

*Н.М.Козяр (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності),  
В.О.Боровиков, к.т.н., А.В.Антонов, к.т.н., с.н.с., (УкрНДІПБ МНС України),  
В.В.Ковалишин, к.т.н., с.н.с. (Львівський державний університет безпеки  
життєдіяльності)*

## **ВІДНОВЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДНИХ І ВОДОПІННИХ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН – ЗАРЯДІВ ВОГНЕГАСНИКІВ ТА СИСТЕМ ПОЖЕЖОГАСІННЯ**

Проаналізовано можливості і виявлено шляхи відновлення властивостей вогнегасних речовин, які використовуються як заряди водних і водопінних вогнегасників та систем водяного і пінного пожежогасіння.

Вступ. На сьогоднішній день актуальним питанням [1-5] є пошук шляхів підвищення ефективності та стабілізації якості зарядів водних і водопінних вогнегасників та систем водяного і пінного пожежогасіння. Натомість введення добавок хімічних речовин, покриття внутрішніх поверхонь смкостей технічних засобів пожежогасіння спеціальними матеріалами та інші заходи забезпечують не припинення, а лише гальмування процесів гідролізу поверхнево-активних речовин (ПАР) та інших компонентів, їх розкладу під дією мікроорганізмів, а також корозійного руйнування конструкційних матеріалів. Як відомо, перебіг усіх цих процесів може призвести до погіршення показників якості вогнегасних речовин. Найбільш суттєвим воно може бути саме у тому разі, коли до складу вогнегасної речовини входять ПАР (компоненти піноутворювачів) та інші органічні речовини, які мають відносно невисоку стійкість під час зберігання у водних розчинах. Тривале зберігання таких вогнегасних речовин може призвести до значного погіршення їх піноутворювальних чи змочувальних властивостей, а також зниження вогнегасної ефективності. Тому через певний час вогнегасна ефективність та інші показники якості як вогнегасних речовин, так і технічних засобів пожежогасіння, у яких вони застосовуються, стають такими, що не відповідають встановленим вимогам.

Під час досліджень, описаних у цій роботі, увага приділялася насамперед вогнегасним речовинам, які містять добавки піноутворювачів загального та спеціального призначення, що забезпечують можливість генерування піни низької та (або) середньої кратності чи забезпечення нормованих змочувальних властивостей.

Відновлення ефективності технічних засобів пожежогасіння можна досягти шляхом заміни водної чи водопінної вогнегасної речовини, залитої до них раніше, на нову, однак проводити таку заміну у багатьох випадках недоцільно з економічної точки зору. У разі використання як зарядів вогнегасних речовин, до складу яких входять біологічно "жорсткі" піноутворювачі, утилізація ускладнюється через необхідність вжиття спеціальних заходів для їх знешкодження. Тому для відновлення ефективності технічного засобу пожежогасіння доцільніше вжити заходів щодо регенерації водної чи водопінної вогнегасної речовини, що використовується як його заряд. Її досягають шляхом введення добавок хімічних речовин, які впливають на відповідні показники якості.

Зокрема, відновлення змочувальних чи піноутворювальних властивостей можна досягти шляхом додавання певних кількостей піноутворювача. Підвищення вогнегасної ефективності піни середньої кратності, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів загального призначення, може бути досягнуто за рахунок додавання карбаміду [1, 3, 6-8]. Натомість додавання цієї речовини до водних розчинів плівкоутворювальних піноутворювачів погіршує їх піноутворювальну здатність та знижує вогнегасну ефективність генерованої піни [9].

