

УДК 614.8.084

*Р. А. Петухов, ад'юнкт (ORCID 0000-0002-0414-2546)**Д. Г. Трегубов, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0003-1821-822X)**К. В. Жернокльов, к.х.н., доцент, заст. нач. каф. (ORCID 0000-0003-1667-714X)**О. В. Савченко, к.т.н., с.н.с., заст. нач. каф. (ORCID 0000-0002-1305-7415)**Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПОВ'ЯЗАНИХ З РОЗЛИВОМ ЛЕТУЧИХ ТОКСИЧНИХ РІДИН ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПІН ІЗ ЗАДАНИМ ЧАСОМ ТВЕРДНЕННЯ

Представлені результати розробки методів локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з витоком летучих токсичних рідин, шляхом використання пін з часом тверднення, що можливо регулювати. Новий науковий результат полягає у використанні процесів гелеутворення, для отримання ізолюючого засобу з заданим часом твердіння. Встановлено, що найбільш ефективними засобами, які зменшують швидкість переходу токсичних рідин в газову фазу є такі, які забезпечують ізоляцію поверхні рідини. Запропоновано використовувати піни з часом тверднення, що можливо регулювати. Експериментально визначені часи гелеутворення для двох гелеутворюючих систем ($\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ і $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$). На основі отриманих даних обрані концентрації гелеутворювача та каталізатора гелеутворення з часами гелеутворення в інтервалі часу 30-60 с. Розроблені системи дозволяють досягнути тривалого процесу ізоляції при меншій питомій витраті компонентів. Показано, що використання компонентів запропонованих в системах є екологічно безпечним процесом. Експериментально встановлений факт, що час гелеутворення для обраних систем близький до часу втрати текучості пін, що вказує на те, що додавання піноутворювача мало впливає на процес гелеутворення. Шляхом використання обраних систем були одержані тверді піни та визначений їх час існування. Експериментально встановлено, що час існування таких пін можна змінювати від декількох годин до декількох діб змінюючи товщини шару. Встановлена залежність часу існування піни від товщини її шару. Зроблено висновки про доцільність подальшого вивчення пін, що твердіють, так як вони за кількома характеристиками переважають над повітряно-механічними пінами.

Ключові слова: піна швидкого тверднення, токсична рідина, гелеутворення, абсорбуюча речовина, каталізатор, піноутворювач

1. Вступ

Україна є країною з розвинутою хімічною промисловістю. Більшість підприємств хімічної, целюлозно-паперової, нафтохімічної, оборонної промисловості є хімічно небезпечними об'єктами (ХНО). Великі обсяги небезпечних хімічних речовин (НХР) знаходяться на підприємствах чорної і кольорової металургії на об'єктах харчової, м'ясомолочної промисловості, холодильниках продовольчих баз, житлово-комунальному господарстві. При аваріях на таких об'єктах велика кількість токсичних речовин може потрапити в навколишнє середовище і створити зону ураження. Виробництво, транспортування й зберігання НХР суворо регламентоване спеціальними правилами техніки безпеки й контролю. Незважаючи на це при значних промислових аваріях, катастрофах, пожежах і стихійних лихах можуть виникати руйнування виробничих будинків, складів, ємностей, технологічних ліній, трубопроводів та ін. Внаслідок цього значні кількості НХР можуть попадати в навколишнє середовище: на поверхню ґрунту, різні об'єкти, в атмосферу й поширюватися по території населених пунктів, що може бути причиною масових отруєнь працівників виробництв і населення.

