ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ, ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ

Львів – 2026

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова:

Дмитро БОНДАР – ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, Заслужений працівник цивільного захисту України, доктор юридичних наук, доцент.

Заступники голови:

Василь ПОПОВИЧ – проректор з наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор;

Ярослав ІЛЬЧИШИН – начальник науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат педагогічних наук.

Члени наукового комітету:

Oksana TELAK – MSFS, Warsaw, Poland, Doctor of Sciences;
Jerzy TELAK – ASE, Warszawa, Poland, Doctor of Sciences, Professor;
Bogusław KOGUT – Doktor inżynier, Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej;
Вікторія СЕРГІЄНКО – проректор з наукової роботи Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, доктор медичних наук, професор;
Анастасія СІМАХОВА – Голова Ради молодих вчених при Міністерстві освіти і науки України, професор кафедри фінансових технологій та бізнесу Національного університету "Київський авіаційний інститут", доктор економічних наук, професор;
Дмитро КОБИЛКІН – учений секретар Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;
Ольга БАРАБАШ – завідувач науково-дослідної лабораторії актуальних проблем правозастосовної та правоохоронної діяльності навчально-наукового інституту права та правоохоронної діяльності, Голова Ради молодих вчених Львівського державного університету внутрішніх справ, доктор юридичних наук, професор;
Андрій ОСТАП'ЮК – перший проректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат юридичних наук;
Назарій КОВАЛЬ – проректор з персоналу Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор філософії;
Олександр ПРИДАТКО – проректор із навчально-методичної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;
Тарас БОЙКО – проректор з організації служби та підготовки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук.

ОРГАНІЗАТОР ТА ВИДАВЕЦЬ Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Технічний редактор, комп'ютерна верстка Климус М.В.

Друк на різографі Петролюк Н.І.

Відповідальний за друк Петролюк Н.І

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ: ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007

Контактні телефони: (032) 233-24-79, тел/факс 233-00-88

Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності в умовах війни: Зб. наук. праць XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. – Львів: ЛДУБЖД, 2026. – 1086 с.

Збірник сформовано за науковими матеріалами XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів **«Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності в умовах війни»**.

Збірник містить матеріали таких тематичних секцій:

- Цивільна безпека.
- Превентивна діяльність у сфері техногенної та пожежної безпеки.
- Менеджмент у безпеці життєдіяльності.
- Організація проведення аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.
- Інформаційні технології у безпеці життєдіяльності.
- Соціальні, психолого-педагогічні аспекти та гуманітарні засади безпеки життєдіяльності.
- Промислова безпека та охорона праці.
- Природничі, біологічні та екологічні аспекти безпеки життєдіяльності.
- Організаційно-правові аспекти забезпечення безпеки життєдіяльності.
- Медицина в умовах воєнного стану.
- Сучасні наукові підходи до формування безпекового середовища.

© ЛДУ БЖД, 2026

Здано в набір 31.03.2026. Підписано до друку 23.04.2026. Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 67,88.
Гарнітура Times New Roman.
Друк на різографі. Наклад: 100 прим.
Друк: ЛДУ БЖД
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.
ldubzh.lviv@dsns.gov.ua

За точність наведених фактів, економіко-статистичних та інших даних, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів. При передруковуванні матеріалів посилання на збірник обов'язкове.

УДК 504.5:614.84

ЕКОЛОГІЧНА РИЗИКИ, ПОВ'ЯЗАНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛІВКОУТВОРЮВАЛЬНИХ ПІН AFFF ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

Назар Смолій
Наталія Гринчишин, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
м. Львів, Україна

Водні плівкоутворювальні піни (AFFF) широко застосовуються для гасіння пожеж класу B. Вони містять пер- і поліфторалкільні сполуки (ПФАС), які є стійкими забруднювачами довкілля. Розглянуто потенційні екологічні ризики їх використання, токсичний вплив на біоту та можливі наслідки застосування AFFF в умовах війни в Україні.

Ключові слова: водні плівкоутворювальні піни (AFFF), пер- і поліфторалкільні сполуки (ПФАС), екологічні ризики, пожежогасіння, забруднення довкілля, біоакумуляція, токсичність, воєнні дії в Україні.

ENVIRONMENTAL RISKS ASSOCIATED WITH THE USE OF AFFF FOAM FOR FIREFIGHTING

Nazar Smoliy
Nataliia Grynchyshyn, Candidate of Agricultural Sciences
Associate professor
Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

Aqueous film-forming foams (AFFF) are widely used to extinguish Class B fires. They contain per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), which are persistent environmental pollutants. The article examines the potential environmental risks of their use, toxic effects on biota, and possible consequences of AFFF application under wartime conditions in Ukraine.

Keywords: aqueous film-forming foams (AFFF), per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), environmental risks, firefighting, environmental pollution, bioaccumulation, toxicity, war in Ukraine.

