

УДК 614.8

А. Г. Алексєєв, канд. хім. наук, доцент, Г. І. Єлагін, канд. хім. наук, с. н. с.,
В. В. Наконечний, канд. техн. наук, доцент, О. М. Нуянзін, канд. техн. наук,
М. А. Куценко, канд. економ. наук., доцент,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ПОЖЕЖ НА ПОВЕРХНІ ВОДОЙМ ТА СПОСОБИ ЗНИЖЕННЯ ЇХ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ

Вилив нафти та нафтопродуктів на поверхню водойми призводить до екологічних катастроф, та додаткової шкоди навколишньому середовищу завдає її горіння. Для збирання цих рідин, розлитих на поверхні водойми створено декілька засобів. Але їх не можливо використовувати під час пожеж, а залишок від горіння нафти плаває в товщі води та робить неефективними засоби збирання розливої нафти. В статті розглянуті чотири типи відомих на сьогоднішній день засобів гасіння пожеж з розливою на поверхні моря нафтою. Показані їх недоліки в цих умовах. Головний недолік охолоджувальних засобів - це неможливість використання води для гасіння пожеж рідин, які мають питому густину, меншу, ніж вода. Вода занурюється під поверхню рідини і зона горіння залишається без засобу припинення горіння. Гасіння газоподібними засобами придатне лише в замкнених об'ємах. На відкритих просторах створити необхідну концентрацію інертного газу неможливо. Той самий недолік відноситься до припинення горіння газоподібними галогенозаміщеними вуглеводнями. Піни як ізолюючі вогнегасні засоби, хоча й використовуються для гасіння горючих рідин, теж мають наступні недоліки: їх неможливо подати на значну відстань, поверхнево-активні речовини піноутворювача небезпечні для навколишнього природного середовища та утворюють емульсію нафти у морській воді, що в подальшому суттєво зменшує ефективність сепарації.

В дослідженні вирішено завдання гасіння пожеж рідин на поверхні води розробкою засобу на основі вогнегасячої солі, іммобілізованої тонким шаром на внутрішній поверхні пористого носія. В якості носія використовуються спучений вермікуліт, або тирса деревини. В якості вогнегасячої компоненти – амоній та діамоній фосфат. Такі засоби можуть досить довго знаходитись на поверхні водойми, тобто у зоні горіння, є відносно недорогими і абсолютно нешкідливими.

Ключові слова: екологічна безпека, пожежа, нафта та нафтопродукти, вогнегасячі засоби, морські перевезення.

Постановка проблеми. В сучасному світі все більше горючих рідин, особливо нафти та продуктів її переробки перевозяться великими танкерами по поверхні морів та океанів. На жаль, танкери досить часто зазнають аварій з виливом горючих вуглеводнів на поверхню водойми. І в більшості випадків, особливо під час терористичних актів, такий вилив супроводжується займанням горючих рідин, горіння яких проходить на поверхні водойми.

Вилив нафти та нафтопродуктів на поверхню водойми занадто шкідливий сам по собі, оскільки згубно діє на флору і фауну, водойми і птахів, що харчуються біля водойми, рибний промисел та

узбережжя. Але додаткової шкоди навколишньому середовищу ще завдає горіння розлитих на поверхні моря вуглеводнів. Між тим, пожежі в таких ситуаціях виникають досить часто. Приклади деяких з них можна знайти в тому числі у повідомленнях останніх років [1-3]. В даній статті проаналізовано негативні наслідки таких пожеж і можливі способи їх зменшення, тобто способи гасіння таких пожеж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш гучною справою в пожежах на воді стали вибух та пожежа на нафтовій платформі Deepwater Horizon в Мексиканській затоці, які сталися в 2010 році

[4-7]. Наслідки втрат для навколишнього природного середовища для транснаціональної нафтогазової компанії British Petroleum було оцінено в 20,8 млрд. доларів. Слід зауважити, що, на відміну від Українського законодавства, де штрафні санкції нараховуються не за збитками, а переважно за кількістю мінімальних неоподаткованих мінімумів доходів громадян, законодавство західних розвинених країн передбачає за порушення екологічної безпеки штрафні санкції власнику компанії, що спричинила аварію, в розмірі, який необхідний для повернення навколишнього середовища в той стан, який був до аварії. Оцінку наслідків аварії затверджують судові органи, тому її розробляє цілий ряд експертів. Однак, і в цьому випадку неможливо врахувати та повністю повернути попередній стан навколишнього середовища, завжди залишаються наслідки, які неможливо усунути.

Слід зауважити, що в основних принципах національної екологічної безпеки, сформульованих в Законі України «Про основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року» посилена невідворотність відповідальності за порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища, а як пріоритетну вимогу вказано, що "забруднювач навколишнього природного середовища платить повну ціну". Це буде вимагати проведення детальної оцінки екологічних наслідків і в нашій країні. Але цей механізм ще тільки треба формувати в Україні.