Основним вражаючим чинником при надзвичайних ситуаціях з попаданням небезпечних хімічних речовин в навколишнє середовище є інгаляційний вплив на людей і тварин високих концентрацій парів таких речовин. За невеликою кількістю виключень небезпечні концентрації парів хімічно небезпечних речовин можуть створювати рідкі речовини. У випадку з виливом НХР у рідкому агрегатному стані першочерговим завданням є запобігання поширенню небезпечної хімічної речовини у просторі. Аварійно-рятувальні підрозділи України та світу неодноразово успішно ліквідували надзвичайні ситуації подібного характеру. При цьому важливою та актуальною проблемою є підвищення ефективності локалізації НС з розливом токсичних рідин.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

При локалізації джерела зараження, основним завданням є запобігання формуванню хмари зараженого повітря і недопущення його поширення в атмосфері. Цього можна досягнути шляхом зменшення швидкості її випаровування або поглинання парів різними абсорбентами [1]. У більшості випадків в якості абсорбентів парів рідини використовують воду. Цей метод реалізується постановкою водяних завіс. При відсутності ефективних абсорбентів можна використовувати метод розсіювання парової хмари за допомогою теплових потоків або димососів [2]. В останньому випадку загальна кількість парів токсичної рідини не зменшується, а вони лише розбавляються повітрям.

Зменшити швидкість випаровування рідини можна рядом способів. Можна зменшити площу випаровування токсичної рідини шляхом обвалування протоки, збору рідкої фази в прямики-пастки, засипки протоки сипучими сорбентами [3]. Також використовуються методи покриття дзеркала протоки полімерною плівкою, розведення протоки водою або нейтралізуючим розчином, а також введенням в рідку фазу загусників [4].

Найбільш широке поширення отримав метод ізоляції поверхні пролітої токсичної рідини повітряно-механічною піною [5]. Головними проблемами, з якими доводиться стикатися оперативно-рятувальними підрозділами при локалізації проток токсичних рідин є малий час дії ізолюючих засобів (пін) і великі витрати абсорбуючих речовин, а також відносно швидке руйнування піни внаслідок дії на неї різноманітних чинників [6].

Для усунення перерахованих недоліків повітряно-механічних пін було запропоновано використовувати гелеутворюючі склади (ГУС) [7]. Гелеподібний шар може виконувати не тільки вогнегасну функцію, а й забезпечувати ізоляцію поверхні токсичних рідин [8]. Цю здатність гелеподібних шарів було запропоновано використовувати для гасіння горючих рідин [9]. При цьому для забезпечення плавучості шару гелю в рідинах було запропоновано використовувати легкий негорючий носій – гранульоване піноскло. Попередні дослідження показали, що бінарний шар піноскло-гель залишається стабільним на поверхні бензину протягом декількох діб.

Цей спосіб зниження випарування має свої недоліки. По-перше для утворення бінарного шару потрібно три окремі системи подачі для гранульованого піноскла, гелеутворювача і каталізатора гелеутворення. Другим недоліком такої системи є необхідність нанесення суцільного шару гелю на гранули піноскла, що плавають. А суцільний шар утворюється при товщині не менше 6 мм, що відповідає питомій

витраті компонентів ГУС $\sim 0,6$ г/см². Така питома поверхнева витрата набагато більше ніж при використанні повітряно-механічних пін.

Ще одним зі способів рішення проблеми ізоляції поверхні рідини запропоновані в роботі [10]. Ця робота є новітньою розробкою вчених та ООО «НПО» «СОПОТ». Засіб уявляє собою водонаповнену композицію, на основі якої з рідкого компонента А в результаті змішування з компонентом Б та повітрям утворюється гелеподібна спінена субстанція (піна що твердне), яка має підвищену вогнестійкість. Але так як дана розробка орієнтована на пожежогасіння, питання ізоляції від випаровування залишається відкритим. Іншим недоліком такого засобу ізоляції є використання токсичних та агресивних хімічних речовин (оцтова і хлороводневі кислоти). Ще одним із запропонованих компонентів, який в разі його використання призведе до виділення газоподібного аміаку є амонію хлорид. Під час змішування компонентів системи за даними авторів утворюється композиція, водневий показник (рН) якої 10,9–11,5. За таких значень рН розчини солей амонію виділяють токсичний газ – аміак. Ще одним з недоліків такої розробки є відсутність оптимізації складу піноутворюючої системи.

