

Д. В. Лагно,¹ А. Д. Кузик,² д. с.-г. н., професор,
А. О. Биченко,¹ канд. техн. наук, доцент, І. О. Ношко,¹ канд. пед. наук,
¹Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України,
²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

МЕТОДИ ОСАДЖЕННЯ РАДІОАКТИВНОГО ПИЛУ ТА ХМАРИ, ПІД ЧАС ГАСІННЯ НИЗОВИХ ПОЖЕЖ В ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ ЗОНІ

Осадження продуктів горіння, пилу та інших аерозолів ефективно проводити з використанням розпилених струменів води. Необхідним є проведення таких робіт під час гасіння пожеж в екосистемах зони відчуження. Осадження продуктів горіння та пилу під час таких пожеж спрямоване на захист рятувальників та мінімізацію поширення радіонуклідів. Наявне в підрозділах оперативно-рятувальної служби цивільного захисту пожежно-технічне обладнання для формування розпилених струменів має значні витрати, незручне для використання під час групового захисту, тому мало придатне для використання під час пожеж в екосистемах.

Актуальним завданням є розробка пожежно-технічного обладнання для осадження аерозолу, пилу та зрошення поверхні, що може застосовуватись як для індивідуального, так і групового захисту, за витратою та площами зрошення пристосоване для гасіння пожеж в екосистемах.

Ключові слова: лісова пожежа, розпилені струмені, зрошення поверхні, захист пожежних-рятувальників, осадження радіоактивного пилу.

Постановка проблеми. З кожним роком ситуація щодо екологічного стану навколишнього середовища в світі суттєво погіршується та набуває глобальних масштабів і катастрофічних наслідків. Згідно з даними The Power Reactor Information System (PRIS) [1] станом на 2019 рік в 31 країні світу експлуатується 449 ядерних енергетичних реакторів загальною електричною потужністю 398 887 МВт. 54 енергоблоки перебувають на стадії будівництва і жоден з них не захищений на 100 % від аварійних ситуацій, при яких штучні радіонукліди можуть потрапляти в атмосферу. Навіть передові сучасні технології не можуть гарантувати безперебійну роботу АЕС за стихійних лих [2]. Радіоактивне забруднення навколишнього середовища – неминучий фактор атомної ери. При використанні атомної енергії в навколишнє середовище потрапляє певна кількість радіонуклідів, незважаючи на застосування засобів радіаційного захисту.

Чорнобильська катастрофа, яка сталася в квітні 1986 року, була найбільшою техногенно екологічно-гуманітарною катастрофою. Після аварії відбулося випадання величезної кількості радіації у вигляді радіоактивних аерозолів – приблизно $5 \cdot 10^{15}$ Бк, з яких $3 \cdot 10^{13}$ Бк припадає на трансуранові елементи. Значення найбільшої густини забруднення ґрунту сягають для ^{137}Cs понад $8 \cdot 10^{12}$ Бк/км², для ^{90}Sr – $7 \cdot 10^{12}$ Бк/км² і плутонію – $3 \cdot 10^{10}$ Бк/км². Загальна площа Чорнобильської зони відчуження становить 259 837,8 га (2 600 км²), у тому числі: лісові масиви – 139,7 тис. га; перелоги – 71,4 тис. га; болота – 6,5 тис. га; торфосховища – 5,8 тис. га [3].

Після виникнення катастрофи людство, зокрема науковці не мали достатніх знань про властивості і поведінку радіоактивних частинок, тому дати оцінку, щодо масштабності події яка трапилася, було неможливо. Продовж певного часу постало питання оцінювання впливу радіоактивного забруднення на навколишнє

середовище, особливо прилеглих територій лісів. Гостро постає питання гасіння пожеж у Чорнобильській зоні, які регулярно виникають у зонах радіаційного забруднення і є найбільш небезпечним явищем у лісах на цій території.

Основні причини лісових пожеж прийнято класифікувати на антропогенні і природні. Безумовно, більше 90 % пожеж, що сталися в екосистемі та безпосередньо в лісах – це наслідок людської діяльності – недотримання заходів пожежної безпеки, безконтрольне випалювання сухої трави, навмисний підпал та інше). Близько 10 % – у результаті природних причин – землетрус, смерч, виверження вулканів, самозаймання, розряди блискавки та інше.

