We_H = We_M, Ar_H = Ar_M.$$

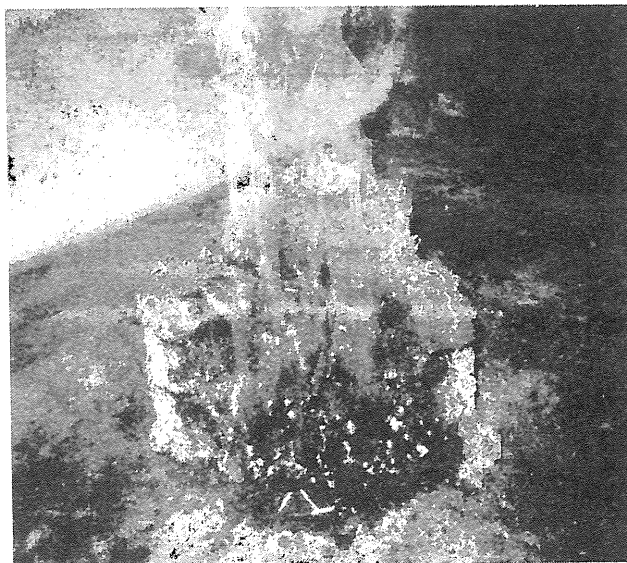


Рисунок 1. Модель пожежі на торф'янику

Попередньо було вивчено склад торфу та його фізичні властивості [2].

Розглянемо процес горіння торфу. Торф це горюча копалина, що відноситься до гумитів і представляє собою першу стадію перетворення рослинного матеріалу по шляху його перетворення у вугілля [7]. Накопичується в болотах із залишків відмерлих рослин, що піддалися неповному розкладанню в умовах підвищеної вологості й утрудненого доступу повітря. При торфоутворенні головну роль грають процеси біохімічної гуміфікації, що протікають при участі мікроорганізмів; при цьому утвориться темнокольорова аморфна речовина — гумус, відсотковий склад якого визначає ступінь розкладу торфу і так-як і флористичний склад впливає на всі його найважливіші властивості. Основні структурні перетворення вихідного рослинного матеріалу завершуються в період його короткочасного (4—7 років) перебування в межах торфогенного шару. Кольори торфу змінюються від жовтувато-коричневого до чорно-сірого. Структура його більш волокниста у верхніх шарах і аморфна у нижніх шарах торфу (при ступені розкладу до 50-65 %). В умовах природного залягання вологість торфу становить 45—70%, а іноді і 90 % [2]. Вміст мінеральних домішок змінюється від 2 до 4% у верхових та від 4 до 18% у низинних торфах. Хімічний склад торфу: С 50—60%; Н 4,5—6,5%; N 0,8—2,9%; О 31-40%; S 0,1 — 1,5%. Груповий склад торфу: бітуму 2—14%; водорозчинних речовин при 50 °С 0,4—2,2%; при 100 °С 1,4—4,1%; речовин, що легко гідролізуються 11—47%, у тому числі геміцелюлоз 6—22%; гумінових кислот 8—47%; фульвокислот 6—24%; речовин, що важко гідролізуються 3—26%, у тому числі целюлози 2—16%; залишку, що не гідролізується (лігніну) 4—30% [7]. Зі збільшенням ступеня розкладу зменшується кількість водорозчинних і речовин, що легко гідролізуються та зростає вміст гумінових кислот і залишку, що не гідролізується. Від бурого вугілля торф відрізняється підвищеним вмістом води та частин рослин (кори, стебел, коріння, листя), а в хімічному відношенні — наявністю цукрів, геміцелюлоз і целюлози. Відповідно до умов росту та накопичення рослин-торфоутворювачів розрізняють: верховий, низинний і перехідний типи торфів, що підрозділяють на підтипи (лісовий, лісо-болотний та болотний) з видами (сфагновим, осоковим, деревним, очеретяним та ін.) у відповідності до переваги в їхньому складі залишків тих або інших рослин.