Як відомо, для протипожежного захисту об'єктів різного призначення використовуються біологічно "жорсткі" піноутворювачі загального призначення "ПО-1", "ПО-1Д" та "ПО-6К", які у теперішній час не виробляються. Системи пінного пожежогасіння, які існують на більшості об'єктів, передбачають зберігання піноутворювачів у вигляді робочих розчинів. У нормативних документах, розроблених раніше [6-8], вказується, що регенерація водних розчинів піноутворювачів "ПО-1", "ПО-1Д" та "ПО-6К" може бути досягнута додаванням певної кількості піноутворювача "ПО-6К". Необхідна його кількість визначається на підставі результатів досліджень з визначення залежності піноутворювальної здатності водних розчинів та вогнегасної ефективності піни від кількості доданого піноутворювача. Змішування піноутворювача цієї марки з біологічно "м'якими" піноутворювачами загального призначення, а також їх водних розчинів, відповідно до [6-8], не допускається. Регенерацію біологічно "м'яких" піноутворювачів загального призначення, а також їх водних розчинів рекомендовано проводити шляхом додавання певних кількостей біологічно "м'яких" піноутворювачів загального призначення тієї ж чи іншої марки. В окремих випадках відновлення вогнегасних властивостей піни може бути досягнуто додаванням модифікуючих добавок до піноутворювачів чи їх водних розчинів. У той же час, про регенерацію піноутворювачів спеціального призначення чи їх водних розчинів у цих документах не йдеться, оскільки на момент їх розроблення не було достатнього досвіду застосування піноутворювачів відповідних класів (насамперед синтетичних плівкоутворювальних піноутворювачів). Натомість зняття піноутворювача "ПО-6К" з виробництва і поступове вичерпання його запасів унеможливило відновлення якості водних розчинів названих вище біологічно "жорстких" піноутворювачів загального призначення у названій спосіб, а прийнятних з економічної точки зору та екологічних міркувань способів знешкодження водних розчинів біологічно "жорстких" піноутворювачів в Україні не розроблено.

Метою роботи було виявлення шляхів відновлення показників якості водних розчинів біологічно "жорстких" піноутворювачів загального призначення для гасіння пожеж, а також визначення сумісності синтетичних плівкоутворювальних піноутворювачів, наявних на вітчизняному ринку.

Для досягнення цієї мети дослідження виконувались за такими напрямками:

1. аналіз нормативних документів, публікацій у науково-технічних виданнях, а також результатів проведених раніше експериментів стосовно сумісності піноутворювачів між собою, регенерації робочих розчинів піноутворювачів та впливу модифікуючих добавок на їх показники якості;
2. дослідження впливу піноутворювача "ПО-6К" на піноутворювальну здатність водних розчинів біологічно "м'яких" піноутворювачів загального призначення, а також вогнегасну ефективність піни середньої кратності, генерованої з них;
3. виявлення залежності вогнегасної ефективності піни, що утворюється з водних розчинів, які містять піноутворювач "ПО-6К" та біологічно "м'які" піноутворювачі загального призначення, від вмісту карбаміду;
4. дослідження зміни властивостей водних розчинів біологічно "жорсткого" піноутворювача загального призначення з добавками біологічно "м'якого" піноутворювача загального призначення та карбаміду в часі;
5. виявлення можливості змішування синтетичних плівкоутворювальних піноутворювачів різних марок та їх водних розчинів.

Експериментальні дослідження проводили за стандартизованими і стендовими методиками визначення показників якості вогнегасних речовин з використанням повірених засобів вимірювальної техніки та метрологічно атестованого випробувального обладнання.

Вогнегасні речовини є такими, які допускається змішувати між собою, якщо механізм їх взаємодії з полум'ям однаковий або вони не знижують ефективності одна одної в умовах

одночасного подавання. Так, наприклад, відомі способи гасіння пожеж газо-механічною піною (для її одержання застосовують не повітря, а газову вогнегасну речовину, наприклад, діоксид вуглецю). Одночасне подавання піни та вогнегасного порошку звичайно не допускається, оскільки порошок здатний руйнувати піну. Одночасне подавання піни, генерованої з водних розчинів піноутворювачів загального призначення та плівкоутворювальних піноутворювачів спеціального призначення, також не допускається [6-8], оскільки механізми гасіння горючих рідин суттєво відрізняються між собою. Так, зниження концентрації фторсинтетичних ПАР внаслідок одночасного руйнування піни, одержаної з робочих розчинів піноутворювачів різної природи, на поверхні горючої рідини, може призвести до унеможливлення утворення на ній достатньо "міцної" захисної плівки.