Проблематика сучасного стану причин, ризиків та загроз від лісових пожеж, відповідних викликів в нинішніх умовах на теренах нашої держави, не раз поставала предметом дослідження низки наукових праць фахівців як адміністративного, екологічного, земельного права, так і представників лісівничої науки, державного управління тощо, серед яких В. М. Єрмоленко, В. І. Семчик, В. Б. Авер'янов, Ю. С. Шемшученко, П. І. Лакида, С. І. Зібцев, В. П. Печуляк, В. І. Курило, І. В. Гиренко та багато інших [4].

Хотілося відмітити суттєві особливості гасіння пожеж у Чорнобильській зоні, а саме: міграція радіонуклідів, як наслідок збільшення зони забруднення; ураження радіоактивним випромінюванням осіб, які проводять роботи по гасінню таких пожеж; використання спеціального одягу та спорядження для захисту, що ускладнює проведення робіт з ліквідації загорань, а також своєчасний контроль та дезактивація людей та техніки після проведення робіт.

Серед природних екосистем планети ліс найбільшою мірою накопичує радіонукліди та найдовше їх утримує. Найінтенсивніше радіонукліди накопичуються в частинах організмів рослин і тварин, які інтенсивно ростуть. У рослин до таких частин належать листя, плоди, ягоди, молоді пагони, внутрішня частина кори, колючки, а найменше радіонуклідів у деревині.

Рослини є основними переносниками радіоактивних речовин з ґрунту в організм тварин і людини. Але, на переході ґрунт–рослина можна досить істотно впливати на нагромадження радіоактивних речовин сільськогосподарськими рослинами. Радіонукліди надходять у рослини тоді, коли вони переходять у ґрунтові розчини. Цей процес, як і взагалі рухомість речовин, прискорюється у кислому середовищі. Накопичення радіонуклідів проходить інтенсивніше в умовах вологого клімату. Кількість опадів, вологість ґрунту впливають на міграцію радіонуклідів [5]. Міграція радіонуклідів повною мірою відповідає закону В. І. Вернадського про біогенну міграцію атомів, що формулюється так: «Міграція хімічних елементів на земній поверхні і в біосфері, в цілому, здійснюється або при безпосередній участі живої речовини (біогенна міграція), або ж протікає у середовищі, геохімічні особливості якого обумовлені живою речовиною, як тією, яка нині населяє біосферу, так і тією, яка діяла на Землі протягом всієї геологічної історії». Цей закон з особливою силою проявляється на такій природній арені, до якої відноситься ліс [6].

Значну небезпеку в перерозподілі радіоактивних частинок становлять лісові пожежі, внаслідок яких різко знижується радіомісткість лісових екосистем, оскільки радіоактивні частинки у складі аерозолей і газоподібних сполук виносяться в повітря. Згідно із загальноприйнятою класифікацією лісових пожеж (верхові, низові, підземні) найбільше радіонуклідів виносяться за межі лісового біогеоценозу при верховій стійкій пожежі. При підземних пожежах на торфовищах, коли торф вигоряє повністю, всі радіонукліди, що містяться в ньому, можуть перейти в аерозольний стан. При низових пожежах горить сухий ґрунтовий покрив, при цьому вивільнюється 5-20 % загального запасу радіонуклідів лісового масиву. Лісові пожежі порушують надійне депонування радіоактивних частинок у лісових екосистемах і призводять до перерозподілу первинного радіоактивного забруднення території [5].

Метою роботи є розроблення методики зниження розповсюдження радіонуклідів під час гасіння лісових пожеж у Чорнобильській зоні відчуження.

Викладення основного матеріалу.