Мета дослідження – аналіз причин суттєвого зростання екологічних втрат внаслідок горіння нафти, вилитої на водну поверхню та пошук найбільш перспективних вогнегасних засобів для пожеж такого типу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нафта та більшість нафтопродуктів легші за воду, особливо морську, тому вони при виливі плавають на поверхні водойм. В такому стані вони швидко поширюються від джерела витoku в усі сторони аж до узбережжя, перетворюючи акваторію моря, затоки, океану на зону екологічного лиха. Для збирання розлитих на поверхні водойми

вуглеводнів на теперішній час розроблено та створено декілька способів та засобів, що базуються або на зборі верхніх шарів води з наступною сепарацією, або на застосуванні різного роду сорбентів.

Пожежі ж на водній поверхні призводять до додатних екологічних наслідків. По-перше, це утворення продуктів повного та неповного згорання нафти, а саме: вуглекислого газу, який сприяє глобальному потеплінню, отруйного для людей та тварин чадного газу; диму, що має канцерогенні властивості та знижує прозорість атмосфери; та інших продуктів неповного згорання. Врахувати ці екологічні наслідки в грошовому еквіваленті надто важко в зв'язку з тим, що вони проявляються не миттєво, а через певний, іноді значний, період часу. Крім того, при пожежах нафти в першу чергу відбувається вигорання легких вуглеводнів та утворення залишку у вигляді важкогорючої суміші мазуту з бітумом, з густиною, близькою до густини морської води. Така суміш опускається та плаває в товщі води. Використати для її ліквідації способи збирання, розроблені для розливої нафти, не є можливим. Ці залишки можуть переміщуватися на великі відстані та тривалий час створювати екологічну небезпеку для морських тварин та планктону [8-9].

Слід зауважити, що використання створених різними країнами, фірмами та окремими винахідниками засобів боротьби з розливами нафти можливе лише за вільного доступу до нафтової плями. Такого доступу немає доки триває пожежа. Її потрібно терміново загасити, щоб як найшвидше почати використовувати розроблені засоби боротьби з розливами нафти і таким чином зменшити її розповсюдження.

Розмір шкоди, викликаної пожежами як на нафтопереробних заводах, в резервуарах, так і при аварійних невеликих розливах горючих рідин на поверхню водойм, носить як правило локальний характер, в зв'язку з тим, що кількість згорілої нафти і нафтопродуктів обмежена. При горінні ж нафтових фонтанів згорають тисячі тон нафти на день. Прикладом такої ситуації можуть служити наслідки Іраксько-Кувейтської війни в 1991 р., коли за різними оцінками одночасно горіло до 749

свердловин [10]. Викиди продуктів горіння тоді викликали глобальні кліматичні зміни, кислотні опади, сприяли виникненню стихійних природних лих.

Можливі екологічні наслідки пожеж діляться на прямі – поразка біоценозів, псування водойм, забруднення атмосфери, та віддалені – підвищення захворюваності населення, знищення цінних рослинних і тваринних видів, зміна клімату. Зробити оцінку екологічних наслідків пожеж нафти на поверхні водойм в грошовому еквіваленті досить складна справа, що пов'язано з такими чинниками:

- різноманітність негативних наслідків, які треба враховувати;
- різноманітність об'єктів, що страждають від цього негативного впливу;
- невизначеність наслідків негативного впливу за часом.

Для вирішення цих питань оцінки необхідні знання цілої групи експертів. Між тим, оцінити екологічні наслідки пожеж на поверхні водойм можна за різницею наслідків, які трапилися за умов, що заходи з ліквідації розливу нафти почалися пізніше, ніж просте використання засобів збирання її з поверхні, тобто якщо пожежі розлитих нафтопродуктів не відбулося. Але до цього необхідно ще додати експертну оцінку втрат внаслідок забруднення атмосфери та водного середовища продуктами неповного згорання вуглеводнів та розповсюдження завислих у воді часток напівзгорілої нафти.

Для збирання розлитих на поверхні водойми вуглеводнів розроблено декілька методів, що базуються або на зборі верхніх шарів води з наступною сепарацією, або на застосуванні різного роду сорбентів.

Гасіння ж пожеж на поверхні водойми, особливо при великій площі розливу є дуже складним завданням.

Для гасіння пожеж рідин застосовують з різною ефективністю всі чотири типи відомих на сьогоднішній день засобів. Але більшість цих методів більш-менш ефективні при гасінні пожеж в приміщеннях або пожеж невеликих розмірів, наприклад при загорянні в резервуарах невеликого діаметру, коли засіб можна подати одночасно на всю поверхню. При великій площі пожежі, особливо на відкритих просторах, та ще й на поверхні

водойми (моря, океану), використання більшості з таких засобів стає проблематичним, а часто і просто неможливим.

В практиці гасіння пожеж найбільше застосування знаходять охолоджувальні засоби, в першу чергу, вода та вода з домішками, які призначені для покращення тих чи інших її властивостей. Але, при всіх перевагах, застосування води має і недоліки. Головний з них – неможливість використання води для гасіння пожеж рідин, які мають питому густину, меншу, ніж вода. Вода практично миттєво занурюється під поверхню такої рідини і зона горіння, яка знаходиться над поверхнею горючої рідини, залишається без засобу припинення горіння. Більше того, вода здатна розтікатися по поверхні і розносити рідину, що горить, по цій поверхні, збільшуючи таким чином площу пожежі.