Аналіз літератури дозволяє констатувати, що найбільш раціонально в якості ізолюючої системи обрати піни з часом твердіння що можливо регулювати. Для цього пропонується поєднати процеси гелеутворення (втрати текучості) і піноутворення. Попередні спроби провести ці процеси одночасно не дали позитивних результатів [11]. Всі раніше обрані ГУС втрачали текучість в дуже короткий час, а виділення газу в результаті газоутворюючої реакції руйнувало гель. В попередніх дослідах встановлено, що в разі якщо гелеутворення закінчується після утворення піни, рідка піна поступово втрачає текучість [12]. Але такий шлях потребує встановлення складу ГУС з таким часом гелеутворення, який забезпечує проведення процесів змішування компонентів, спінування рідини і подачу піни до початку втрати композицією текучості. За такий час було прийнято 30 с. Верхньою межею часу гелеутворення обрано 1 хвилину. За цей час піна не встигає суттєво зруйнуватися.

Таким чином невирішеною частиною проблеми є розробка ізолюючого засобу, який забезпечив би тривалий процес ізоляції поверхні токсичної рідини.

3. Мета та завдання дослідження

Метою роботи є вдосконалення існуючих методів локалізації НС, пов'язаних з розливом летючих токсичних рідин шляхом розробки ізолюючого засобу з великим часом існування. Для цього запропоновано використовувати піни швидкого тверднення, втрата текучості яких досягається за рахунок процесу гелеутворення.

Для досягнення поставленої мети потребують вирішення наступні завдання:

1. Розробити гелеутворюючі системи із заданим часом втрати текучості (часом твердіння).
2. Експериментально дослідити час існування пін швидкого тверднення.

4. Матеріали та методи дослідження втрати текучості гелеутворюючими системами і пінами на їх основі

Для утворення твердої піни з рідких компонентів можна використовувати два підходи. У першому використовують один розчин, який твердне з часом. Цей метод можна реалізувати за допомогою тиксотропних систем [13].

Для цього готують тиксотропну композицію з додаванням піноутворювача. Переводять її в текучий стан шляхом інтенсивного перемішування і далі спінюють. Через деякий час композиція втрачає текучість і утворюється тверда піна. Але такі тверді піни мають велику густину, а тиксотропна композиція в текучому стані має високу в'язкість. Ці два фактори роблять такий підхід неприйнятним для цілей одержання ізолюючих покриттів [14].

Другий підхід полягає в змішуванні декількох речовин з отриманням самотвердіючої суміші, яку до досягнення стадії затвердіння спінюють. У літературі відома велика кількість досліджень отримання низько кратних пін, що швидко твердіють на основі рідкого скла і цементу [15]. Однак ці системи були запропоновані для отримання пінобетонів, газобетонів і ливарних форм. Але густина таких систем не забезпечує їм плавучість в більшості рідин. Тому їх неможливо використовувати для ізоляції токсичних рідин.

Але останній підхід можна реалізувати таким чином, щоб одержати тверду піну з низькою густиною і обрати вихідні розчини з невеликою в'язкістю. Практично це було реалізовано в роботі [10].

5. Результати розробки гелеутворюючих систем із заданим часом втрати текучості

З міркувань, що гелеутворення з часом втрати текучості, що регулюється забезпечують кислотні компоненти, було обрано на відміну від системи запропонованої в роботі [10] кислі солі. В якості одного з каталізаторів гелеутворення було обрано широко розповсюджену речовину, яка використовується в якості калійно-фосфорного добрива – дигідрофосфат калію (KH_2PO_4). Водний розчин цієї солі має $\text{pH} = 4,4\text{--}4,7$, що робить її малоагресивною. Іншим каталізатором гелеутворення обрано також широко розповсюджену речовину – гідрокарбонат натрію (NaHCO_3 – харчова сода). Ця речовина нетоксична та широкодоступна. В якості гелеутворювача обрано рідке скло, яке представляє собою полісилікат натрію з силікатним модулем 2,5 ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$). Остання речовина відноситься до III класу небезпеки.