Під час гасіння лісових пожеж часто використовують компактний струмінь, який має більшу дальність і дає змогу збільшити відстань від пожежного-рятувальника до полум'я. Конвективні потоки, що виникають під час пожежі, сприяють переміщенню продуктів горіння та пилу на значні відстані, що у випадку виникнення пожеж в екосистемах зони відчуження може сприяти поширенню радіонуклідів та становити значну небезпеку для учасників гасіння таких пожеж. Для зменшення зони поширення радіоактивних елементів, їх потрапляння в повітря та захисту від них пожежного-рятувальника під час пожеж у забруднених лісах застосовують струмені розпиленої води, що мають меншу дальність подачі, проте є ефективними під час гасіння низових пожеж низької і середньої інтенсивності. Під час гасіння низових пожеж високої інтенсивності та верхових вони, як правило, не застосовуються через невелику дальність.

Відомо, що заходи, пов'язані з осадженням радіоактивних хмар, пилу та аерозолів під час пожеж у лісовій місцевості (переважно низових), в зоні радіоактивного забруднення, використовують саме розпилені струмені, що формуються традиційним, наявним в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРСЦЗ) ДСНС України пожежно-технічним обладнанням – вітчизняним та закордонними переносними пожежними стволами, турбінними та щілинними розпилювачами, які можна застосовувати безпосередньо під час проведення заходів, пов'язаних з ліквідацією пожеж.

Пожежний ствол – пристрій, який встановлюється на виході напірної рукавної лінії, призначений для формування, спрямування та (або) регулювання струменя вогнегасної речовини. Стволи за призначенням поділяють на водяні та водопінні, а залежно від пропускної здатності та розмірів – на переносні та лафетні.

Найпоширеніші переносні пожежні стволи, які можуть формувати розпилений струмінь та використовуються у підрозділах ОРСЦЗ ДСНС України, наведені на рис. 1.

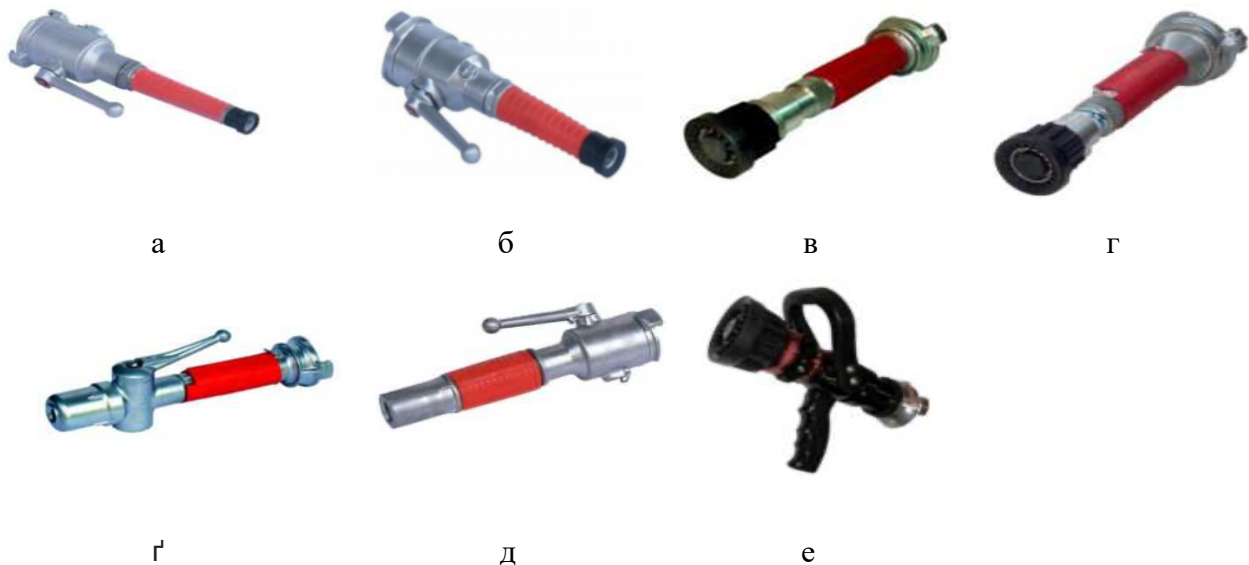


Рисунок 1 – Переносні пожежні стволи: а – РСП-50; б – РСП-70; в – РС-Ам; г – РС-Бм; г – СРК-50; д – РСК-50; е – Protec366.

«Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація», Том 4 № 2 (2020)

Набуває широкого використання ствол Protec 366, який є доволі універсальним стволом, проте мало придатним для гасіння пожеж в природних

екосистемах внаслідок значних номінальних напорів (70 м.вод.ст.).

В табл. 1 наведено основні тактико-технічні характеристики цих стволів.

Таблиця 1 – Тактико-технічні характеристики водяних переносних пожежних стволів

Показники	Вид ствола					
	РСП-50	РСП-70	РС-Ам	РС-Бм	СРК-50	РСК-50
Діаметр насадка, мм	12	19	-	-	2	12
Витрата води при напорі на стволі 0,4 МПа:						
- суцільного струменя, л/с	2,7	7,4	6,0	2,5	2,7	2,7
- розпиленого струменя, л/с	2,0	7,0	7,0	3,5	2,7	2,0
- захисної завіси, л/с	-	-	7,0	3,5	-	-
Дальність струменя при напорі на стволі 0,4 МПа:						
- суцільного струменя, м	30	32	28	25	30	30
- розпиленого струменя, м	11	9	10-12	8-10	12	11
Кут факела захисної завіси, град.	40	40	30-90	30-90	25-60	40-70
З'єднувальна арматура ствола	ГМН-50	ГМН-70	ГМН-70	ГМН- 50	ГМН-50	ГМН-50
Маса ствола, кг	1,45	2,8	1,25	1,1	1,8	1,95

Наведені характеристики дозволяють оцінити площу поверхні, яка може бути зрошена розпиленним струменем кожного із стволів. Для розрахунків застосуємо формулу

$$S_{\text{зрош}} = \frac{\alpha \pi l^2}{360^\circ},$$

де α – кут факела захисної завіси, град., l – дальність розпиленого струменя, м.

Важливою характеристикою пожежно-технічного обладнання, що використовується для формування розпиленого струменя є площа поверхні зрошення. Для основних типів пожежних стволів площі поверхні зрошення при напорі на стволі 0,4 МПа, максимальному куті факела захисної завіси та максимальній дальності розпиленого струменя представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Максимальна площа поверхні зрошення при подачі розпиленого струменя.

Вид ствола	РСП-50	РСП-70	РС-Ам	РС-Бм	СРК-50	РСК-50
Площа поверхні зрошення при напорі на стволі 0,4 МПа, максимальному куті факела захисної завіси та максимальній дальності розпиленого струменя, м ²	42.2	28.3	113.0	78.5	75.4	73.9

Найбільшої площі зрошення можна досягти з допомогою ствола РС-Ам, дещо меншої – стволами РС-Бм, СРК-50 і РСК-50.

При їх використанні слід врахувати, що для забезпечення необхідної інтенсивності гасіння може виникнути необхідність

використовувати й інші стволи, які формують компактний струмінь, що зумовить додаткову потребу в людських ресурсах, обладнанні та збільшить витрату води.

Під час гасіння пожеж або при проведенні дій з ліквідації наслідків НС на об'єктах хімічної, нафтохімічної та нафтопереробної промисловості для

створення потужних розпилюваних струменів або щільної водяної завіси використовують турбінні й щілинні розпилювачі НРТ-5,10,20 та РВ-12. Насадки-розпилювачі НРТ-5,10 та РВ-12 встановлюють на ручні стволи замість стандартного насадка (наприклад, РС-70), а на лафетний ствол СЛК- П20 встановлюють насадок-розпилювач НРТ-20.



а



б

Рисунок 2 – Розпилювачі: а – Насадок-розпилювач щілинний; б – Розпилювач турбінний.

Розпилювач щілинний (рис. 2) застосовується, як додатковий насадок на ствол пожежний ручний РС-70 і призначений для створення щільної водяної завіси. Насадок-розпилювач турбінний (рис. 3) застосовується, як додатковий насадок на ствол пожежний ручний РС-70 і призначений для формування і направлення розпиленого струменя води під час гасіння

пожеж. Хоча у більшості випадків такі насадки застосовують при гасінні розлитих ЛЗР [7], їх можна, як і наведені вище ручні стволи, застосовувати для осадження аерозолу, пилу та зрошення поверхні під час гасіння лісових пожеж. Основні технічні характеристики таких насадків наведені в табл. 3.