Очевидно, що піноутворювачі можна вважати сумісними між собою, якщо, окрім вказаних вище обмежень, їх основою є одні й ті самі чи близькі за природою ПАР, компоненти цих вогнегасних речовин не вступають до хімічної взаємодії між собою, а їх змішування не призводить до антагоністичних ефектів погіршення піноутворювальних, вогнегасних чи інших властивостей. Ствердження про сумісність біологічно "м'яких" піноутворювачів загального призначення, що виробляються (вироблялися) у країнах СНД, ґрунтується на тому факті, що основою усіх їх є первинні та вторинні алкілсульфати натрію чи амонію. Аналогічно, основою сумісних між собою біологічно "жорстких" піноутворювачів "ПО-1", "ПО-1Д" та "ПО-6К" є алкіларілсульфонати натрію. Обґрунтування заборони змішування між собою біологічно "м'яких" та біологічно "жорстких" піноутворювачів чи їх водних розчинів у літературі не знайдено.

Згідно [6-8], у разі часткової втрати (або невідновлення) вогнегасної ефективності піни до піноутворювачів "ПО-3АИ" та "ПО-3НП" рекомендовано додавати 2% хлориду магнію, до піноутворювачів "ТЭАС" і "ПО-6ТС" – 1% діетилентриаміну. Як відомо, основою піноутворювачів "ПО-3АИ" та "ПО-3НП" є вторинні алкілсульфати. Але слід відзначити, що хлорид магнію може використовуватись як добавка для підвищення вогнегасної ефективності піни, що утворюється з водних розчинів інших ПАР, наприклад,  $\alpha$ -олефінсульфонатів та первинних алкілсульфатів [10-12]. Основою піноутворювачів "Сніжок-1", "ПО-6ОСТ", "ТЭАС", "ПО-6ТС", "Софір" тощо також є первинні алкілсульфати, тому для підвищення ефективності піни, генерованої з їх робочих розчинів, можуть використовуватись поліетиленполіаміни, причому найбільш ефективно виявляється дія діетилентриаміну [12, 13]. Відновлення вогнегасної ефективності піни, що утворюється з водних розчинів вказаних піноутворювачів, також може бути досягнуто шляхом додавання цих добавок за умови збереження їх піноутворювальних властивостей. Як вже відзначалося, для відновлення піноутворювальної здатності водних розчинів використовуються піноутворювачі, а кількість відповідних добавок для підвищення вогнегасної ефективності піни слід визначати шляхом проведення розрахунків та (або) експериментальних досліджень.

В Інструкціях [6, 7] вказується, що додавання карбаміду у кількості 5% до робочого розчину будь-якого піноутворювача загального призначення призводить до підвищення вогнегасної ефективності піни середньої кратності, генерованої з нього, на 25%. Разом з тим, у роботі [1] було показано, що ступінь підвищення вогнегасної ефективності піни, оцінюваної за величиною критичної інтенсивності подавання робочого розчину під час гасіння бензину марки "А-76", суттєво залежить від природи самого піноутворювача: чим він ефективніший, тим менше карбамід впливає на критичну інтенсивність подавання робочих розчинів. Максимальне зниження критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача досягається у разі додавання до нього карбаміду у кількості 15...20%, причому її величина також залежить від ефективності піноутворювача.

У роботі [13] вказується, що за допомогою поліетиленполіамінів, зокрема, діетилентриаміну, можна збільшити вогнегасну ефективність піни, що утворюється з робочих розчинів піноутворювача "ПО-6К". Однак нами було експериментально

підтверджено, що зазначена добавка практично не впливає на тривалість гасіння макетних осередків пожежі і критичну інтенсивність подавання робочих розчинів цього піноутворювача у разі гасіння бензину марки "А-76" піною середньої кратності. Причина такого явища може полягати у недосконалості технології, за якою піноутворювач "ПО-6К" виробляється останніми роками (зокрема, у відсутності стадії екстракції нессульфованих сполук, які негативно впливають на вогнегасну ефективність піни і, як наслідок, високого їх вмісту у товарному продукті). Як показують літературні дані [14], а також результати проведених нами досліджень, якість піноутворювача "ПО-6К", що вироблявся у 90-х р. р. минулого століття, значно погіршилася порівняно з попередніми роками, а вогнегасна ефективність піни, що утворюється з його робочих розчинів, не відповідає вимогам не тільки Державного стандарту [15], але і технічних умов на піноутворювач [16], вимоги яких менш жорсткі. Окрім зниження вогнегасної ефективності піни, складність поводження з піноутворювачем та його застосування зумовлена випадінням великої кількості кристалічного осаду навіть під час зберігання за температури близько 20°C. Вочевидь, це явище має місце внаслідок утворення значної кількості сульфату натрію через недостатнє осушення транспортного повітря на стадії сульфатування нафтопродуктів під час виробництва піноутворювача.