Низинні типи торфів найбільш багаті на мікроелементи. У торфі виявлено близько сорока мікроелементів, які складають 1 % від загальної зольності [8]. Мікроелементи в основному, акумулюються в гуміновій частині торфу. Серед них зустрічаються такі як марганець, молібден, олово, цинк, нікель, кобальт, мідь, свинець, бор та інші. При випаданні радіоактивних опадів у верхніх шарах торфу накопичуються свинець, фосфор і калій, а їх вміст може бути до 6-9 кг/га.

Кожен горизонт залягання торфу набуває хімічних, агрохімічних властивостей, які характерні для даних умов торфоутворення і знаходяться в генетично обумовленому взаємозв'язку. Як ми бачимо, торф це дуже складна горюча речовина

Причинами виникнення пожеж на торф'яниках можуть бути, як людський фактор, так і самозаймання. До самозаймання здатні вологі рослинні матеріали: торф, недосушене сіно, листя, бавовна. Розглянемо процес самозаймання, який називають мікробіологічним. Мікроорганізми, які опинились в придатному для життєдіяльності середовищі інтенсивно розмножуються під час окиснення органічних речовин. При цьому температура підвищується до + 60 – 70 °С, що сприяє прискоренню реакції окиснення. При температурі +70 °С деякі органічні високомолекулярні сполуки вже обвуглюються. В цей же час виникає і процес адсорбції. Одночасна дія цих двох процесів викликає підняття температури до +200 °С, при якій клітковина, що входить до складу рослинних матеріалів, розкладається і ще більше прискорюється реакція окиснення та виникає самозаймання.

Під час пожежі, горючі речовин перетворюються в газоподібні: в CO₂, H₂O, SO₂ і інші. Але це за умови повного згорання. Та й то не завжди. Деякі прості речовини, згораючи, дають тверді оксиди. Є речовини, які не горять, а розкладаються, утворюючи дрібні частинки солей та оксидів.

Коли проходить неповне згорання з'являються чадний газ CO і частки елементного вуглецю (сажа), а під час тління виділяється дим.

Дим являє собою дисперсну систему, що складається з дуже дрібних частинок, які розподілені в суміші продуктів горіння з повітрям. Діаметр частинок диму коливається в межах від 1 до 0,01 мкм.

Ступінь задимленості камери і складові, що виділяються під час горіння торфу визначали у відповідності до ГОСТ 12.1.005-88 [9], МУ №1638-77 [10]; МУ №4588-88 [11] за участю представників Черкаської районної СЕС. Для визначення масової концентрації вуглецю оксиду CO в повітрі використовували газоаналізатор АКВИЛОН-1-1, а для визначення кількості діоксиду азоту NO₂ та сірчаного ангідриду SO₂ використовували фотометричний метод (рис. 2).

За висновками представників санітарно-епідеміологічної станції (протокол №10 Дослідження повітря робочої зони від 23.03.07 р.) вміст газоподібних компонентів однонаправленої дії (вуглецю оксид та азотооксид) з урахуванням ефекту сумачії перевищує ГДК (гранично допустиму концентрацію), нормовану ГОСТом 12.1.005-88 [9] в 2,5 рази, що негативно впливає на стан здоров'я людини.



Рис. 2. Визначення ступеня задимленості камери

Вченими встановлено, що вміст бітуму залежить від типу торфу і від ступеня його розкладу. У торфах України кількість бітумів складає 5,6-28,5 % при ступені розкладу 20-70 %. За елементним складом бітуми торфові містять (у розрахунку на органічну масу): вуглецю - 65-75%, водню - 9-12%, кисню 12-22%. Основні складові бітуму: віск, смоли, парафіни.

До складу торфу також входить водень, кисень, на місці яких, під час горіння утворюються порожнини, а де був бітум – тверді крайки, що мають форму склепіння (рис. 3). За рахунок вмісту воску, смоли та парафіну, при нагріванні торфу, закриваються всі його пори. Над порожниною створюється тверда "спечена" маса, що не дозволяє кисневій а також і воді, при гасінні пожежі, проникати у нижчі шари торфу. Тому процес тління продовжується і так звана підземна пожежа на торф'яниках триває місяцями.

