



**Н. М. Гринчишин, С. С. Порошенко**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна*

## **ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ҐРУНТУ, ЗАБРУДНЕНОГО РОЗЧИНАМИ ПІНОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ**

Проблему екологічної безпеки ґрунту, забрудненого розчинами піноутворювачів для гасіння пожеж, вивчено частково. Під час використання пожежної піни для локалізації і гасіння пожеж у наземних екосистемах відбувається забруднення ґрунту розчинами піноутворювачів, які потрапляють до нього після руйнації пожежної піни. У лабораторних умовах, за допомогою ростового фітотесту, досліджено вплив розчинів піноутворювачів для гасіння пожеж українських виробників загального призначення "Альпен", "Пірена", "БАРС-S1", спеціального призначення "БАРС-AFFF" на ріст рослин *Sinapis alba*. За результатами досліджень визначено фітотоксичні ефекти розчинів піноутворювачів на корінь і пагін рослини, встановлено рівні фітотоксичності ґрунту. З'ясовано, що розчини піноутворювачів мають різний вплив на рослини та, відповідно, різну фітотоксичність ґрунту. Найбільш небезпечним для рослин є свіже забруднення ґрунту розчином піноутворювача спеціального призначення "БАРС-AFFF". Для оцінювання динаміки змін фітотоксичності ґрунту, забрудненого розчинами піноутворювачів, повторно проводили фітотестування ґрунту після 30 і 90 діб від забруднення. За результатами проведених досліджень обґрунтовано використання для гасіння пожеж у наземних екосистемах розчин піноутворювача загального призначення "БАРС-S1", як найбільш безпечного для рослин.

**Ключові слова:** пожежа; пожежна піна; екосистема ґрунту; фітотестування; екологічна безпека.

**Вступ.** На території України щорічно зростає кількість пожеж. Технології пінного пожежогасіння є ефективним методом локалізації та гасіння пожеж на початкових стадіях, зокрема й у лісових екосистемах (Гуцанко, 2015). Проте, з усіх відомих технологій пожежогасіння, пінне має найістотніший "шкідливий" вплив на навколишнє середовище. За ситуацій, пов'язаних із використанням піни для гасіння пожеж, виникає проблема забруднення навколишнього середовища не тільки продуктами горіння, а й речовинами, які використовують у пожежогасінні (Bezrodnyi, 2013).

Небезпечний вплив пожежної піни на навколишнє середовище полягає у тому, що під час гасіння вона руйнується, а розчини піноутворювачів здебільшого забруднюють ґрунт, мігрують у водойми.

Окрім складники піноутворювачів можуть чинити значний токсичний вплив на найважливіші життєві функції всіх класів живих організмів (Ostroumov, 2001). Основну роль у цьому відіграють поверхнево-активні речовини (ПАР), синтезовані на білковій або синтетичній основі вуглеводнів або фторвуглеводнів шляхом приєднання до них гідрофільної групи, що підвищує їх розчинність у воді; вони знижують поверхневий натяг води на межі з повітрям і забезпечують еластичність водних плівок протягом усього часу існування (Sharovarnikov, 2000).

Дослідження з вивчення впливу піноутворювачів на

водні організми виявили більшу токсичність піноутворювачів, які не містять фтору, порівняно із фторованими піноутворювачами (Gaikowski et al., 1996).

Відсутність інформації стосовно токсичного впливу піноутворювачів для гасіння пожеж на ґрунтові організми потребує проведення досліджень.

Рослини, через обмеженість руху, першими зазнають негативного впливу речовин, які потрапляють у ґрунт й можуть помітно реагувати на ці зміни, а тому саме їх найчастіше використовують в екологічній діагностиці стану навколишнього середовища як індикатори.

**Мета дослідження** – вивчити вплив різних розчинів піноутворювачів для гасіння пожеж на рослини.

**Основні завдання дослідження** полягали в проведенні модельного досліді з штучного забруднення ґрунту розчинами піноутворювачів, фітотестуванні забруднених ґрунтів, визначенні фітотоксичних ефектів розчинів піноутворювачів та рівнів фітотоксичності ґрунту.

**Матеріали та методи дослідження.** У дослідженні використали 6 %-ві розчини піноутворювачів загального та спеціального призначення українських виробників, характеристику яких подано в табл. 1.