Погіршення якості піноутворювача "ПО-6К" внаслідок порушення технології його виробництва, а також тривале зберігання його наявних запасів, яке може призвести до погіршення якості піноутворювача, зумовили той факт, що під час виконання робіт щодо регенерації водних розчинів піноутворювачів "ПО-1", "ПО-1Д" та "ПО-6К", взятих з ємкостей стаціонарних систем протипожежного захисту ряду об'єктів, задовільної вогнегасної ефективності шляхом додавання свіжих порцій піноутворювача "ПО-6К" жодного разу досягнуто не було, в усіх випадках її доводилося підвищувати шляхом додавання карбаміду, необхідну кількість якого визначали експериментально.

З метою визначення можливості регенерації водних розчинів біологічно "жорстких" піноутворювачів "ПО-1", "ПО-1Д" та "ПО-6К" шляхом додавання біологічно "м'яких" піноутворювачів загального призначення було проведено дослідження щодо виявлення впливу піноутворювача "ПО-6К" на піноутворювальну здатність і вогнегасну ефективність піни середньої кратності, генерованої з водних розчинів ряду біологічно "м'яких" піноутворювачів. Одержані результати показали, що піноутворювальна здатність водних розчинів, що містять піноутворювач "ПО-6К" та будь-який з вищеназваних біологічно "м'яких" піноутворювачів загального призначення, не погіршується порівняно з випадком використання кожного з цих піноутворювачів окремо, наявність у водному розчині двох піноутворювачів не призводить до неадитивних змін кратності і стійкості піни середньої кратності (табл. 1). У той же час, піноутворювач "ПО-6К" негативно впливає на вогнегасну ефективність піни, що утворюється з водних розчинів усіх досліджених піноутворювачів. На прикладі піноутворювача "Сніжок-1" показано, що з підвищенням вмісту "ПО-6К" у водному розчині вогнегасна ефективність піни знижується все більше, аж поки критична інтенсивність подавання водного розчину не досягає такого ж значення, як у випадку піноутворювача "ПО-6К" (табл. 2).

З метою визначення впливу карбаміду на вогнегасну ефективність піни середньої кратності, що утворюється з водних розчинів, які містять піноутворювач "ПО-6К" та біологічно "м'який" піноутворювач загального призначення, готували композиції, які склалися з двох піноутворювачів, карбаміду та води. Як видно з таблиці 3, карбамід позитивно впливає на вогнегасну ефективність піни. Очевидно, подібного ефекту слід очікувати не тільки у випадку використання піноутворювачів "Сніжок-1" та "ПО-6ОСТ" (марка 1), але й інших піноутворювачів загального призначення. Змінюючи вміст карбаміду у водному розчині, можна досягати в певних межах бажаного значення критичної інтенсивності його подавання.

Проведено також дослідження впливу піноутворювача “Сніжок-1” та карбаміду на показники якості водного розчину піноутворювача “ПО-1”, відібраного із залізобетонної ємкості зберігання системи пінного пожежогасіння, яка захищає одне з українських підприємств. Як видно з табл. 4, піноутворювальні властивості водного розчину, втрачені під час тривалого зберігання, після додавання певних кількостей піноутворювача “Сніжок-1” відновлюються і відповідають вимогам ДСТУ 3789 [15]. Додаванням піноутворювача “Сніжок-1” та карбаміду можна забезпечити задовільну вогнегасну ефективність піни (рішення приймається за величиною критичної інтенсивності подавання водного розчину у разі гасіння бензину марки “А-76” піною середньої кратності). Для доведення кратності і стійкості піни середньої кратності до значень, регламентованих [15], необхідно приготувати суміш, що складається з досліджуваного водного розчину та піноутворювача “Сніжок-1” (не менше 4%). Подальше збільшення його вмісту у водному розчині не призводить до збільшення кратності і стійкості піни, а її вогнегасна ефективність зростає з підвищенням вмісту карбаміду.

