УДК 351.861 **DOI 10.33042/2522-1809-2020-1-154-298-305**

В.М. Лобойченко

Національний університет цивільного захисту України , Харків, Україна

ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПЕРЕДУМОВ ПОШИРЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УНАСЛІДОК НАКОПИЧЕННЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН НА ХІМІЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

В роботі проаналізовано надзвичайні ситуації на хімічних об'єктах малотоннажного виробництва. Досліджено основні етапи низки виробництв щодо порушення технологічних процесів та потрапляння шкідливих речовин у грунт. Запропоновано методику ідентифікації небезпеки передумов поширення надзвичайних ситуацій унаслідок накопичення шкідливих речовин на хімічних об'єктах.

Ключові слова: *ідентифікація небезпеки, надзвичайна ситуація, накопичення шкідливих речовин, грунт, коефіцієнт ідентифікації небезпеки*

Постановка проблеми

Надзвичайні ситуації, пов'язані з техногенними аваріями на потенційно небезпечних об'єктах, мають місце в різних країнах світу. Причинами їх виникнення на сьогодні в першу чергу називаються організаційні та технічні недоліки [1].

В Україні надзвичайні ситуації (НС) техногенного характеру складають 30 % від їх загальної кількості, серед них відзначено аварії, пожежі, вибухи, наявність забруднюючих речовин понад ГДК у довкіллі тощо [2]. Додатковим фактором виникнення надзвичайних ситуацій місцевого та регіонального рівня також виступають застарілість обладнання, перевищення його терміну експлуатації для існуючих об'єктів промисловості, збільшення в межах міст малотоннажних виробництв. Причому для значних підприємств існує можливість створення окремих підрозділів, які спроможні контролювати розвиток надзвичайної ситуації, тоді як малотоннажні виробництва не мають таких потужностей та ефективних інженерно-технічних методів для попередження об'єктових НС, в тому числі й з причин поступового накопичування шкідливих речовин, та не класифікованих надзвичайних подій.

Як важливий елемент готовності до надзвичайних ситуацій, в тому числі й пов'язаних з технологічними небезпеками, ВООЗ відносить раннє попередження та необхідність достатніх технологічних ресурсів [3].

Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) згідно національного законодавства повинна виконувати зазначені дії [4], тоді як її технічні можливості [5] часто обмежені лише органолептичними методами. В той же час більш об'єктивні підходи до своєчасного попередження розвитку надзвичайної ситуації в більш масштабні рівні потребують застосування контактних та дистанційних методів [6], використання складного, часто стаціонарного обладнання для аналізу об'єктів довкілля [7].

Тому важливим питанням є розробка інженерно-технічних методів попередження подібних НС для усунення наслідків надзвичайних ситуацій накопичувального характеру. Складовою вирішення цієї проблеми є розробка методики ідентифікації передумов поширення надзвичайних ситуацій в рамках комплексного інженерно-технічного методу попередження надзвичайних ситуацій на хімічних об'єктах малотоннажного виробництва, пов'язаних із небезпекою поступового накопичення наслідків не класифікованих надзвичайних подій та аварій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Можна відмітити, що кількість людей, травмованих в хімічних виробництвах та при виробництві їжі має місце при аваріях, пов'язаних з відмовою обладнання, тоді як порушення процесу спричиняло найбільшу кількість травмованих людей в хімічній галузі [8].

До недавніх надзвичайних ситуацій, що трапилися в США, можна віднести вибух в квітні 2013 р. на заводі добрив West Fertilizer Company (Техас, США), який призвів до смерті 15 осіб [9] та спричинив руйнування та в тому числі й забруднення території [10]. Причина однозначно не була встановлена, але за часи існування компанії їй неодноразово виписували штрафи за неправильне поводження з добривами (аміачна селітра, тощо).

Заходи з утилізації відходів компанії Olin Corporation спричинили просочування шкідливих речовин в грунти, підземні води, їх накопичування в рибі та підвищили ризик захворювання людей, що купаються в р. Холст-Норт-Форк (2017 р.) (Вір-

 © Лобойченко В.М.