У всіх випадках були використані речовини які придбані в торговій мережі і відповідають класифікації за чистотою «Чистий», крім рідкого скла, яке відповідає класифікації «Технічний». В зв'язку з тим, що втрата текучості системою відбувається завдяки гелеутворенню, в якості кількісної характеристики часу втрати текучості системою прийmemo час гелеутворення. Для визначення часу гелеутворення проведемо експеримент по визначенню часу гелеутворення при змішування компонентів ГУС. На час гелеутворення впливає температура яка у всіх дослідах становила $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

В попередніх дослідах було встановлено, що для обох системи ($\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ і $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$) гелеутворення не відбувається при концентраціях каталізатора гелеутворення і гелеутворювача менше ніж 5% і 6% відповідно. В якості найбільших концентрацій каталізаторів гелеутворення були обрані концентрації близькі до максимально можливих (насичені розчини). Для гелеутворювача за максимальну концентрацію було обрано 23 %. Розчини з більшою концентрацією мали надмірно високі в'язкості.

Вихідні розчини каталізаторів гелеутворення готувались ваговим методом, шляхом розчинення сухих твердих речовин у воді. Крім того концентрації їх

контролювалися по густині розчинів, яку визначали за допомогою ареометра. Розчини рідкого скла готувались розведенням водою вихідного концентрату з концентрацією 35 %. Масовий вміст $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,5\text{SiO}_2$ (ω_i) в системі після змішування розраховувалося за формулою

$$\omega_1 = \frac{V_1 \cdot \rho_1 \cdot \omega_1^0}{V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2}, \quad (1)$$

де ω_1 – масове вміст $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,5\text{SiO}_2$ у концентраті; V_1, V_2 – об'єм концентрату і води; ρ_1, ρ_2 – густина концентрату і води.

Концентрації $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,5\text{SiO}_2$ також контролювалися по густині розчинів. Для визначення часу гелеутворення зливалися по 5 мл розчинів гелеутворювача і каталізатора гелеутворення в пластмасовому стаканчику. Після цього проводилося перемішування розчинів і візуальне спостереження за втратою текучості шляхом нахилу стаканчиків. Кожен експеримент проводився 3 рази, після чого розраховувалися середні значення, які наведені в таблицях 1 і 2.

Табл. 1. Часи гелеутворення (в секундах) в системі $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O}\cdot 2,5\text{SiO}_2$

Мас% KH_2PO_4	Мас % $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,5\text{SiO}_2$.					
	23	18	14	12	10	9
18	+	+	47*	44*	152	120
12	49*	21	35*	22	70	69
9	-	48*	24	27	88	44*
6	-	-	-	-	96	123

+ швидке утворення гелю,

- час гелеутворення більше 5 хвилин.

* – обрані для подальшого дослідження системи.

Табл. 2. Часи гелеутворення (в секундах) в системі $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{O}\cdot 2,5\text{SiO}_2$.

Мас% NaHCO_3	Мас.% $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,5\text{SiO}_2$.					
	23	18	14	12	10	9
8	29	39*	55*	56*	81	71
6	-	-	-	-	300	360

– час гелеутворення більше 10 хвилин

* – обрані для подальшого дослідження системи

Для подальшого дослідження втрати текучості пінами, що твердіють було відібрано системи для яких час гелеутворення знаходився в інтервалі (30–60) с.