Розчини піноутворювачів виливали на поверхню сірого лісового ґрунту попередньо підготовлених ділянок (очищених від надземної частини рослин) до повного їх проникнення в глибину ґрунту понад 15 см. Через добу після забруднення відбирали проби ґрунту із глибини 0-

### **Інформація про авторів:**

**Гринчишин Наталія Миколаївна**, канд. с.-г. наук, доцент кафедри екологічної безпеки. **Email:** nata\_gryn123@ukr.net

**Порошенко Сергій Сергійович**, курсант взводу. **Email:** sergij.poroshenko@gmail.com

**Цитування за ДСТУ:** Гринчишин Н. М., Порошенко С. С. Фітотоксичність ґрунту, забрудненого розчинами піноутворювачів для гасіння пожеж. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(6). С. 77–80.

**Citation APA:** Grynychyshyn, N. N., & Poroshenko, S. S. (2017). Phytotoxicity of Soil, Polluted by Sodium Flowers for Fire Gases. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(6), 77–80. <https://doi.org/10.15421/40270615>

10 см. У лабораторних умовах за допомогою ростового фітотесту проводили фітотестування відібраних проб ґрунту. Ґрунт, очищений від різноманітних включень, перенесли в чашки Петрі, висівали на його поверхню попередньо замочене насіння рослин відповідно до міжнародних стандартів ISO 11269-1 та ISO 11269-2, у кількості 20 насінин.

**Табл. 1. Характеристика піноутворювачів для гасіння пожеж**

Назва піноутворювача	Призначення	Характеристика поверхнево-активних речовин
"Альпен"	Загальне	Природного походження (протеїнова основа)
"Пірена"	Загальне	Природного походження (протеїнова основа)
"БАРС- S1"	Загальне	Синтетичні
"БАРС-АFFF" плівкоутворюючий	Спеціальне	Фторсинтетичні

Як тест-культури використали гірчицю білу (*Sinapis alba*), однорічну рослину, яку найчастіше використовують у фітотестуванні (Lisovitchkaia & Terekhova, 2010).

Ріст рослин відбувався в термостаті за температури 23°C упродовж 6 діб. Після закінчення досліду для кожного з досліджуваних варіантів проводили виміри довжини кореня та висоти пагона рослин та розраховували середні значення цих показників.

Кожний варіант досліду виконали у 3-разовій повторності. За контроль використали ґрунт без піноутворювачів.

Фітотоксичний ефект розчинів піноутворювачів на тест-реакції рослин розраховували за формулою

$$FE = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100\%,$$

де:  $M_0$  – середня довжина кореня (пагона) на контрольному ґрунті;  $M_1$  – середня довжина кореня (пагона) на забрудненому ґрунті.

Вплив рівня фітотоксичності ґрунту, забрудненого розчинами піноутворювачів, на ріст рослин визначали за шкалою рівнів токсичності ґрунтів (табл. 2) (Rudenko, Kostyshyn, & Morozova, 2003).

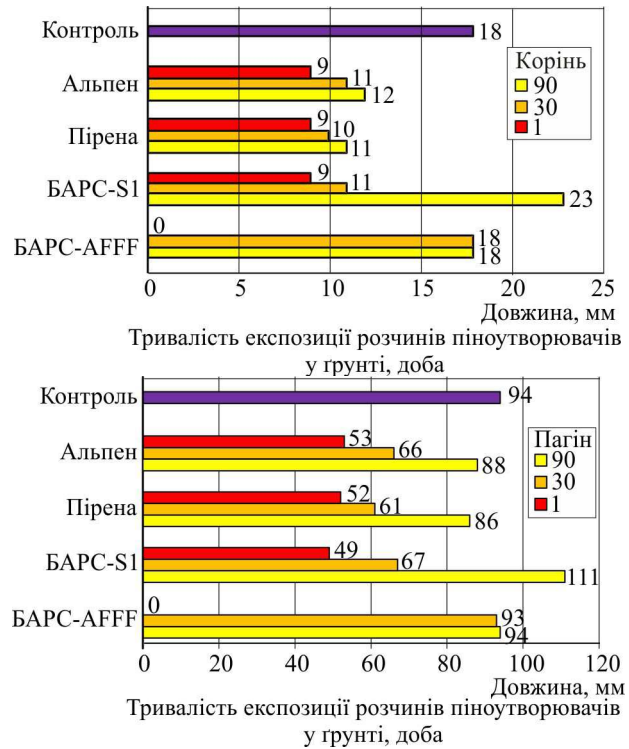
**Табл. 2. Шкала рівнів токсичності ґрунтів**

Рівень пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
0-20	Відсутність або слабкий рівень токсичності
20,1-40	Середній рівень
40,1-60	Вищий від середнього рівня
60,1-80	Високий рівень
80,1-100	Максимальний рівень

Для оцінювання динаміки змін фітотоксичності ґрунту, забрудненого розчинами піноутворювачів, повторно, із забруднених ділянок відбирали проби ґрунту після 30 і 90 діб від забруднення й проводили їх фітотестування.