Таблиця 1

*Результати досліджень з визначення впливу піноутворювача “ПО-6К” на піноутворювальну здатність водних розчинів біологічно “м’яких” піноутворювачів загального призначення*

Склад водного розчину	Кратність піни середньої кратності	Стійкість піни середньої кратності, с
піноутворювач “ПО-6К” – 6%, вода – решта	87±2	257±8
піноутворювач “Сніжок-1” – 6%, вода – решта	86±2	244±7
піноутворювач “ТЭАС” – 6%, вода – решта	92±2	285±14
піноутворювач “ПО-6ТС” (марка А) – 6%, вода – решта	85±2	258±10
піноутворювач “ПО-6ОСТ” (марка 1) – 6%, вода – решта	81±3	213±6
піноутворювач “ПО-6К” – 3%, піноутворювач “Сніжок-1” – 3%, вода – решта	86±3	249±5
піноутворювач “ПО-6К” – 6%, піноутворювач “Сніжок-1” – 6%, вода – решта	88±2	254±5
піноутворювач “ПО-6К” – 3%, піноутворювач “ТЭАС” – 3%, вода – решта	91±3	262±11
піноутворювач “ПО-6К” – 6%, піноутворювач “ТЭАС” – 6%, вода – решта	89±2	260±9
піноутворювач “ПО-6К” – 3%, піноутворювач “ПО-6ТС” (марка А) – 3%, вода – решта	86±2	255±9
піноутворювач “ПО-6К” – 6%, піноутворювач “ПО-6ТС” (марка А) – 6%, вода – решта	85±3	256±12
піноутворювач “ПО-6К” – 3%, піноутворювач “ПО-6ОСТ” (марка 1) – 3%, вода – решта	83±2	226±8
піноутворювач “ПО-6К” – 6%, піноутворювач “ПО-6ОСТ” (марка 1) – 6%, вода – решта	82±2	231±6

Результати досліджень з визначення вогнегасної ефективності  
піни середньої кратності, генерованої з водних розчинів

Склад водного розчину	Критична інтенсивність подавання робочого розчину, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$
піноутворювач "ПО-6К" – 6%, вода – решта	0,056±0,003
піноутворювач "Сніжок-1" – 6,0%, вода – решта	0,024±0,002
піноутворювач "ТЭАС" – 6%, вода – решта	0,031±0,002
піноутворювач "ПО-6ТС" (марка А) – 6%, вода – решта	0,029±0,002
піноутворювач "ПО-6ОСТ" (марка 1) – 6%, вода – решта	0,041±0,002
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 1%, вода – решта	0,027±0,002
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 2%, вода – решта	0,034±0,002
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, вода – решта	0,044±0,002
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 4%, вода – решта	0,048±0,003
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 5%, вода – решта	0,056±0,003
піноутворювач "Сніжок-1" – 3%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, вода – решта	0,056±0,003
піноутворювач "ТЭАС" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, вода – решта	0,041±0,002
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 6%, вода – решта	0,056±0,003
піноутворювач "ТЭАС" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 6%, вода – решта	0,056±0,003
піноутворювач "ТЭАС" – 3%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, вода – решта	0,056±0,003
піноутворювач "ПО-6ТС" (марка А) – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, вода – решта	0,041±0,002
піноутворювач "ПО-6ТС" (марка А) – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 6%, вода – решта	0,056±0,003
піноутворювач "ПО-6ТС" (марка А) – 3%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, вода – решта	0,056±0,003
піноутворювач "ПО-6ОСТ" (марка 1) – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, вода – решта	0,048±0,003
піноутворювач "ПО-6ОСТ" (марка 1) – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 6%, вода – решта	0,056±0,003
піноутворювач "ПО-6ОСТ" (марка 1) – 3%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, вода – решта	0,056±0,003