джинія, США). Як складові запобігання подальшого розвитку ситуації компанія зобов'язалася зупинити змішування забруднених дренажних вод з природніми та низку інших заходів [11]. Вибухи шкідливих речовин на підприємстві спричинили загибель більше 4 осіб та забруднення довкілля в 2017 р. (Цзянсу, Китай) [12]. До найгірших за останні роки аварій можна віднести аварію в індустріальному парку провінції Цзянсу в 2019 р., в результаті якої загинуло 78 осіб, а сам парк надалі був закритий [13], та вибух на складі шкідливих речовин в порту м. Тяньцзинь, де загинуло 178 людей [14]. В останньому випадку сума страхових виплат орієнтовно склала 3,5 млрд. доларів. Надзвичайна подія сталася в 2019 р. на заводі з виробництва пестицидів компанії Tianjiayi Chemical Co (м. Яньчен в провінції Цзянсу, Китай). В якій постраждало 64 людини, була значна кількість поранених, а шкідливі речовини потрапили в поверхневі води та грунти [15]. В Південній Кореї витік небезпечної речовини (фториду водню) в м. Гумі в 2012 р. [16] спричинив збитків на 20 млн. доларів, скарги на незадовільний стан у 3600 місцевих жителів, та забруднення більш ніж 320 га землі. У травні 1998 року стався розлив близько 30 тон інсектициду з агрохімічної фабрики в Угорщині, що спричинило забруднення води та грунту й тимчасове припинення подачі води більш ніж для 20 000 людей. Також загинуло близько 200 тис. риб в Дунаї та всі безхребетні [17]. Незадовільний технічний стан, зокрема, зношеність обладнання, стала причиною надзвичайної ситуації регіонального рівня внаслідок аварії на каналізаційному колекторі в 2015 р. у м. Вознесенську (Миколаївська область). Протягом тривалого часу було повністю відключено водопостачання та водовідведення міста (понад 12 тис. мешканців). Збитки від аварії склали понад 2,0 млн. гривень [18].

При дослідженні забруднених вод та грунтів використовують різні підходи. Зокрема, визначають вміст важких металів, індекс навантаження та забруднення грунту [19]. При дослідженні забруднення грунтів в колишньому районі видобутку Дубник в Словакії [20] автори використали як методи біомоніторингу, із застосуванням моху та лишайника й активності ґрунтових ферментів, так і коефіцієнт забруднення, ступінь забруднення, та індекс навантаження забруднення. Показано, що досліджувана площа (відкриті копальні котловани та відвали відходів) була надзвичайно забруднена окремими елементами (Fe, Cd, As, Pb, Sb, Zn, Cu, Ni, Mn). Найвищі значення Mn і Ni були визначені у відкритих копальних котлованах. З використанням кореляції, методу головних компонентів та дискримінантного аналізу було визначено напрям та силу взаємозв'язку показників якості грунту та їх комбінацій для найбільш поширених угорських ґрунтів [21], що дозволило класифікувати зразки на 25 типів грунту та отримати мінімальний набір даних для оцінки якості ґрунту. Оцінка антропогенного навантаження з застосуванням поняття «стабільності» земель в басейні р. Ірпінь (Україна), їх використання чи не використання з сільгоспметою проведено в [22]. За комплексом отриманих показників охарактеризовано загальний стан басейну р. Ірпінь та запропоновано шляхи його покращення. В США діє мережа лабораторій з питань екологічного реагування (ERLN) [23] мають високотехнологічне стаціонарне та мобільне обладнання для проведення хімічних, радіологічних, біологічних досліджень тощо та є частиною реагування на масштабні надзвичайні ситуації в США.

Таким чином, слід відзначити відсутність єдиних підходів щодо попередження розвитку НС, в тому числі й накопичувального характеру.

Метою роботи є розробка методики ідентифікації передумов поширення надзвичайних ситуацій унаслідок накопичення шкідливих речовин на хімічних об'єктах.

Виклад основного матеріалу

В роботі проаналізовано потенційний вплив порушення технологічних процесів на низці виробництв на грунти внаслідок накопичення в них шкідливих речовин та запропоновано методику ідентифікації передумов поширення надзвичайних ситуацій унаслідок накопичення шкідливих речовин на хімічних об'єктах.

В функціонуванні більшості виробничих процесів умовно можна виділити три блоки (рис. 1), а саме, підготовчі процеси (I блок), основні процеси (II блок), фасування та транспортування (III блок).

Кожен блок характеризується своїми технологічними процесами, які включають один або декілька етапів. Нижче розглянуто типові схеми виробництв з домінуючою небезпекою окремих блоків, порушення технологічних процесів на яких можуть спричиняти техногенні надзвичайні ситуації, пов'язані з накопиченням шкідливих речовин.

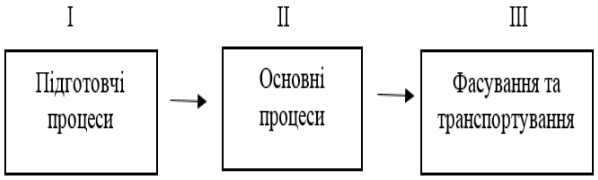

Рис. 1. Блок-схема типового виробничого процесу малотоннажного хімічного виробництва.