Для визначення часу втрати текучості пінами зливалися по 50 мл розчинів гелеутворювача і каталізатора гелеутворення. В кожен розчин було додано концентрат піноутворювача «Морський» в такій кількості щоб його масовий вміст в системі складав 6 %. Зливання відбувалось в пластиковій ємності об'ємом 1 л з широкою горловиною. Далі розчини перемішували протягом 5 с, після чого спінювались шляхом інтенсивного струшування протягом 10 с. Піна, що утворилась, виливалась на рівну пластмасову пластину яка знаходиться в горизонтальному положенні. Після цього проводилося візуальне спостереження за втратою текучості піни шляхом нахилу пластикової пластини на кут $\sim 45^\circ$ (рис. 1).



Рис. 1. Фіксація втрати текучості піною

В разі втрати текучості не спостерігалось деформування піни. Час втрати текучості фіксувався від моменту зливання компонентів ГУС. Відповідні результати наведено в табл. 3.

Табл. 3. Часи твердіння пін (в секундах) для гелеутворюючих систем $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5 \text{SiO}_2$ і $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$

Мас% KH_2PO_4	Мас % $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$.				
	23	18	14	12	9
18	-	-	51	42	-
12	45	-	35	-	-
9	-	43	-	-	35
Мас% NaHCO_3 8	-	34	54	60	-

6. Результати експериментального дослідження часу існування пін швидкого тверднення

Важливою для практики характеристикою твердих пін є час її існування. Процес локалізації надзвичайних ситуацій пов'язаних з розливом токсичних летучих речовин може складати години, а в деяких випадках і декілька діб. Для встановлення часу існування пін було досліджено поведінку твердих пін в часі. Для цього піни, що було одержано в результаті дослідів з визначення часу втрати текучості залишалися на 5 діб в приміщенні лабораторії. Також було додатково проведено досліді з нанесенням таких пін з товщиною 2, 5 та 10 см на горизонтальні пластикові поверхні.

Візуальні спостереження проводились через 2, 4 і 6 годин, а далі через 1, 2, 3, 4 і 5 діб. Було встановлено, що піни поступово руйнуються. Швидкість руйнування для пін отриманих за допомогою різних ГУС мало відрізняються. Перші ознаки руйнування пін спостерігаються для пін з товщиною шару 2 см через 6 годин. Такі шари піни руйнуються на глибину 1 см через 1 добу. Через 2 доби такий шар піни повністю розсипається на дрібні частинки, за рахунок висихання.

Перші ознаки руйнування шарів твердих пін завтовшки 5 см спостерігаються через одну добу. Через 2 доби такі шари піни руйнуються на глибину (2-3) см. Через 3 доби спостерігається розтріскування і втрата суцільності шару піни. Через

6 діб спостерігається майже повне розсіпання шару піни, в нижній частині шару залишаються невеликі фрагменти структури пінного шару.

Для шарів піни завтовшки 10 см через 2 доби спостерігається часткове розсіпання верхнього шару піни на глибину ~1 см. Поступове висихання гелю з якого складені стінки пінних комірок призведе до поступового руйнування верхнього шару твердої піни, яке через 6 діб досягає глибини 6-7 см. При цьому нижній шар піни залишається суцільним. Результати спостережень наведені в табл. 4.

Табл. 4. Час існування пін (в годинах) з шаром товщиною 2, 5 та 10 см.

Товщина шару піни, (см)	Час існування піни, (год)								
	2	4	6	12	24	48	72	96	120
2	+	+	+-	+-	+-	-	-	-	-
5	+	+	+	+	+-	+-	-	-	-
10	+	+	+	+	+	+-	+-	+-	-

+ суцільний шар піни;

+- початкові ознаки руйнування піни та руйнування верхнього її шару; повне руйнування піни.