**Результати дослідження.** Дослідженнями встановлено негативний вплив розчинів піноутворювачів для гасіння пожеж на ріст кореня та пагона рослин гірчиці білої (рис. 1).

Після 30 і 90 діб від забруднення ґрунту розчинами піноутворювачів загального призначення "Альпен" і "Пірена" спостережено незначне зменшення їх негативного впливу на рослин.

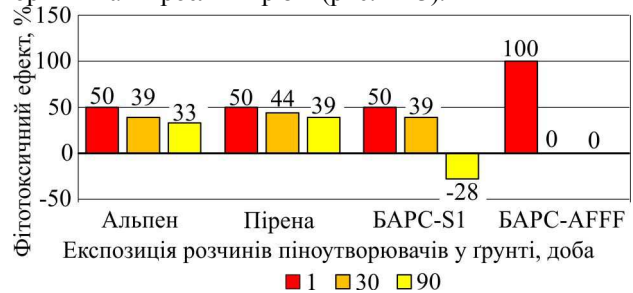


**Рис. 1.** Довжина кореня та висота пагона *Sinapis alba* (середні значення) на сірому лісовому ґрунті, забрудненому розчинами піноутворювачів для гасіння пожеж. Виявлено, що свіже забруднення ґрунту розчинами піноутворювачів загального призначення найбільш негативно впливає на ріст кореня та пагона рослин, тоді як свіже забруднення ґрунту розчином піноутворювача спеціального призначення "БАРС-АFFF" повністю пригнічує процес росту рослин.

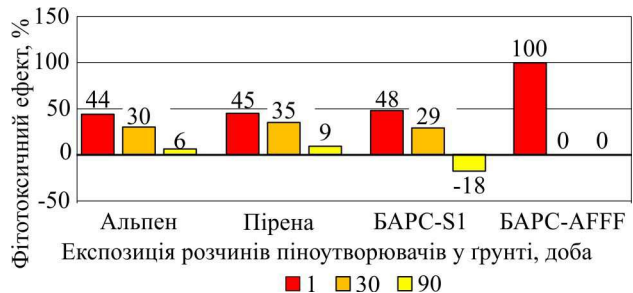
Вплив на рослини піноутворювача загального призначення "БАРС-S1" після 30 діб від забруднення ґрунту дещо зменшується, а після 90 діб від забруднення спостережено незначну стимуляцію їх росту.

Відсутність негативного впливу на рослини розчину піноутворювача спеціального призначення "БАРС-АFFF" відзначено після 30 діб від забруднення ґрунту.

Фітотоксичні ефекти розчинів піноутворювачів на корінь і пагін рослини різні (рис. 2 і 3).



**Рис. 2.** Фітотоксичні ефекти розчинів піноутворювачів для гасіння пожеж на корінь гірчиці білої у сірому лісовому ґрунті, %



**Рис. 3.** Фітотоксичні ефекти розчинів піноутворювачів для гасіння пожеж на пагін гірчиці білої у сірому лісовому ґрунті, %

Для всіх розчинів піноутворювачів загального призначення спостережено загальну закономірність: фітотоксичні ефекти на корінь більші порівняно з пагоном (див. рис. 2 і 3). Максимальні фітотоксичні ефекти на корінь і пагін усіх розчинів піноутворювачів загального відбуваються відразу після забруднення ґрунту.

За результатами фітотоксичних ефектів встановлено рівні токсичності сірого лісового ґрунту, забрудненого розчинами піноутворювачів для гасіння пожеж, стосовно кореня та пагона рослин (табл. 3).