Гасіння газоподібними засобами, які знижують концентрацію горючих парів у зоні горіння до значення, нижчого ніж нижня концентраційна межа поширення цього газу, і концентрацію повітря до значення, меншого ніж кисневий індекс горіння даної речовини, - придатне лише в замкнених об'ємах, тобто в приміщеннях. На відкритих просторах створити необхідну концентрацію інертного газу неможливо. Те саме відноситься до припинення горіння галогенозаміщеними вуглеводнями. Газоподібні з них на відкритих просторах відразу відносяться вітром і конвективними потоками, а рідкі – відносяться відразу після випаровування. До того ж, галогенозаміщені похідні вуглеводнів отруйні, на людей і тварин вони діють як печінкова отрута. Вологою ж повітря гідролізуються, виділяючи токсичні гідроген галогеніди і продукти їх подальшого перетворення. Нарешті, в останні роки хладони визнаються відповідальними за зниження кількості озону у верхніх шарах атмосфери і за утворення там «озонових дірок» [12,13]. Тому Монреальським протоколом представників більшості розвинених держав рекомендовано заборонити виробництво і застосування на нашій планеті будь-яких галогеновуглеводнів. Під цю заборону підпадають і комбіновані вогнегасні речовини, які використовують хладони, наприклад, порошки типу СИ, тобто силікагель, просочений хладонами, і ін. [14,15].

На практиці для гасіння пожеж горючих рідин здебільшого використовуються ізоляційні засоби гасіння, в першу чергу, повітряно-механічні піни. Піна, в залежності від стійкості, залишається на поверхні дільниці, на яку її подали, досить довгий час. За цей час нові порції піни можна подати на сусідні дільниці, і так поступово «відвойовувати» в пожежі дільницю за дільницею. Основних недоліків тут чотири. По-перше, піну, зважаючи на її легкість, неможливо подати насосами на більш-менш значну відстань. По-друге, обладнання для гасіння піною - досить складне, громіздке і дороге. По-третє, сама піна теж дорога, а витрачається вона при гасінні пожеж сотнями літрів. Нарешті, піна містить піноутворювачі, у більшості випадків – синтетичні. Ці речовини шкідливі і для персоналу, який з ними працює, і для оточуючого середовища. Крім того, вони утворюють емульсію нафти у морській воді, що в подальшому суттєво зменшує ефективність сепарації. Після гасіння піною пожеж горючих рідин, розлитих на поверхні водойми (моря, океану), до води потрапляють значні кількості піноутворювача, що змінює поверхневий натяг води і згубно діє на всі без винятку живі істоти.

Піна по суті є єдиним засобом, який в теперішній час застосовується для гасіння пожеж рідин, розлитих на великих площинах. Але, як вказано вище, піна завдає великої шкоди оточуючому середовищу. Набагато меншої шкоди могло б завдати гасіння таких пожеж порошковими засобами. Вогнегасні порошкові засоби складаються з солі, яка володіє вогнегасячими властивостями та добавок інших солей [15-17]. Ці засоби вважаються найбільш ефективними речовинами для гасіння пожеж класів А, Д та Е. Порівняно з водою, піною, інертними газами ефект досягається при значно менших концентраціях. При зберіганні ж і транспортуванні вони вимагають значно простішого обладнання і меншої турботи, ніж перелічені речовини і ніж хладони. Як і хладони, вони діють за механізмом інгібування процесу горіння, тобто реагують з активними частинками горіння і виводять їх з процесу. Активних частинок в зоні горіння утворюється небагато, але вони

надзвичайно активні, настільки, що можуть існувати не більше ніж 10^{-8} – 10^{-9} секунди, і далі обов'язково перетворюються в стабільні молекули, відриваючи частину іншої молекули і перетворюючи ту на знов-таки активну частинку. Використовуючи інгібітори, більшість з таких частинок можна перетворити на менш активні, що значно зменшить швидкість реакції горіння, аж до повного її припинення. Отже інгібітору, який повне за цими частинками, як і самих тих частинок, треба небагато, звичайно достатньо 2-3 % від зони горіння.

Головною компонентою вогнегасних композицій на основі вогнегасних порошків є солі металів, здебільшого натрій карбонати та натрій бікарбонати, калій фосфати, калій хлориди, квасці, силіцій оксид, амоній фосфат тощо. В країнах СНД найбільш поширеними є композиції на основі натрій бікарбонату та амоній фосфату.