Таблиця 3 –Технічні характеристики насадків та розпилювачів.

Параметри	Турбінні розпилювачі			Щілинний розпилювач РВ-12
	НРТ-5	НРТ-10	НРТ-20	
Витрати води, л/с	5	10	20	12
Довжина струменя, м	20	25	35	-
Висота водяної завіси, м	10	12	15	8
Товщина водяної завіси, м	1,2	1,5	2,0	1,2
Площа захисної завіси, м ²	50	100	200	100
Маса, кг	0,8	0,8	0,8	1,3

Використовуючи дані табл. 3, можемо оцінити площу поверхні зрошення.

Як видно з даних, наведених у таблицях 1 – 3 при доволі прийнятних площах зрошення, розглянуте обладнання має значні

витрати, в умовах пожеж в природних екосистемах, а саме у випадку критичної обмеженості сил та засобів для гасіння пожежі, в таких умовах не придатне для групового захисту та використання по площі.

Таким чином, на основі аналізу існуючих методів та пристроїв для створення водяної завіси, осадження небезпечних речовин та захист пожежних-рятувальників, обладнання від впливу високих температур, на думку авторів, мала увага приділяється саме груповим методам та пристроям захисту, які є більш ефективними в умовах лісових пожеж, адже швидкість поширення пожежі саме в лісовій місцевості при низових пожежах доволі велика. Проблема водопостачання при такого роду пожежах, це звичне явище, тому прокладена магістральна (робоча) лінія від пожежного автомобіля може сягати сотні метрів, а то і більше, що в свою чергу наражає на небезпеку пожежних-рятувальників, які працюють далеко від місця встановлення пожежно-рятувального автомобіля. Порив пожежного рукава, відсутність радіозв'язку, недостатня кількість особового складу, поломка пожежно-рятувального автомобіля або несправність пожежного насосу, можуть наражати ствольщика на небезпеку спровокувати безпечний відхід пожежного-рятувальника в безпечне місце та оточення пожежного по усіх периметрах вогнем. Для попередження такого явища, на думку авторів доцільно було б використовувати пожежний рукав для створення водяної завіси [9], який за допомогою розпилення води забезпечував безпечні умови для роботи на пожежі, а також попереджував би розповсюдження

лінії вогню. Але пристрої для створення водяної завіси виконані у формі перфорованого пожежного рукава мають ряд недоліків, а саме: відсутність регулювання витрати води, можливе перекручування рукавної лінії, неможливість подовження рукавної лінії та використання пожежного ствола, незмінні характеристики площі зрошення розпилювачів рукава.

Таким чином, актуальною є задача розробки пристрою для створення водяної завіси, з можливістю використання його під час ліквідації, попередженні можливо запобігання, осадження радіоактивного пилу, хмари та захисту від теплового навантаження пожежних під час гасіння низових пожеж.

Висновки.

1. За результатами аналізу існуючих методів та пристроїв для осадження радіоактивного аерозолу, пилу та зрошення поверхні під час низової пожежі в зоні відчуження, встановлено, що всі наявні в пожежно-рятувальних підрозділах пристрої та методики їх застосування ефективні тільки при локальному використанні, а саме під час роботи пожежного зі стволом.

2. Актуальним завданням є розробка методу та обладнання для осадження аерозолу, пилу та зрошення поверхні, що дозволить збільшити площу зрошення та інтенсифікувати процес осадження аерозолу, пилу і радіонуклідів в їх складі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. IAEA PRIS Power Reactor Information System [Електронний ресурс] <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>;

2. Романчук Л. Д. Радіоекологічна оцінка формування дозового навантаження у мешканців сільських територій Полісся України: монографія. Житомир: Полісся, 2015. 300 с.