**Табл. 3. Рівні токсичності сірого лісового ґрунту, забрудненого розчинами піноутворювачів для гасіння пожеж**

Назва піноутворювача	Тривалість експозиції піноутворювача у ґрунті, доба	Рівень токсичності на корінь	Рівень токсичності на пагін
"Альпен"	1	Вищий від середнього	Вищий від середнього
	30	Середній	Середній
	90	Середній	Слабкий
"Пірена"	1	Вищий від середнього	Вищий від середнього
	30	Середній	Середній
	90	Середній	Слабкий
"БАРС-S1"	1	Вищий від середнього	Вищий від середнього
	30	Середній	Середній
	90	Відсутній	Відсутній
"БАРС-AFFF"	1	Максимальний	Максимальний
	30	Відсутній	Відсутній
	90	Відсутній	Відсутній

Найвищі рівні токсичності ґрунту, забрудненого піноутворювачами, наявні відразу після забруднення: максимальний рівень – для піноутворювача спеціального призначення "БАРС-AFFF", вищий від середнього – для піноутворювачів загального призначення "Альпен", "Пірена", "БАРС-S1".

**Обговорення отриманих результатів.** Встановлено, що розчини піноутворювачів мають різні фітотоксичні ефекти на ріст кореня та пагона рослин, різну фітотоксичність ґрунту та динаміку її змін.

Фітотоксичні ефекти розчинів піноутворювачів на ріст кореня та пагона рослин залежать від токсичності речовин, які входять до складу піноутворювачів. Але, оскільки виробники не розголошують хімічного складу піноутворювачів, то за результатами проведеного фітотестування, найнебезпечнішим для рослин є свіже забруднення ґрунту розчином піноутворювача спеціального призначення "БАРС-AFFF".

Динаміка зміни рівнів токсичності ґрунту, забрудненого розчинами піноутворювачів, залежить від властивостей ПАР, які є основними компонентами піноутворювачів.

Так, найтриваліший токсичний вплив на ріст рослин мають розчини піноутворювачів загального призначення "Альпен" і "Пірена", ПАР яких природного походження. Очевидно, що потрапляючи у ґрунт, ці ПАР акумулюються в ньому та розкладаються ґрунтовими мікроорганізмами, частково мігрують у рослини. Низька швидкість процесів біологічного розкладу ПАР впливає на тривалість їх негативного впливу на рослини.

Дещо менший за тривалістю токсичний вплив на рослини піноутворювача загального призначення "БАРС-S1" пов'язаний із синтетичними ПАР, які потрапляючи у ґрунт, вимиваються з нього природним шляхом. А тому найбільший вплив цього піноутворювача наявний відразу після забруднення ґрунту.

Коротка тривалість фітотоксичності піноутворювача спеціального призначення "БАРС-AFFF" пов'язана із фторованими ПАР, які утворюють міцну плівку на межі середовищ, руйнація якої супроводжується їх випаровуванням із ґрунту.

**Висновки.** Забруднення ґрунту розчинами піноутворювачів негативно впливає на ріст рослин.

Фітотоксичні ефекти розчинів піноутворювачів на корінь і пагін рослини різні й залежать від токсичності речовин піноутворювачів, які входять до складу піноутворювачів. Найнебезпечніше для рослин – свіже забруднення ґрунту розчином піноутворювача спеціального призначення "БАРС-AFFF".

Найвищі рівні токсичності ґрунту наявні відразу після його забруднення розчинами піноутворювачів: максимальний рівень – для піноутворювача спеціального призначення "БАРС-AFFF", вищий від середнього – для піноутворювачів загального призначення "Альпен", "Пірена", "БАРС-S1".

За тривалістю фітотоксичного впливу, розчини піноутворювачів для гасіння пожеж можна розмістити у такий ранговий ряд: "Альпен", "Пірена" > "БАРС-S1" > "БАРС-AFFF". Тривалість фітотоксичного впливу розчинів піноутворювачів залежить від особливостей їх поверхнево-активних речовин.

За результатами аналізу фітотоксичних ефектів розчинів піноутворювачів на рослини, токсичності ґрунту та динаміки її змін під впливом забруднення розчинами піноутворювачів з'ясовано, що найбезпечнішим стосовно рослин є розчин піноутворювача для гасіння пожеж загального призначення "БАРС-S1", який рекомендовано для використання у природних наземних екосистемах.