Будь-яка сіль комплексом потрібних вогнегасних і експлуатаційних властивостей одночасно не володіє. Наприклад, броміди металів, амоній фосфат і деякі інші – добре гасять полум'я, але вони гігроскопічні і схильні злежуватися. Інші, такі як фториди металів, амоній сульфат і багато інших – не здатні ефективно гасити полум'я, але під час зберігання довгий час лишаються сипучими. Вогнегасна ж порошкова композиція повинна добре гасити полум'я, не змінювати своїх властивостей в процесі зберігання протягом декількох років і бути завжди готовою до негайного застосування. Тому вогнегасні порошкові суміші частіше за все містять не одну сіль, а більше. Порошкові засоби гасіння пожежі звичайно складаються з вогнегасної солі і солей-добавок, які підвищують гідрофобність суміші, збільшуючи її стійкість до злежування і комкування під час зберігання [15-17]. Усі ці солі (калію, натрію та амонію хлориди, фосфати і карбонати), в сільському господарстві застосовуються як мінеральні добрива. В результаті, на відміну від піни і хладонів, вогнегасні порошки практично не завдають шкоди оточуючому середовищу.

Недолік порошкових засобів гасіння – можливість після затухання повторного спалахування. Тому, там, де можливо, загасивши пожежу порошком, додатково

охладжують зону горіння водою або ізолюють її піною.

Ще одним недоліком цих вогнегасних речовин є складність визначення та отримання розмірів часточок порошкової речовини, які б оптимально поєднували в собі ефективність при гасінні пожежі і технологічність при виготовленні засобу. З одного боку, чим менші розміри мають ці часточки, тим більша їх сумарна поверхня і тим ефективніші вогнегасні властивості речовини. Але, з іншого боку, занадто дрібні часточки порошку виносяться із зони горіння конвекційними потоками продуктів згорання, і, таким чином, не забезпечують інгібування процесу горіння. Крім того, при виготовленні дуже дрібного порошку постають технологічні труднощі. Однією з основних операцій виготовлення є операція висушування, яка найчастіше проводиться у потоці гарячого повітря. І чим дрібніший порошок, тим важче його від цього повітря відділити: він здатен проскакувати і крізь тканинні фільтри і крізь циклони.

Проблема виникає і при застосуванні порошоків для гасіння пожеж горючих рідин, особливо при розливі їх на поверхні водоймищ. На відміну від піни, вогнегасний порошок здатен гасити полум'я лише при одночасній дії на всю площу пожежі, на весь об'єм зони горіння. Гасіння ж порошками пожеж рідин, що розлиті на великій площі, практично неможливе. При пожежах розлитих горючих рідин, в тому числі розлитих на поверхні водоймищ, зона горіння знаходиться безпосередньо над поверхнею рідини. Отже, щоб загасити таку пожежу, треба в ідеалі одночасно покрити усю поверхню вогнегасним засобом. Або вогнегасний засіб повинен діяти на окремій ділянці час, достатній, щоб ліквідувати полум'я на сусідніх ділянках, унеможливаючи повторне підпалювання. Саме це є проблемою при гасінні пожеж вогнегасними порошками. Будь-який вогнегасний порошок – це сіль. А сіль має питому густину, більшу за питому густину води і, тим паче, за питому густину вуглеводневих рідин. При розпилюванні порошку над поверхнею, що горить, дрібні фракції виносяться конвективними потоками і залишають зону горіння; а більш грубі,

«прорвавшись» крізь ці потоки, діють тільки перші частки секунди. Далі вони занурюються під поверхню, теж залишаючи зону, в якій пари горючої рідини перемішані з повітрям. Залишена без захисту суміш відразу підпалюється полум'ям від сусідніх ділянок пожежі. Для реалізації можливості застосування вогнегасного порошку при гасінні пожеж розлитих рідин треба забезпечити його присутність в зоні горіння (на поверхні рідини, що горить), не частки секунди, а значно довший час.

Відомий вогнегасний порошок для гасіння нафти та нафтопродуктів, який складається з пористого носія діаметром 10-50 мм, насипна маса якого менша за питому густину нафти та нафтопродуктів, обробленого сумішшю активного гасячого агенту, рідкого скла та інгібуючої добавки на товщину 1-5 мм [18]. Недоліком цього порошку є недостатня ефективність пожежогасіння, яка зумовлена тим, що для забезпечення низької злежуваності засобу при зберіганні застосовують спеціальні добавки до активного гасячого агенту, що зменшує кількість гасячого агенту на поверхні пористого носія. Крім того, порошок має обмежену кількість гасячого агенту за рахунок нанесення його товщиною 1-5 мм тільки на зовнішню поверхню пористого носія.

До деякої міри проблему покликани вирішувати генератори вогнегасячого аерозолу [19-21], які складаються з горючого полімерного зв'язуючого і розподіленого в його масі твердого окисника (калій перхлорат, селітра і т. ін.). Такий генератор закидають у зону горіння. При підвищенні температури починається реакція окислення полімеру до карбон діоксиду і води і, відповідно, відновлення окисника до вогнегасячих солей (калій карбонату, калій хлориду і ін.). В результаті досягається і інгібіруюча дія, за рахунок утворення безпосередньо в зоні горіння дуже дрібних частинок вогнегасячих солей, і дія флегматизуюча, за рахунок розведення і зменшення концентрації в зоні горіння горючих газів і повітря карбон діоксидом і парами води. Перешкодою широкому застосуванню таких генераторів є, по-перше, знов-таки можливість виносу порошку із зони горіння конвективними потоками, а, по-друге, достатньо висока температура, яка

розвивається при реакції окислення полімеру, 450-600⁰С. Дуже часто такий розпечений порошок, не встигнувши загасити полум'я в зоні горіння, ще й підпалює горючі матеріали, які знаходяться поблизу. Крім того, такі засоби використовуються у вигляді дисків значних розмірів, які діють достатньо довгий час, але захоплюють невелику площу. Локальні, невеликі пожежі вони гасять досить ефективно, але при гасінні великих площ практично непридатні.

В ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України протягом декількох років проводяться дослідження, спрямовані на створення інгібуючого засобу гасіння пожежі, який базувався б на нетоксичних речовинах, був технологічним у виготовленні і ефективним при використанні, у тому числі при використанні для гасіння пожеж розлитих горючих рідин [22-28]. Поставлене завдання вирішується розробкою засобу на основі вогнегасячої солі, іммобілізованої тонким шаром на внутрішній поверхні пористого носія. В якості носія використовуються спучений вермікуліт, або тирса деревини. В якості вогнегасячої компоненти - амоній- та діамонійфосфат (амоній гідроген фосфат, амоній фосфорнокислий двозаміщений).

Зовнішня поверхня носіїв у воді не розчиняється, тому вона позбавлена можливості притягувати вологу і злежуватися. Пористий носій з адсорбованою на внутрішній поверхні пор вогнегасячою сіллю має насипну масу, меншу густини води і, навіть, густини будь-якого нафтопродукту. Достатньо грубі розміри часток, до 5 мм і невелика насипна маса носія (біля 0,12 г/см³) дозволяють вирішити відразу декілька проблем. По-перше, при виготовленні носій просочується розчином вогнегасної солі і далі висушуються вже грубі частинки, які легко затримуються

звичайними тканинними фільтрами, що спрощує технологію виготовлення порошку. По-друге, достатньо великі розміри цих частинок зменшують можливість їх виносу з зони горіння. По-третє, частинки носія, хоча і збільшують свою насипну масу після нанесення вогнегасної солі, все одно лишаються легшими і за воду і за органічні рідини. Отже, при застосуванні вони будуть розташовуватися на поверхні рідини і під дією вогню поступово віддавати адсорбовані солі. Додатково вони ще й зменшують поверхню випаровування. Це дає змогу наносити такий засіб не на всю поверхню одночасно, а порціями. Крім усього іншого, компоненти такого засобу, на відміну від піни, нешкідливі. Спучений вермікуліт використовується у сільському господарстві для структурування ґрунтів, деревна тирса є природним матеріалом, а вогнегасячі солі (амоній фосфат і ін.) є, по суті, мінеральними добривами. Так що після придушення пожежі пористий носій із залишками вогнегасячої солі може бути легко зібраним з поверхні і використаним в якості агента, що структурує, і в якості мінерального добрива у сільському господарстві.

Висновки. Пожежі на поверхні водойми завдають відчутної шкоди навколишньому середовищу, що пов'язано з утворенням продуктів повного та неповного згорання. Але ще більшої шкоди завдає неможливість розпочати ліквідацію виливів нафти до остаточного припинення горіння.

Найбільш перспективними вогнегасними для таких пожеж засобами є ті, що є легким високопористим носієм з адсорбованими в порах вогнегасячими солями. Такі засоби можуть досить довго знаходитись на поверхні водойми, тобто у зоні горіння, є відносно (порівняно з піною) недорогими і абсолютно нешкідливими.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. В Красном море взорвался иранский танкер вследствие ракетного обстрела. 01.10.2019 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://tsn.ua/ru/video/video-novini/v-krasnom-more-vzorvalsya-iranskiy-tanker-vsledstvie-raketnogo-obstrelya.html>.

2. На Сахаліні стався розлив нафти, на забрудненій площі почалася пожежа [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nv.ua/ukr/world/countries/na-sahalini-stavsja-rozliv-nafti-zabrudnenoji-ploshchi-pochalasja-pozhezha-101196.html>.