Таблиця 3

Результати досліджень з визначення впливу карбаміду на вогнегасну ефективність піни середньої кратності

Склад водного розчину	Критична інтенсивність подавання водного розчину, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, вода – решта	0,044±0,002
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, карбамід – 5%, вода – решта	0,035±0,002
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, карбамід – 10%, вода – решта	0,029±0,002
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 6%, вода – решта	0,056±0,003
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 6%, карбамід – 5%, вода – решта	0,048±0,003
піноутворювач "Сніжок-1" – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 6%, карбамід – 10%, вода – решта	0,041±0,002
піноутворювач "ПО-6ОСТ" (марка 1) – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, вода – решта	0,048±0,003
піноутворювач "ПО-6ОСТ" (марка 1) – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, карбамід – 5%, вода – решта	0,041±0,002
піноутворювач "ПО-6ОСТ" (марка 1) – 6%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, карбамід – 10%, вода – решта	0,035±0,002
піноутворювач "ПО-6ОСТ" (марка 1) – 3%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, вода – решта	0,056±0,003
піноутворювач "ПО-6ОСТ" (марка 1) – 3%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, карбамід – 5%, вода – решта	0,048±0,003
піноутворювач "ПО-6ОСТ" (марка 1) – 3%, піноутворювач "ПО-6К" – 3%, карбамід – 10%, вода – решта	0,041±0,003

Таблиця 4

Результати досліджень з визначення впливу піноутворювача "Сніжок-1" та карбаміду на показники якості композицій на основі водних розчинів піноутворювача "ПО-1"

Склад водного розчину	Кратність піни середньої кратності	Стійкість піни середньої кратності, с	Критична інтенсивність подавання водного розчину, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$
1	2	3	4
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 100%	16±3	менше 60	не визначали
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 98%, піноутворювач "Сніжок-1" – 2%	53±3	146±8	не визначали
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 97%, піноутворювач "Сніжок-1" – 3%	74±2	198±6	0,056±0,003
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 96%, піноутворювач "Сніжок-1" – 4%	86±2	229±5	0,056±0,003
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 95%, піноутворювач "Сніжок-1" – 5%	87±2	232±6	0,056±0,003

1	2	3	4
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 94%, піноутворювач "Сніжок-1" – 6%	86±2	230±5	0,056±0,003
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 94%, піноутворювач "Сніжок-1" – 4%, карбамід – 2%	85±3	234±4	0,048±0,003
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 92%, піноутворювач "Сніжок-1" – 4%, карбамід – 4%	86±2	231±6	0,044±0,002
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 90%, піноутворювач "Сніжок-1" – 4%, карбамід – 6%	85±2	236±8	0,041±0,002
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 86%, піноутворювач "Сніжок-1" – 4%, карбамід – 10%	84±2	240±9	0,038±0,002
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 81%, піноутворювач "Сніжок-1" – 4%, карбамід – 15%	82±2	242±11	0,034±0,002
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 93%, піноутворювач "Сніжок-1" – 5%, карбамід – 2%	86±3	234±5	0,048±0,002
водний розчин піноутворювача "ПО-1" – 91%, піноутворювач "Сніжок-1" – 5%, карбамід – 4%	85±3	229±8	0,044±0,002

Для досліджень з визначення стабільності показників якості регенованого водного розчину піноутворювача "ПО-1" було приготовлено композицію, що складалася з вихідного водного розчину піноутворювача (90%), піноутворювача "Сніжок-1" (4%) та карбаміду (6%). Результати досліджень з визначення окремих показників якості цього складу безпосередньо після його приготування та після зберігання протягом 180 діб у поліетиленовій посудині наведено у табл. 5. Температура водного розчину під час зберігання коливалася у межах від 2°C до 25°C, що приблизно відповідає умовам зберігання водних розчинів піноутворювачів у ємкостях стаціонарних систем пожежогасіння. Як і очікували, під час зберігання не відбулося порушення однорідності водного розчину, його водневий показник протягом зазначеного проміжку часу змінився несуттєво, а піноутворювальні властивості і вогнегасна ефективність піни також залишилися стабільними. Очевидно, використання замість піноутворювача "Сніжок-1" інших біологічно "м'яких" піноутворювачів з додаванням за необхідності карбаміду також дасть змогу регенерувати водні розчини піноутворювачів "ПО-1", "ПО-1Д" та "ПО-6К". Під час їх зберігання не відбуватиметься хімічної взаємодії між компонентами регенованого розчину, а погіршення властивостей, як і у випадку зберігання водних розчинів піноутворювачів без добавок, може мати місце внаслідок гідролізу ПАР та інших компонентів водного розчину, їх розкладу під дією мікроорганізмів.