### Перелік використаних джерел

- Bezrodnyi, I. F. (2013). *Ekologiya pozharotusheniia – poka jeto tolko slova... Pozharovzryvobezopasnost*, 22(6), 83–89. [in Russian].
- Gaikowski, M. P., Hamilton, S. J., Buhl, K. J., McDonald, S. F., Summers, C. H. (1996). Acute toxicity of three fire-retardant and two fire-suppressant foam formulations to the early life stages of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 15(8), 1365–1374. <https://doi.org/10.1002/etc.5620150816>
- Lisovitchkaia, O., & Terekhova, V. (2010). Fitotestirovanie: osnovnye podkhody, problemy laboratornogo metoda i sovremennye resheniia. *Doklady po jekologicheskomu pochvovedeniiu*, 13(1), 1–18. [in Russian].
- Ostroumov, S. A. (2001). *Biologicheskie jeffekty pri vozdeistvii poverkhnostno-aktivnykh veshhestv na organizmy*. Moscow: MAKSPress. 334 p.
- Rudenko, S. S. Kostyshyn, S. S., & Morozova, T. V. (2003). *Zahalna ekolohiia: praktychnyi kurs*. Part 1. Chemivtsi: Ruta. 320 p. [in Ukrainian].
- Sharovarnikov, A. F. (2000). *Protivopozharnye peny. Sostav, svoistva, primenenie*. Moscow: Znak. 464 p. [in Russian].
- Tytarenko, A. V. (2015). Compressed Air Foam as an Efficient Method for Wildfire Extinguishing. *Scientific Bulletin of UNFU*, 25(9), 246–250.

## **ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАСТВОРАМИ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ**

Проблема экологической безопасности почвы, загрязненной растворами пенообразователей для тушения пожаров, недостаточно изучена. При использовании пожарной пены для локализации и тушения пожаров в наземных экосистемах происходит загрязнение почвы растворами пенообразователей, которые попадают в нее после разрушения пожарной пены. В лабораторных условиях, с помощью ростового фитотеста, исследовано влияние растворов пенообразователей для тушения пожаров украинских производителей общего назначения "Альпен", "Пирена", "БАРС-S1", специального назначения "БАРС-AFFF" на рост растений *Sinapis alba*. По результатам исследований определены фитотоксичные эффекты растворов пенообразователей на корень и побег растения, установлены уровни фитотоксичности почвы. Выяснено, что растворы пенообразователей имеют различное влияние на растения и, соответственно, разную фитотоксичность почвы. Наиболее опасное для растений – свежее загрязнение почвы раствором пенообразователя специального назначения "БАРС-AFFF". Для оценки динамики изменений фитотоксичности почвы, загрязненной растворами пенообразователей, повторно проводили фитотестирование почвы после 30 и 90 суток от загрязнения. По результатам проведенных исследований обоснованно использование для тушения пожаров в наземных экосистемах раствор пенообразователя общего назначения "БАРС-S1", как наиболее безопасного для растений.

**Ключевые слова:** пожар; пожарная пена; экосистема почвы; фитотестирование; экологическая безопасность.

**N. N. Grynchyshyn, S. S. Poroshenko**

*Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine*

## **PHOTOTOXICITY OF SOIL, POLLUTED BY SODIUM FLOWERS FOR FIRE GASES**

Annually among all types of emergencies the number of fire accidents increases, especially it occurs in natural ecological systems. An effective method of locating and extinguishing of fires in the initial stages is the foam extinguishing system appliance. In such situations, there is a problem of environmental pollution by substances that are used for fire extinguishing. During extinction the fire foam breaks up and solutions of foaming agents pollute the soil, migrate into the water. Lack of information about the fire foam impact on the soil ecosystem makes conditions for further research. The article presents the results of investigations of the influence of made in Ukraine general and special foam generators for extinguishing fires on plant growth. For the research the natural grey forest soil pollution by foaming agents was imitated. In laboratory conditions the growth plant tests proved the influence of foaming agents on the growth of the root and sprout *Sinapis alba*. According to the measurements results the phytotoxic effect was calculated and the level of toxicity of the soil was estimated. Samples of soils from contaminated fields were re-sampled (one and three months after contamination) for studying of dynamics of phytotoxicity changes of the soil polluted by foaming agents. Negative effects of all foaming agents for extinguishing fires on the growth of the root and shoots of plants were demonstrated. A high phytotoxic effect of special purpose foaming agents was determined over against general purpose foaming agents. It was determined that phytotoxicity of the soil contaminated by foaming agents can last for a long time (more than 3 months). The results of research proved that general-purpose foam solutions made of synthetic surfactants are the most safe for plants. To assess the dynamics of phytotoxicity changes in soil contaminated with solutions of foaming agents, soil phytotease was re-tested after 30 and 90 days of contamination. It was found that solutions of foaming agents have different effects on plants and, accordingly, different phytotoxicity of the soil. The most dangerous for plants is fresh soil pollution with solutions of foaming agents based on fluorinated hydrocarbons.

**Keywords:** fire; fire foam; soil ecosystem; growth plant tests; ecological safety.