3. Взорвался танкер "Залив Америка". 02.11.19 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://tsn.ua/ru/svit/v-rossii-vzorvalsya-neftyanyo-tanker-est-pogibshie-1436772.html>.
4. Экология Мексиканского залива: год после разлива нефти [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.bbc.com/russian/science/2011/04/110420_oil_spill_year_on.
5. Международный симпозиум "Выброс нефти на платформе Deepwater Horizon в Мексиканском заливе. Уроки борьбы с крупным разливом нефти – эффективность и экологические последствия" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://wwf.ru/upload/iblock/0d4/programma_all.pdf.
6. Ничего не изменилось после самой масштабной утечки нефти в Мексиканском заливе [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.vice.com/ru/article/3dq4w5/how-the-biggest-most-expensive-oil-spill-in-history-changed-nothing-at-all-111>.
7. Нефть мексиканский залив. Крупнейшие разливы нефти в истории человечества [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://sovkalmykia.ru/raboty-s-fundamentom/neft-meksikanskii-zaliv-krupneishie-razlivy-nefti-v-istorii-chelovechestva.html>.
8. Поведение морских разливов нефти [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP_2_2011_RU_Fate_of_marine_oil_spills.pdf.
9. Последствия загрязнения нефтью для окружающей среды [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP_1_3_2011_RU_FINAL.PDF.
10. Сахаб Ахмед Али Нур. Ирако-кувейтский вооруженный конфликт 1990-1991 гг. и его международные последствия. — Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева, 2011. — С. 2-3.
11. Владимир В.А. РАЗЛИВЫ НЕФТИ: ПРИЧИНЫ, МАСШТАБЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/razlivy-nefti-prichiny-masshtaby-posledstviya>.
12. Nicolson P.C., Artman D.D. A technique for the evaluation of AFFF sealing characteristics // «Fire Technology», 1977, 13, №1, 13-20.
13. Klunik С.Н. Has. AFFF agent come of age // Hydrocarbon Process, 1977, V56, N 9, p. 293-300 134/3-1).
14. А.с. 232761 СССР, Огнетушительное средство, публ. 07.05.1969.
15. Г.І. Єлагін, М.Г. Шкарабура, М. А. Кришталь, О.М. Тищенко. Основи теорії розвитку та припинення горіння. – Черкаси 2001 – С.447.
16. Патент № 2216371 Российская Федерация, А62D1/00. Огнетушительный порошок состав и способ его получения.
17. Патент № 2170601 Российская Федерация, А62D1/00 Способ приготовления средства для тушения пожара и сорбирования нефтепродуктов.
18. Патент № 2263525 Российская Федерация, А62D1/00. Огнетушащее средство для тушения нефти и нефтепродуктов.
19. Патент № 2150310 Российская Федерация, МПК 7 А62 D1/06.
20. Патент №. 2106167 Российская Федерация, МПК 6 (19) А62D1/00.
21. Патент № 2422181 Российская Федерация, МПК 7 А62 D1/00.
22. Андрощук О.В., Гикавчук Р.В., Єлагін Г.І., Щербина В.С. Дослідження сорбційної здатності гранульованих пористих носіїв. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Теорія та практика ліквідації надзвичайних ситуацій», Черкаси, 2011, С.181-182.
23. Єлагін Г.І., Палагін Р.А., Кришталь М.А., Кладько Д.А. Дослідження адсорбції вогнегасних солей внутрішньою поверхнею спученого вермікуліту. Матеріали V науково-практичної конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій». Черкаси 2013 р., стор. 55-56.
24. Декларацийний патент на корисну модель №91399. Опубл. 10.07.2014р., Бюл. № 13/2014, автори Г.І.Єлагін, М.А.Кришталь, Р.А.Палагін. Спосіб виробництва вогнегасного засобу.
25. Декларацийний патент на корисну модель №91400. Опубл. 10.07.2014р., Бюл. №

13/2014, автори Г.І.Слагін, М.А.Кришталь, Р.А.Палагін. Вогнегасний засіб.

26. Слагін Г.І., Ющук І.О. Інhibуючий вогнегасний засіб на основі вогнегасних солей, іммобілізованих пористим носієм. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист», Черкаси: 2018 р, стор. 90-93.

27. Деклараційний патент на корисну модель №136531. Опубл. 27.08.2019р., Бюл. № 16/2019, автори Г.І.Слагін, Ю.О.Ющук, О.С.Алексеева. Вогнегасний засіб.

28. Деклараційний патент на корисну модель №136533. Опубл. 27.08.2019р., Бюл. № 16/2019, автори Г.І.Слагін, Ю.О.Ющук, О.С.Алексеева. Спосіб виготовлення вогнегасного засобу.

REFERENCES

1. V Krasnom more vzorvalsya iranskiy tanker vsledstvie raketnogo obstrela. 01.10.2019 [Elektronnyy resurs] <https://tsn.ua/ru/video/video-novini/v-krasnom-more-vzorvalsya-iranskiy-tanker-vsledstvie-raketnogo-obstrela.html>.

2. Na Sakhalini stavsya rozlyv nafty, na zabrudneniy ploshchi pochalasya pozhezha [Elektronnyy resurs] <https://nv.ua/ukr/world/countries/na-sahalini-stavsja-rozliv-nafti-zabrudnenoji-ploshchi-pochalasja-pozhezha-101196.html>.

3. Vzorvalsya tanker "Zaliv Amerika". 02.11.19 [Elektronnyy resurs] <https://tsn.ua/ru/svit/v-rossii-vzorvalsya-neftyany-tanker-est-pogibshie-1436772.html>.

4. Ekologiya Meksikanskogo zaliva: god posle razliva nafti [Elektronnyy resurs] https://www.bbc.com/russian/science/2011/04/110420_oil_spill_year_on.

5. Mezhdunarodnyy simpozium "Vybrosov nafti na platforme Deepwater Horizon v Meksikanskom zalive. Uroki borby s krupnym razlivom nafti – effektivnost i ekologicheskie posledstviya" [Elektronnyy resurs] https://wwf.ru/upload/iblock/0d4/programma_all.pdf.