Водні плівкоутворювальні піни (Aqueous Film Forming Foam, AFFF) широко застосовуються у системах пожежогасіння для ліквідації пожеж класу B, зокрема під час горіння нафтопродуктів, пального та інших легкозаймистих рідин. Завдяки здатності швидко формувати водну плівку на поверхні палива, такі піни ефективно припиняють доступ кисню до осередку горіння та запобігають повторному займанню. Саме тому AFFF протягом десятиліть активно використовуються на військових об’єктах, аеродромах, нафтобазах та під час навчань пожежно-рятувальних підрозділів. Однак ці

піни містить пер- і поліфторалкільні сполуки (ПФАС), які характеризуються високою хімічною стабільністю та практично не піддаються природному розкладанню в довкіллі [1].

ПФАС часто називають «вічними» хімічними речовинами через надзвичайно міцний зв'язок між атомами вуглецю і фтору, що зумовлює їхню стійкість до біологічного та хімічного руйнування. У результаті ці сполуки здатні накопичуватися у ґрунтах, поверхневих і підземних водах, а також у біоті, що створює довготривалі екологічні та токсикологічні ризики. Дослідження показують, що використання AFFF є одним із основних локальних джерел забруднення довкілля PFAS, особливо у районах тренувальних полігонів з пожежогасіння, військових баз і аеропортів [2].

Встановлено, що навіть одноразове застосування пожежної піни AFFF може призвести до потрапляння значної кількості ПФАС у ґрунтові та поверхневі води. У подальшому ці речовини можуть мігрувати у водоносні горизонти та поширюватися за межі місця їх використання, створюючи потенційні ризики для водних екосистем і джерел питної води. Польові дослідження на об'єктах, де використовувались плівкоутворювальні піни, підтверджують наявність підвищених концентрацій ПФАС у ґрунтах, ґрунтових та підземних водах навіть через багато років після припинення їх застосування [3].

Присутність ПФАС у тканинах водних і наземних організмів підтверджена результатами досліджень, проведених на всіх континентах світу. Ці сполуки виявляли навіть у віддалених районах, які знаходяться далеко від безпосередніх джерел забруднення, зокрема у високих широтах Арктики, Антарктиді та на океанічних островах. Окрім цього, ПФАС здатні накопичуватися та посилювати свою концентрацію трофічними ланцюгами, що призводить до явища біомагніфікації в різних прісноводних і морських екосистемах [4].

У риб та інших гідробіонтів ПФАС можуть викликати порушення функцій печінки, зміни метаболізму, дисфункцію імунної системи, гормональні порушення та аномалії розвитку потомства [5]. ПФАС призводить до перебудови мікробного комплексу і зниження різноманіття мікроорганізмів ґрунту [6]. Негативний вплив цих сполук на ріст і розвиток рослин відбувається через зменшення біомаси, порушення фотосинтезу, зміну клітинної структури та пригнічення проростання насіння. У наземних тварин ПФАС можуть змінювати метаболізм ліпідів, впливати на секрецію інсуліну, викликати нейротоксичні ефекти, пригнічувати імунну систему та спричиняти гормональні порушення. Вплив ПФАС на здоров'я людини пов'язують із підвищенням рівня холестерину, ендокринними порушеннями, зниженням імунної відповіді, метаболічними змінами, безпліддям та підвищеним ризиком деяких видів раку [5].

В умовах повномасштабної війни в Україні питання використання протипожежних пін AFFF набуває особливої актуальності. Інтенсивні бойові

дії, регулярні ракетні та артилерійські удари по об'єктах критичної інфраструктури, нафтобазах, промислових підприємствах і складах пального супроводжуються масштабними пожежами. Для їх ліквідації підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій та інші служби широко застосовують ефективні засоби пожежогасіння, зокрема плівкоутворювальні піни AFFF. За таких умов значні обсяги ПФАС можуть потрапляти у ґрунти та водойми, що підвищує ризик локального або регіонального забруднення довкілля. Вагомою проблемою пом'якшення негативних наслідків використання AFFF є їх запатентована формула. У зв'язку з цим актуальним є дослідження потенційних екологічних ризиків, пов'язаних із застосуванням водних плівкоутворювальних пін різних виробників у сучасних умовах війни в Україні.