7. Обговорення результатів дослідження одержання пін з часом твердіння що можливо регулювати

Аналіз результатів по встановленню часу гелеутворення для ГУС $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5 \text{SiO}_2$ і $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ і втрати текучості пін, які одержані за допомогою них (Табл.1, 2 і 3) дозволяє зробити висновок, що використання обраних систем призводить до отримання твердих пін із заданим часом твердіння. Це вказує на можливість використання таких пін для цілей локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розливом летючих токсичних рідин, в якості ізолюючого засобу. Експериментально встановлений факт, що час гелеутворення для обраних систем близький до часу втрати текучості пін вказує на те, що додавання піноутворювача мало впливає на процес гелеутворення. Залежність часу гелеутворення від концентрацій компонентів ГУС має складний характер. Це підтверджує складний механізм процесу гелеутворення [19]. Цей процес складається з двох основних стадій. Перша стадія це утворення золю кремнієвої кислоти. Друга стадія – з'єднання міцел золю до великих агрегатів. На кожному етапі по різному впливають концентрація компонентів розчину і водневий показник (рН) розчину. В той самий час рН розчину залежить в першу чергу не від концентрацій компонентів ГУС, а від співвідношення кількості лужного компонента ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5 \text{SiO}_2$) і кислотного компонента (KH_2PO_4 або NaHCO_3). Це призведе до того, що теоретично складно обрати концентрації компонентів ГУС, які забезпечать потрібний час гелеутворення. А це викликає потребу в експериментальному підборі цих концентрацій.

Той факт, що час існування твердих пін майже не залежить від складу ГУС можна пояснити тим, що руйнування пін відбувається за рахунок їх висихання. Для досліджених систем твердий каркас гелю складається з однієї речовини – кремнегеля, а більшу частину дисперсійного середовища складає вода. Наявність в дисперсійному середовищі інших іонів в невеликій концентрації слабо впливає на випаровування води з такої системи.

Дослідження часу існування твердих пін вказує на те, що його можна регулювати від декількох годин до декількох діб змінюючи товщини шару. Такий часовий інтервал задовольняє вимоги для процесу локалізації надзвичайних ситуацій пов'язаних з розливом летючих токсичних рідин.

8. Висновки

1. Розроблено гелеутворюючі системи із заданим часом втрати текучості. Встановлено, що найбільш ефективними засобами, які зменшують швидкість переходу токсичних рідин в газову фазу є такі, які забезпечують ізоляцію поверхні рідини. З метою ізоляції поверхні токсичних рідин від випаровування запропоновано використовувати піни швидкого тверднення. Для забезпечення процесу твердіння запропоновано використовувати процес гелеутворення. На основі дослідження процесу утворення та твердіння пін підібрано дві системи $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5 \text{SiO}_2$ і $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$, які забезпечують час твердіння пін від 30 с до 60 с. Встановлено, що для отримання процесу твердіння піни необхідно використовувати речовини в масових відсотках, що вказані в таблицях 1 та 2. Експериментально встановлений факт, що час гелеутворення для обраних систем близький до часу втрати текучості пін. Це вказує на те, що додавання піноутворювача мало впливає на процес гелеутворення.

2. Експериментально досліджено час існування пін швидкого тверднення. Досліджена поведінка піни швидкого тверднення в часі. Визначені конкретні часові показники існування піни для різної товщини шару. Встановлено, що час існування таких пін можна змінювати від декількох годин до декількох діб змінюючи товщини шару. А отже встановлено залежність між товщиною шару піни та часом її існування. Показано, що піни швидкого тверднення за кількома характеристиками переважають над повітряно-механічними пінами, на що вказують дані отримані під час експерименту. Таким чином піни з часом твердіння, що регулюється за часом втрати текучості і часом існування відповідають вимогам для процесу локалізації надзвичайних ситуацій пов'язаних з розливом летучих токсичних рідин.