6. Nichego ne izmenilos posle samoy masshtabnoy utechki nafti v Meksikanskom zalive [Elektronnyy resurs] <https://www.vice.com/ru/article/3dq4w5/how-the-biggest-most-expensive-oil-spill-in-history-changed-nothing-at-all-111>.

7. Neft meksikanskiy zaliv. Krupneyshie razlivi nafti v istorii chelovechestva [Elektronnyy resurs] [https://sovkalmymkia.ru/raboty-s-fundamentom/neft-meksikanskii-zaliv-](https://sovkalmymkia.ru/raboty-s-fundamentom/neft-meksikanskii-zaliv-krupneyshie-razlivi-nafti-v-istorii-chelovechestva.html)

krupneyshie-razlivi-nafti-v-istorii-chelovechestva.html.

8. Povedenie morskikh razlivov nafti [Elektronnyy resurs] https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP_2_2011_RU_Fate_of_marine_oil_spills.pdf.

9. Posledstviya zagryazneniya neftyu dlya okruzhayushchey sredy [Elektronnyy resurs] https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP_13_2011_RU_FINAL.PDF.

10. Sakhab Akhmed Ali Nur. Irakokuveytский vooruzhennyy konflikt 1990-1991 gg. i ego mezhdunarodnye posledstviya. — Vestnik Volzhskogo universiteta im. V. N. Tatishcheva, 2011, С. 2-3.

11. Vladimirov V.A. RAZLIVY NYeFTI: PRICHINY, MASSHTABY, POSLYeDSTVIYA [Elektronnyy resurs] <https://cyberleninka.ru/article/n/razlivi-nafti-prichiny-masshtaby-posledstviya>.

12. Nicolson P.C., Artman D.D. A technique for the evaluation of AFFF sealing characteristics // «Fire Technology», 1977, 13, №1, 13-20.

13. Klunik С.Н. Has. AFFF agent come of age // Hydrocarbon Process, 1977, V56, N 9, p. 293-300 (34/3-1).

14. А.с. 232761 СССР, Ognegasitelnoe sredstvo, publ. 07.05.1969.

15. G.I. Yelagin, M.G. Chkarabura, M. A. Krishtal, O.M. Tischenko. Osnovi teorii rozvitku ta pripinennya gorinna. – Cherkasi 2001 – С.447.

16. Patent № 2216371 Rossiyskaya Federatsiya, A62D1/00. Ognetushashchiy poroshkovyy sostav i sposob ego polucheniya.

17. Patent № 2170601 Rossiyskaya Federatsiya, A62D1/00 Sposob prigotovleniya sredstva dlya tusheniya pozhara i sorbirovaniya nefteproduktov.

18. Patent № 2263525 Rossiyskaya Federatsiya, A62D1/00. Ognetchashchee sredstvo dlya tusheniya nefiti i nefteproduktov.

19. Patent № 2150310 Rossiyskaya Federatsiya, MPK 7 A62 D1/06.

20. Patent №. 2106167 Rossiyskaya Federatsiya, MPK 6 (19) A62D1/00.

21. Patent № 2422181 Rossiyskaya Federatsiya, MPK 7 A62 D1/00.

22. Androshchuk O.V., Gykavchuk R.V., Yelagin G.I., Shcherbyna V.S. Doslidzhennya sorbtsiynoi zdatsnosti granulovanykh porystykh nosiiv. Materialy mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii «Teoriya ta praktyka likvidatsii nadzvychaynykh sytuatsiy», Cherkasy, 2011, С.181-182.

23. Yelagin G.I., Palagin R.A., Kryshchal M.A., Kladko D.A. Doslidzhennya adsorbtsii vognegasnykh soley vnutrishnoyu poverkhneyu spuchenogo vermikulitu. Materialy V naukovopraktychnoi konferentsii «Teoriya i praktyka gasinnya pozhezh ta likvidatsii nadzvychaynykh sytuatsiy». Cherkasy 2013 r., stor. 55-56.

24. Deklaratsiyniy patent na korisnu model №91399. Opubl. 10.07.2014p., Byul. № 13/2014, avtori G.I. Yelagin, M. A. Krishtal, R.A. Palagin. Sposib virobnytstva vognegasnogo zasobu.

25. Deklaratsiyniy patent na korisnu model №91400. Opubl. 10.07.2014p., Byul. № 13/2014, avtori G.I. Yelagin, M. A. Krishtal, R.A. Palagin. Vognegasniy zasib.

26. Yelagin G.I., Yuschyuk I.O. Ingibuyutciy vognegasniy zasib na osnovi vognegasnich soley, immobilizovanich poristim nosiem. Materiali VIII Vseukrainskoyi naukovopraktychnoi konferentsii z misznarodnoyu utcastyu. «Nadxvitcayni situatsiyi: bezpeka ta zachist», Cherkasi: 2018 r, stor. 90-93.