Таблиця 5

Показники якості регенованого водного розчину піноутворювача "ПО-1"

Найменування показників якості, розмірність	Значення показників якості	
	початкові	через 180 діб
Зовнішній вигляд	однорідна рідина світло-коричневого кольору без розшарування	однорідна рідина світло-коричневого кольору без розшарування
Водневий показник (рН)	8,15±0,05	8,00±0,05
Кратність піни середньої кратності	85±3	83±2
Стійкість піни середньої кратності, с	234±4	228±6
Критична інтенсивність подавання у разі гасіння бензину марки "А-76" піною середньої кратності, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с)	0,041±0,002	0,041±0,002



З метою визначення можливості змішування між собою синтетичних плівкоутворювальних піноутворювачів типу “АFFF” різних виробників та їх водних розчинів було проведено дослідження з визначення зовнішнього вигляду ряду таких піноутворювачів та їх водних розчинів, сумішей піноутворювачів та їх водних розчинів, а також піноутворювальної здатності і вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни низької кратності, генерованої з них. Під час змішування піноутворювачів, їх водних розчинів, а також подальшого зберігання одержаних сумішей протягом 180 діб не виявлено порушення однорідності, синергічного підвищення кінематичної в'язкості, погіршення піноутворювальної здатності чи інших негативних наслідків. Результати досліджень з визначення вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни, генерованої з ряду водних розчинів, наведено у табл. 6. Як пальне використовували бензин автомобільний марки “А-76”.

Проведено також дослідження з визначення зовнішнього вигляду робочих розчинів ряду піноутворювачів типу “АFFF AR” під час зберігання у поліетиленових посудинах за кімнатної температури. Встановлено, що через декілька діб після приготування водних розчинів відбувається порушення їх однорідності. Очевидно, це пов'язано з частковим розкладом тиксотропних полісахаридів, які, як відомо, звичайно використовуються у рецептурах піноутворювачів для забезпечення можливості гасіння полярних (водорозчинних) горючих рідин.

Таблиця 6

*Результати досліджень з визначення вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни низької кратності, генерованої з водних розчинів плівкоутворювальних піноутворювачів та їх сумішей*

Склад водного розчину	Тривалість гасіння макетного вогнища пожежі за інтенсивності подавання робочого розчину $(0,029+0,001) \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Проміжок часу до повторного займання, с
Піноутворювач “ППЛВ-(Універсал)” марки 106 – 6%, вода – решта	152±11	302±44
Піноутворювач “АFFF-106” – 6%, вода – решта	149±16	286±59
Піноутворювач “Sthamex-АFFF 6% f-15” – 6%, вода – решта	107±8	358±47
Піноутворювач “ППЛВ-(Універсал)” марки 106 – 3%, піноутворювач “АFFF-106” – 3%, вода – решта	147±10	305±38
Піноутворювач “ППЛВ-(Універсал)” марки 106 – 3%, піноутворювач “Sthamex-АFFF 6% f-15” – 3%, вода – решта	125±12	316±51
Піноутворювач “АFFF-106” – 3%, піноутворювач “Sthamex-АFFF 6% f-15” – 3%, вода – решта	119±7	323±55

Проведені дослідження дають підстави зробити такі висновки:

1. Підтверджено, що регенерацію робочих розчинів біологічно “м'яких” піноутворювачів загального призначення необхідно проводити шляхом додавання свіжих порцій біологічно “м'яких” піноутворювачів та (або) добавок хімічних речовин, які підвищують вогнегасну ефективність піни. Доцільність застосування тієї чи іншої добавки та

її кількість слід визначати у кожному конкретному випадку на підставі результатів досліджень з визначення показників якості вихідного водного розчину, до якого вводять добавки.