На рис. 2 наведено схему виробництва з домінуванням небезпеки II блоку [24].

Якщо умовно розділити це виробництво на етапи 1 - 5, то можна констатувати, що на етапі 1 (I

блок) мають місце фізичні процеси поглинання оксиду вуглецю (IV) з повітря та буде спостерігатись відсутність забруднення грунтів внаслідок потрапляння в них шкідливих речовин. До блоку основних процесів (II блок) віднесено етапи 2 – 4. На етапі 2 також мають місце фізичні процеси вилучення вуглекислого газу та відсутність забруднення грунтів. Етап 3 включає очищення вуглекислого газу з застосуванням концентрованої сульфатної кислоти [25] від парів води.

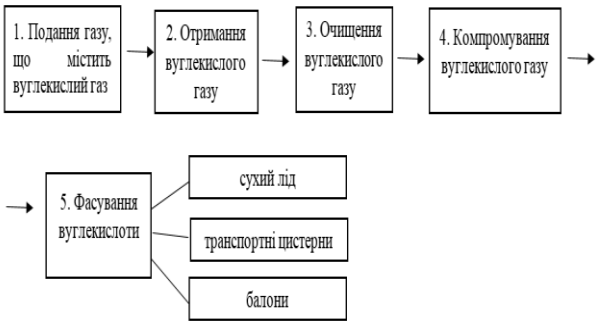

Рис. 2. Схема технологічного процесу виробництва з домінуванням небезпеки II блоку.

При цьому відбувається така реакція:

$$H_2O + SO_3 = H_2SO_4 \quad (1)$$

Пошкодження обладнання та невраховані втрати сульфатної кислоти можуть привести до її накопичення в грунті й подальшого розвитку надзвичайної ситуації, пов’язаної з потраплянням шкідливих речовин в навколишнє середовище понад ГДК.

Концентрована сульфатна кислота може також взаємодіяти з органічними складовими та вуглецем грунту, спричиняючи, відповідно, дегідратацію води та обвуглювання (рівняння (2)) та утворення газів (рівняння (3)):

$$C_6H_{12}O_6 = 6C + 6H_2O \quad (2)$$
$$H_2SO_4$$

$$C + 2H_2SO_4 = 2SO_2 + CO_2 + 2H_2O \quad (3)$$

Етапи 4 та 5 пов’язані зі зрідженням вуглекислого газу та фасуванням рідкої вуглекислоти. Можливі витоки оксиду вуглецю (IV) в першу чергу будуть відбуватись у повітря та, відповідно, малоймовірний процес його накопичення в грунті. Тобто, порушення технологічних процесів на етапі 3 (блок II, основні процеси) може стати причиною надзвичайної ситуації, пов’язаної з накопиченням шкідливих речовин у грунті.

Якщо умовно розглянути процес виробництва з домінуванням небезпеки I та II блоку (виробництво таблетованого препарату) [26, 27] (рис. 3), то можна зазначити, що пошкодження обладнання та втрати на етапі 1 можуть привести до накопичення в грунті діючої сировини таблетованого препарату. На етапі 2, де має місце приготування розчинника, може відбуватись вже виток іншої речовини. Обидва етапи відносяться до блоку I (підготовчі процеси).

Етапи 3, 4, 5, 6, 7 об'єднані в блок II (основні процеси), який складається з двох елементів. Перший елемент включає етапи 3, 4, 5, на яких має місце наявність як розчинника, так і таблетованого препарату, що можуть одночасно просочуватись в грунт при порушенні технологічного процесу на цих етапах. Етапи 6 та 7 можна віднести до другого елементу, оскільки хімічні речовини, що використовуються при цьому, мають значно менший обсяг і в більшості випадків є інертними та безпечними для людини та довкілля [28].