27. Deklaratsiyniy patent na korisnu model №136531. Opubl. 27.08.2019p., Byul. № 16/2019, avtori Yelagin G.I., Yuschyuk I.O., Alekseeva O.S. Vognegasnyy zasib.

28. Deklaratsiyniy patent na korisnu model №136533. Opubl. 27.08.2019p., Byul. № 16/2019, avtori Yelagin G.I., Yuschyuk I.O., Alekseeva O.S.. Sposib vygotovlennya vognegasnogo zasobu.

*А. Г. Алексеев, канд. хим. наук, доцент, Г. И. Елагин, канд. хим. наук, с. н. с.,
В. В. Наконечный, канд. техн. наук, доцент, О. М. Нуянзин, канд. техн. наук,
М.А. Куценко, канд. эконом. наук, доцент,
Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля
Национального университета гражданской защиты Украины*

ЕКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЖАРОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДОЕМОВ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ИХ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ

Разлив нефти и нефтепродуктов на поверхность водоема приводит к экологическим катастрофам, а дополнительный ущерб окружающей среде наносит ее горения. Для сбора данных жидкостей, разлитых на поверхности водоема создано несколько средств. Но их нельзя использовать во время пожаров, кроме того остаток от горения нефти плавает в толще воды и делает неэффективными средства сбора разлитой нефти. В статье рассмотрены четыре типа известных на сегодняшний день средств тушения пожаров с разлитой на поверхности моря нефтью. Показаны их недостатки в этих условиях. Так, главный недостаток охлаждающих средств - это невозможность использования

воды для тушения пожаров жидкостей, которые имеют удельную плотность, меньшую, чем вода. Вода погружается под поверхность жидкости и зона горения остается без средства прекращения горения. Тушение газообразными средствами пригодно только в замкнутых объемах. На открытых пространствах создать необходимую концентрацию инертного газа невозможно. Тот же недостаток относится к прекращению горения газообразными галогенозамещенными углеводородами. Пены, как изолирующие огнетушащие средства, хотя и используются для тушения горючих жидкостей, имеют следующие недостатки: их невозможно подать на значительное расстояние, поверхностно-активные

вещества пенообразователя опасны для окружающей природной среды и образуют эмульсию нефти в морской воде, что в дальнейшем существенно уменьшает эффективность сепарации.

В исследовании решена задача тушения пожаров жидкостей на поверхности воды разработкой средства на основе огнетушащей соли, иммобилизированной тонким слоем на внутренней поверхности пористого носителя. В качестве носителя используются вспученный вермикулит, или

опилки древесины. В качестве огнетушащих компонентов - аммоний и диаммоний фосфат. Такие средства могут достаточно долго находиться на поверхности водоема, то есть в зоне горения, являются относительно недорогими и совершенно безвредными.

Ключевые слова: экологическая безопасность, пожар, нефть и нефтепродукты, огнетушащие средства, морские перевозки.

A. G. Alekseev, candidate of chemical sciences, associate professor, professor of the department of civil defense organization, G. I. Yelagin, candidate of chemical sciences, SRF, Civil Security Innovation Research Laboratory Engineer, Nakonechnyj V. V. PhD, docent, Nuianzin O. M. PhD of technical sciences, M. A. Kutsenko, candidate of Economic sciences, associate professor, deputy chief Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes

ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF WATER FIRE WAYS TO REDUCE THEIR NEGATIVE IMPACT

The spillage of oil and petroleum products on the surface of the reservoir leads to The spill of oil and oil products on the surface of the reservoir leads to environmental disasters, and its burning causes additional damage to the environment. Several tools have been created to collect data on liquids spilled on the surface of a reservoir. But they can not be used during fires, in addition, the residue from oil burning floats in the water column and makes ineffective means of collecting spilled oil. The article considers four types of currently known means of extinguishing fires with oil spilled on the surface of the sea. Their disadvantages are shown under these conditions. So, the main disadvantage of the coolant is the impossibility of using water to extinguish fires of liquids, which have a specific gravity lower than water. Water is immersed under the surface of the liquid and the combustion zone is left without a means of stopping combustion. Gaseous extinguishing is suitable only in confined spaces. In open spaces it is impossible to create the necessary concentration of inert gas. The same drawback

relates to the cessation of combustion of gaseous halogen-substituted hydrocarbons. Foams as insulating extinguishing agents, although they are used to extinguish flammable liquids, have the following disadvantages: they cannot be supplied at a considerable distance, the surfactants of the foaming agent are dangerous for the environment and form an oil emulsion in seawater, which subsequently significantly reduces the separation efficiency .

The study solved the problem of extinguishing fires of liquids on the water surface by developing a tool based on fire extinguishing salt, immobilized with a thin layer on the inner surface of the porous carrier. Exfoliated vermiculite, or sawdust of wood, is used as a carrier. As a fire extinguishing component - ammonium and diammonium phosphate. Such funds can be located for a long enough time on the surface of the reservoir, that is, in the combustion zone, are usually inexpensive and completely harmless.

Keywords: ecological safety, fire, oil and oil products, extinguishing agents, maritime transport.