2. Регенерацію робочих розчинів біологічно “жорстких” піноутворювачів загального призначення “ПО-1”, “ПО-1Д” та “ПО-6К” можна проводити як шляхом додавання свіжих порцій цих піноутворювачів (за умови збереження піноутворювальної здатності їх водних розчинів), так і шляхом додавання біологічно “м’яких” піноутворювачів загального призначення. З метою підвищення вогнегасної ефективності піни доцільно використовувати карбамід. Кількості піноутворювача та карбаміду, необхідні для відновлення нормованих показників якості, слід визначати у кожному конкретному випадку на підставі результатів експериментальних досліджень.

3. Відновлення показників якості робочих розчинів синтетичних плівкоутворювальних піноутворювачів можна проводити шляхом додавання свіжих порцій інших піноутворювачів того ж типу за умови, що у складі цих піноутворювачів є лише фторвмісні і відсутні вуглеводневі ПАР (такі речовини – алкіларілсульфонати натрію – наявні у рецептурах піноутворювачів “Форэтол”, “Универсальный”, “Пленкообразующий”, розроблених близько 20 років тому у колишньому СРСР [17]). Можливість регенерації піноутворювачів, які містять вуглеводневі та фторвмісні ПАР, шляхом додавання сучасних плівкоутворювальних піноутворювачів, які містять лише фторвмісні ПАР, має визначатися експериментально у кожному конкретному випадку.

4. Регенерацію змочувальних розчинів біологічно “м’яких” та біологічно “жорстких” піноутворювачів загального та спеціального призначення слід проводити шляхом додавання свіжих порцій піноутворювачів загального чи спеціального призначення. Кількість добавок необхідно визначати за результатами експериментальних досліджень.

Дослідження з визначення можливості регенерації водних розчинів протеїнових і фторпротеїнових піноутворювачів не проводили, беручи до уваги їх схильність до розшарування протягом короткого проміжку часу, а також здатність ПАР – продуктів гідролізу білкової сировини – до швидкого гідролізу і розкладання під дією мікроорганізмів.

Одержані результати використано під час розроблення нової редакції Інструкції про порядок застосування і випробування піноутворювачів для пожежогасіння. Вони також можуть бути використані у виробництві і перезаряджанні водних і водопінних вогнегасників.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Застосування карбаміду з метою підвищення вогнегасної ефективності піни / Кісіль Т.Є., Ковалишин В.В., Боровиков В.О., Антонов А.В. // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів: ЛПБ МНС України, 2003, №3. – С. 113-117.
2. Зниження корозійної активності робочих розчинів піноутворювачів / Кісіль Т.Є., Ковалишин В.В., Боровиков В.О., Антонов А.В. // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів: ЛПБ МНС України, 2004, №4. – С. 49-55.
3. Застосування карбаміду та гідрофосфату амонію з метою покращення показників якості зарядів повітряно-пінних вогнегасників і установок пінного пожежогасіння / Кісіль Т.Є., Боровиков В.О., Білошицький М.В. та ін. // Науковий вісник УкрНДІПБ: Науковий журнал. – К.: УкрНДІПБ МНС України, 2004, №1(9). – С. 79-90.
4. Вплив гідрофосфату амонію на якість зарядів до повітряно-пінних вогнегасників та установок пожежогасіння / Боровиков В.О., Ковалишин В.В., Антонов А.В., Козяр Н.М. // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів: ЛПБ МНС України, 2004, №5. – С. 146-156.
5. Обґрунтування перспективних напрямків розроблення зарядів до водяних і водопінних вогнегасників та установок пожежогасіння / Козяр Н.М., Ковалишин В.В., Боровиков В.О., Антонов А.В. // Науковий вісник УкрНДІПБ: Науковий журнал. – №2(14). – К.: УкрНДІПБ МНС України, 2006. – С. 59-65.