Для дослідження відбирались зразки верхового типу торфу (так-як вміст бітуму в них найбільший) з глибини 2,0 м, зі ступінню розкладу торфу – 55 %, об'ємами: 7920 см³, 8100 см³, 12500 см³ та 11250 см³. Час полум'яного горіння склав 10 хв (від 14:15 год. до 14:25 год.) після чого зразок почав тліти. Тління продовжувалось до 18:30 год., при чому, об'єми зразків зменшились на 5820 см³, 6000 см³, 8930 см³ та 8500 см³. Звідси, середня швидкість об'ємного поширення тління буде становити 1,1 см³/хв. Цим пояснюється такий довгий період гетерогенного тління.

Під час пожежі на торф'яниках полум'яне горіння переходить у гетерогенне тління. Потім тління переходить в полум'яне горіння коли воно прогріває тверду речовину до такого ступеня, що починається її піроліз, або виділення з неї горючих летючих компонентів. І знову, коли в твердій речовині, що горіла з полум'ям, більше немає чому розкладатись або випаровуватись, полум'яне горіння переходить у гетерогенне тління. Ось чому нам доводиться спостерігати полум'яне горіння торфу на сусідніх ділянках з місцем первинного загорання через якийсь період часу після гасіння пожежі.

Таким чином ми можемо зробити **висновок**, що процес горіння та швидкість поширення підземної пожежі на торф'яниках цілком залежать від типу торфу та його фізико-хімічних властивостей.

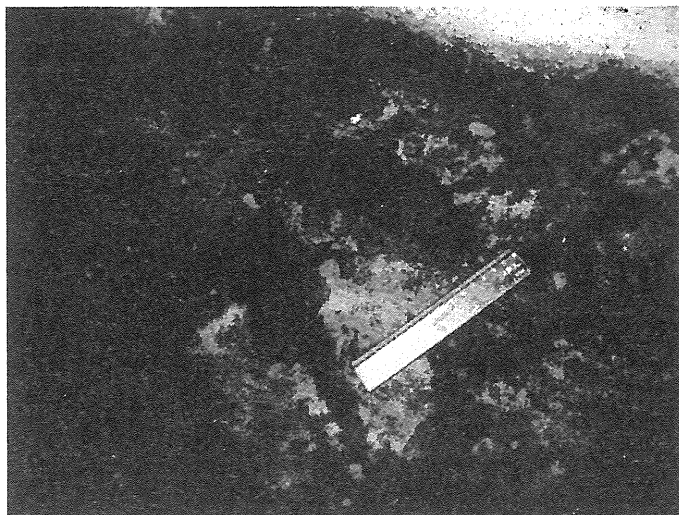


Рис. 3. Вид торфу після тління

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Статистичні дані МНС України. – Київ, 2006.
2. Ленартович Є.С., Божинів О.О., Тищенко Є.О. Розвиток пожеж на торф'яниках. Вісник Черкаського державного технологічного університету. Черкаси. 2005. - №1. -С. 177-179.
3. Богданов В.В., Кобець О.І. Локалізація і тушення торф'яних пожеж з використанням огнетушачих составов // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Пожежна безпека – 2007». – Черкаси, 2007. - С. 334-335.
4. Сизиков А.С., Іпат'єв А.В. О риске задымления населенных пунктов в результате лесных и торфяных пожаров. - Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Пожежна безпека – 2007». – Черкаси, 2007. - С. 404-405.
5. Іпат'єв А.В. Механізми дымообразования лесных горючих материалов и торфа // Міжнародна науково-практична конференція «Природничі науки та їх застосування в діяльності служби цивільного захисту». – Черкаси, 2006. - С. 98-99.
6. Слагін Г.І., Шкарабура М.Г., Кришталь М.А., Тищенко О.М. Основи теорії розвитку та припинення горіння. – Черкаси: ЧШБ, 2005. - С. 188.
7. Геологический словарь. Том второй. – Москва: «Недра», 1978 г. - С. 320-321.
8. Попов М.В. Исследования содержания микроэлементов в торфе и торфяных залежах с применением спектрального анализа. – Автореф. канд. дис. Калинин, 1967.
9. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
10. МУ №1638-77. Методические указания на фотометр. Определение двуокиси азота в воздухе.
11. МУ №4588-88. Методические указания на фотометр. Измерение концентрации серной кислоты и диоксиды серы в присутствии сульфатов в воздухе рабочей зоны.