Література

1. Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи. Довідник / За загальною редакцією Назарова О. О., Кулешова М. М. Харків: АЦЗУ, 2006. 376 с.
2. Аварії на радіаційно, хімічно та біологічно небезпечних об'єктах. Довідник / Грек А. М., Сакун О. В., Григорєв О. М. та ін. Харків: ФВП НТУ «ХП», 2012. 172 с.
3. Довідник рятувальника / За загальною редакцією В. І. Балого. Львів: СПОЛОМ, 2012. 712 с.
4. Бариев Э. Р. Чрезвычайные ситуации с химически опасными веществами / ИВЦ Минфина. Минск, 2008. 256 с.
5. Struggle with biohazardous material. URL: https://tools.niehs.nih.gov/wetp/public/Course_download2.cfm?tranid=6012 (дата звернення: 16.10.2018).
6. Zasady organizacji dekontaminacji w warunkach szaczenia srodkami CBRN w przypadku zdarzen masowych podczas Swiatowych Dni Mlodziezy / PSPRP Polska. Warszawa, 2016. 20 s.
7. Киреев А. А. Экспериментальное исследование влияния характеристик гелеобразного слоя на его изолирующие свойства по отношению к парам органических жидкостей // Проблемы надзвичайних ситуацій. 2017. № 26. С.43–48.
8. Абрамов Ю. А., Киреев А. А. Гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные средства повышенной эффективности применительно к пожарам класса А. Харьков: НУГЗУ, 2015. 254 с.

9. Дадашов И. Ф., Киреев А. А. Повышение эффективности тушения горючих жидкостей в резервуарах путем использования гелеобразующих средств// Proceedings of Azerbaijan statemarine academy. 2016. № 2. С. 72–76.

10. Вспененный гель кремнезема, применение вспененного геля кремнезема в качестве огнетушащего средства и золь-гель способ его получения: пат. 2590379 Российская Федерация. №2015110625/05; заявл. 26.03.2015; опубл. 10.07.2016, Бюл. № 19.

11. Киреев А. А., Коленов А. Н. Пути повышения эффективности пенного пожаротушения // Проблемы пожарной безопасности. 2008. № 24. С. 50–53.

12. Киреев А. А., Коленов А. Н. Исследование пенообразования в пенообразующих системах// Проблемы пожарной безопасности. 2009. № 25. С. 59–64.

13. Mewis J. Thixotropy. Advances in Colloid and Interface Science. 2009. P. 214–227.

14. Galla S., Stefanicky B., Majlingova A. Experimental comparison of the fire extinguishing properties of the firesorb gel and water. Conference Proceedings of 17th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference. 2017. P. 439–446.

15. Жидкая самотвердеющая смесь: пат.837551 СССР. №837551; заявл. 12.04.1979; опубл. 15.06.1981, Бюл. № 22.

R. Pietukhov, Cadet

D. Tregubov, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

K. Zhernoklyov, PhD, Associate Professor, Deputy Head of Department

A. Savchenko, PhD, Senior Researcher, Deputy Head of Department

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

INCREASING THE EFFECTIVENESS OF LOCALIZATION OF EMERGENCY SITUATIONS ASSOCIATED WITH THE SPILL OF VOLATILE TOXIC FLUIDS BY USING FOAMS WITH A SET HARDENING TIME

The results of the development of methods for the localization of emergencies associated with the leakage of volatile toxic liquids, using the fineness of time with cure that can be regulated are presented. The new scientific result consists in the use of gelation processes, to obtain an insulating agent with a given hardening time. It has been established that the most effective means that reduce the rate of transition of toxic liquids to the gas phase are those that ensure the liquid surface isolation. It is proposed to use foam with the time of cure that can be adjusted. Experimentally determined gel times for two gel forming systems ($\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2.5\text{SiO}_2$ and $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2.5\text{SiO}_2$). On the basis of the data obtained, the concentrations of the gel formulation and the gelation catalyst with the gel time were selected in the interval of 30–60 s. The developed systems allow to achieve a long process of isolation at a lower specific consumption of components. It is shown that the use of the components proposed in the systems is an environmentally safe process. It has been experimentally established that the gel time for the selected systems is close to the time of loss of foam, indicating that the addition of the foaming agent has little effect on the gelation process. By using selected systems, solid foams were obtained and their lifetime determined. It has been experimentally established that the time of existence of such foam can be changed from several hours to several days by changing the thickness of the layer. The dependence of the time of existence of the foam on the thickness of its layer is established. A conclusion is made on the expediency of further study of hardening foam, since they are over several characteristics dominated by air-mechanical foams.