3. Наукові засади захисту населення і територій від наслідків лісових пожеж з радіаційно небезпечними факторами: монографія / С. І. Азаров, С. А. Єременко, В. Л. Сидоренко та ін.; за заг. ред. П.Б. Волянського. Київ: ТОВ "Інтердрук", 2016. 203 с.

4. Гулак О. В. Аналіз причин виникнення лісових пожеж поблизу ЧАЕС. Международный научный журнал. № 6, т. 3. 2016, 149-152.

5. Давиденко В. М. Радіобіологія. Миколаїв: Видав. МДАУ, 2011. – 265 с.

6. Лановенко О. Г., Остапшина О. О. Закон біогенної міграції атомів. Словник – довідник з екології: навч.-метод. посіб. Херсон : ПП Вишемирський В.С., 2013.90 С.

7. Довідник пожежно-рятувальника, Харків, 2017. 114 с.

8. Пожарный рукав для водяной завесы: пат. 138957U1 Російська федерація: № 2013104923/12; заявл. 05.02.2013; опубл. 27.03.2014, Бюл. № 9.

REFERENCES

1. IAEA PRIS Power Reactor Information System [Електронний ресурс] <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>;
2. Romanchuk L. D. (2015) Radioecological assessment of dose loading in residents of rural areas of Polissya, Ukraine: Monograph. Zhytomyr: Polissia
3. Scientific principles of protection of the population and territories from the consequences of forest fires with radiation-hazardous factors: monograph / S.I. Азаров, С.А. Yeremenko, VL Sidorenko and others; for general ed .. P.B. Volyansky. Kyiv: Interdruk LLC, 2016. 203 p.
4. Hulak O. V. (2016) Analysis of the causes of forest fires near the Chornobyl nuclear power plant. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal*. № 6.
5. Davidenko V. M. (2011) Radiobiology. Mykolaiv: MDAU
6. Lanovenko O. H., Ostapishyna O. O. (2013) The law of biogenic migration of atoms. *Slovyk – dovidnyk z ekolohii : navch.-metod. posib.* Kherson: PP Vyshemyrskyi V.S.
7. Fire and Rescue Handbook (2017), Kharkiv.
8. Fire hose for water curtain: pat. 138957U1 Russian Federation: № 2013104923/12; declared 05.02.2013; publ. March 27, 2014, Bull. № 9.

*D. V. Lagno,¹ A. D. Kuzyk,² doctor of agricultural sciences, professor,
A. O. Bychenko,¹ candidate of technical science, docent,
I. O. Nozhko,¹ candidate of pedagogy science,
¹Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes
of National University of Civil Defence of Ukraine,
²Lviv State University of Life Safety.*

METHODS OF DEPOSITION OF RADIOACTIVE DUST AND CLOUDS DURING EXTINGUISHING OF LOWLAND FIRES IN CHORNOBYL ZONE

When extinguishing forest fires, a compact jet is often used, which has a longer range and allows you to increase the distance from the rescuer to the flame. But the convective currents that accompany the fire contribute to the movement of aerosols, combustion products and dust, which contain radionuclides in the forests of the Chornobyl Exclusion Zone. Jets of sprayed water are used to reduce the area of distribution of radioactive elements, their release into the air and protection from them by firefighters during fires in contaminated forests. It must be noted that the sprayed water jet has a shorter range and is effective during low and medium intensity grassroots fires. When extinguishing high-intensity bottom and top fires, it is not used due to the short range of the jet. But the spray jet is effective even in such fires, but only for irrigation of forest areas where firefighters work, extinguishing small fires and unburned fragments of forest combustible materials..

According to the results of the analysis of existing methods and devices for deposition of radioactive dust, clouds and surface irrigation during a ground fire in the exclusion zone, it is established that all fire extinguishing devices available in fire and rescue units and methods of their application are effective only when used locally. during the work of a firefighter-rescuer with a trunk.

An urgent task is to develop equipment for aerosol deposition, dust and surface irrigation and methods of its application. which will increase the area of irrigation and intensify the process of deposition of radioactive dust and clouds.

Key words: forest fire, sprayed jets, surface irrigation, protection of firefighters, deposition of radioactive dust.