Список літератури

1. Yan P.F., Dong S., Pennell K.D., Cápiro N.L. A review of the occurrence and microbial transformation of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in aqueous film-forming foam (AFFF)-impacted environments. *Sci Total Environ.* 2024. 171883. URL: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171883

2. Benaafi M, Bafaqeer A. Comprehensive Review of Global Perspectives on Per- and Polyfluoroalkyl Compounds: Occurrence, Fate, and Remediation in Groundwater Systems. *Water*. 2024. 16(11):1583. URL: https://doi.org/10.3390/w16111583

3. Høisæter Å., Pfaff A., Breedveld G.D. Leaching and transport of PFAS from aqueous film-forming foam (AFFF) in the unsaturated soil at a firefighting training facility under cold climatic conditions. *J. Contam Hydrol*. 2019. URL: https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2019.02.010

4. Malik P., Nandini D., Tripathi, B.P. Firefighting aqueous film forming foam composition, properties and toxicity: a review. *Environ Chem Lett* . 2024. 22. 2013–2033. URL: https://doi.org/10.1007/s10311-024-01739-x

5. Narasimhappa P., Singh S., Varshney R., Chauhan V., Kour R., Ramamurthy P. C., Shehata N. Environmental behavior and human health risks of PFAS: Occurrence, toxicity, and the state-of-the-art removal approaches. *RSC Advance.* 2025. 15(52), 44555–44583. URL: https://doi.org/10.1039/d5ra07672b

6. Ханік Ю.О., Звір Г.І., Гринчишин Н.М. Вплив фторсинтетичної плівкоутворюючої піни для пожежогасіння на мікробоценоз ґрунту. *Екологія та ноосферологія*. 2023. 34 (2), 61-69. URL: https://doi.org/10.15421/032310

References

1. Yan P.F., Dong S., Pennell K.D., Cápiro N.L. A review of the occurrence and microbial transformation of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in aqueous film-forming foam (AFFF)-impacted environments. *Sci Total Environ.* 2024. 171883. URL: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171883

2. Benaafi M, Bafaqeer A. Comprehensive Review of Global Perspectives on Per- and Polyfluoroalkyl Compounds: Occurrence, Fate, and Remediation in Groundwater Systems. *Water*. 2024. 16(11):1583. URL: https://doi.org/10.3390/w16111583

3. Høisæter Å., Pfaff A., Breedveld G.D. Leaching and transport of PFAS from aqueous film-forming foam (AFFF) in the unsaturated soil at a firefighting training facility under cold climatic conditions. *J. Contam Hydrol*. 2019. URL: https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2019.02.010

4. Malik P., Nandini D., Tripathi, B.P. Firefighting aqueous film forming foam composition, properties and toxicity: a review. *Environ Chem Lett* . 2024. 22. 2013–2033. URL: https://doi.org/10.1007/s10311-024-01739-x

5. Narasimhappa P., Singh S., Varshney R., Chauhan V., Kour R., Ramamurthy P. C., Shehata N. Environmental behavior and human health risks of PFAS: Occurrence, toxicity, and the state-of-the-art removal approaches. *RSC Advance.* 2025. 15(52), 44555–44583. URL: https://doi.org/10.1039/d5ra07672b

6. Hanik, Y.O., Zvir, G.I., & Hrynchyshyn, N.M. The effect of fluorine-based film-forming firefighting foam on soil microbial communities. Ecology and Noosphere Studies. 2023. 34 (2), 61–69. URL: https://doi.org/10.15421/032310

Дарія Давидчук, Юлія Михайлюк, ВОЄННИЙ КОНФЛІКТ ЯК ФАКТОР ЗМІНИ КЛІМАТУ: МАСШТАБИ ТА НАСЛІДКИ..... 793

Зореслава Райко, Анастасія Сосновська, Людмила Мітюк, ЕКОЛОГІЧНА СПАДЩИНА ВІЙНИ: ХІМІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ТА ПІДЗЕМНИХ ВОД ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА БЕЗПЕКУ НАСЕЛЕННЯ..... 796

Ірина Маруняк, Наталія Гринчишин, АДАПТАЦІЯ РЕКРЕАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ТЕРИТОРІЯХ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ ДО УМОВ ВІЙНИ..... 801

Катерина Король, ДЕГРАДАЦІЯ ГІДРОХІМІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ВОД ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ВНАСЛІДОК ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ СМІТТЄЗВАЛИЩ..... 805

Михайло Іляшевич, Тарас Шуплат, Василь Попович, ЕКСПРЕС-ДІАГНОСТИКА РІВНЯ ЖИТТЄВОСТІ ДЕРЕВНИХ НАСАДЖЕНЬ ПОСТПІРОГЕННИХ ТЕРИТОРІЙ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ..... 809

Назар Лисий, Василь Попович, ВІДПРАЦЬОВАНІ ШИНИ ЯК ЧИННИК ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ У ВОЄННИХ РЕАЛІЯХ..... 816

Назар Смолій, Наталія Гринчишин, ЕКОЛОГІЧНА РИЗИКИ, ПОВ'ЯЗАНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛІВКОУТВОРЮВАЛЬНИХ ПІН AFFF ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ..... 821

Олександр Коцюр, Василь Попович ГОРІННЯ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ І ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ..... 825

Олександра Жоріна, Степова Катерина, БІОВУГІЛЛЯ ЯК АДСОРБЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ У ТЕХНОЛОГІЯХ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ОРГАНІЧНИХ ТА НЕОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ..... 829