Keywords: hardening foam, toxic liquid, gelation, absorbent, catalyst, foaming agent

References

1. Nazarov, O. O., Kuleshov, M. M. (2006). Pozhezhogasinnya ta avariynoroboty. Dovidnik. ATsZU, 376.

2. Grek, A. M., Sakun, O. V., Grygoryev, O. M. (2012). Avaryy na radiaciyno,
civil security

himichno ta biologichno nebezpechnykh obyektah. Dovidnik. FVPNTU «KhPI», 172.

3. Dovidnik ryatuvalnika. Za zagalnoyu redaktsiyu V. I. Balogy. (2012) Lviv: SPOLOM, 712.

4. Bariev, E. R. (2008). Chrezvyichaynyie situatsii s himicheskimi opasnyimi veschestvami. Minsk: IVC Minfina, 256.

5. Struggle with biohazardous material URL: https://tools.niehs.nih.gov/wetp/public/Course_download2.cfm?tranid=6012 (data zvernennya: 16.10.2018)

6. Zasady organizatsji dekontaminatsji w warunkach szazenia srodkami CBRN w przypadku zdarzen masowych podczas Swiatowych Dni Mlodziezy (2016). PSPRP Polska. Warszawa. 20.

7. Kireev, A. A. (2017). Eksperimentalnoe issledovanie vliyaniya harakteristik geleobraznogo sloya na ego izoliruyuschie svoystva po otnosheniyu k param organicheskikh zhidkostey. Problemi nadzvichaynih situatsiy, 26, 43–48.

8. Abramov, U. A., Kireev, A. A. (2015). Geleobrazuyuschie ognetushaschie I ognezaschitnyie sredstva povyishennoy effektivnosti primenitelno k pozharam klassa A. Kharkov.: NUGZU, 254.

9. Dadashov, I. F., Kireev, A. A. (2015). Povyishenie effektivnosti tusheniya goryuchih zhidkostey v rezervuarah putem ispolzovaniya geleobrazuyuschih sredstv. Proceedings of Azerbaijan state marin eacademy, 2, 72–76.

10. Vspenennyiy gel kremnezema, primenenie vspenogo gelya kremnezema v kachestve ognetushaschego sredstva I zol-gel sposob ego polucheniya: pat. 2590379 Rossiyskaya Federatsiya. №2015110625/05; zayavl. 26.03.2015; opubl. 10.07.2016, Byul. 19.

11. Kireev, A. A., Kolenov, A. N. (2008). Puti povyisheniya effektivnosti pennogo pozharotusheniya. Problemyi pozharnoy bezopasnosti, 24, 50–53.

12. Kireev, A. A., Kolrnov, A. N. (2009). Issledovanie penoobrazovaniya v penoobrazuyuschih sistemah. Problemy I pozharnoy bezopasnosti, 25, 59–64.

13. Mewis, J. (2009). Thixotropy. Advances in Colloid and Interface Science, 147–148, March–June, 214–227.

14. Galla, S., Stefanicky, B., Majlingova, A. (2017). Experimental comparison of the fire extinguishing properties of the firesorb gel and water. Conference Proceedings of 17th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference, 439–446.

15. Molochkina, D. I. Zhidkaya samotverdeyuschaya smes. Pat.837551 SSSR – №837551; zayavl. 12.04.1979; opubl. 15.06.1981, Byul. 22.

Надійшла до редколегії: 16.01.2019

Прийнята до друку: 08.02.2019