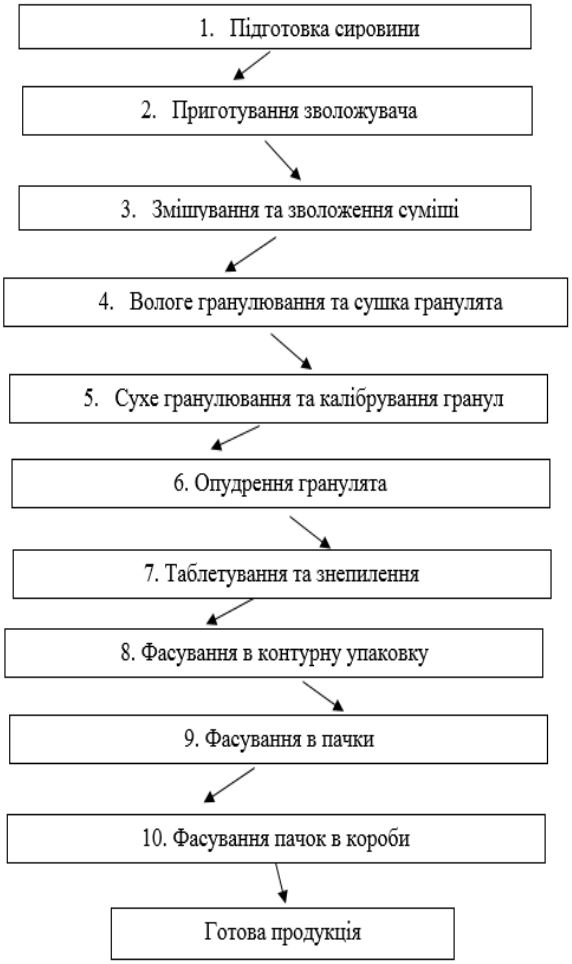

Рис. 3. Схема технологічного процесу виробництва з домінуванням небезпеки I та II блоку.

Етапи 8, 9 та 10, що відносяться до блоку III (фасування та транспортування), не спричиняють значимого потрапляння зхімічно-небезпечних речовин в грунт з їх подальшим там накопиченням.

При виробництві з домінуванням небезпеки II та III блоку можна виділити наступні етапи (рис. 4) [29].

До блоку підготовчих процесів (блок I) можна віднести етапи 1 – 7. На етапі 1 відбувається вилучення сірки з природного газу за узагальненим рівнянням (4) [30]. Як забруднюючи шкідливі речовини при цьому можуть бути карбонат та сульфат кальцію. За умови більшої розчинності останнього можливе незначне накопичення в грунті часток сульфату кальцію при порушенні технологічних процесів на цьому етапі.

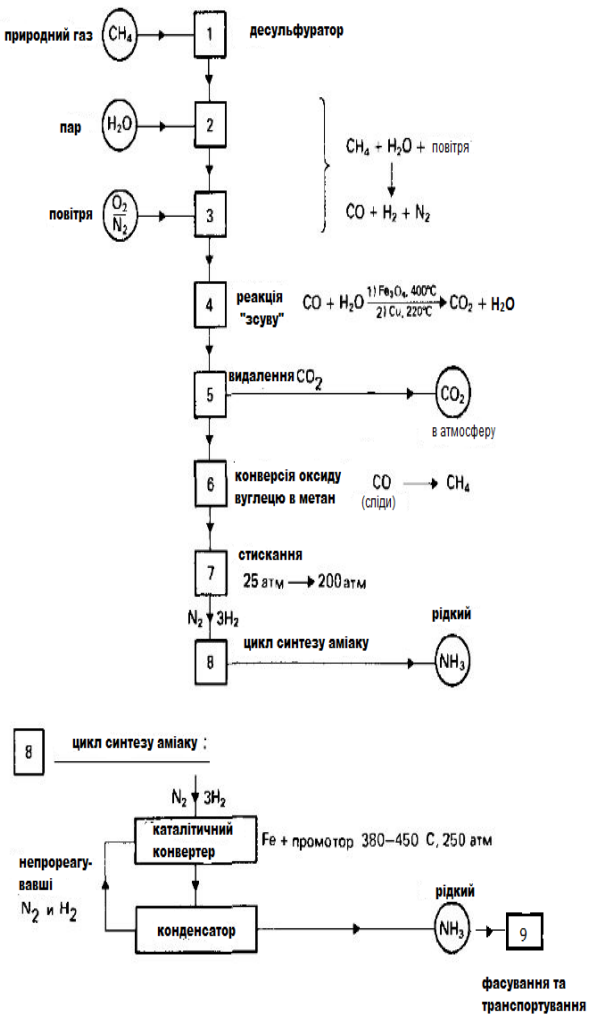

Рис. 4. Схема технологічного процесу виробництва з домінуванням небезпеки II та III блоку.

$$2SO_2 + 2CaCO_3 + O_2 = 2CaSO_4 + 2CO_2 \quad (4)$$

На другому етапі має місце процес отримання водню відновленням пари при 750°С та 30 атм. над нікелевим каталізатором:

$$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2 \quad (5)$$

Відповідно, шкідливою речовиною при цьому будуть частки нікелю, які незначно можуть кородувати з вологим грунтом.

Етап 3 супроводжується окисненням частки водню. Реакція відбувається в повітряному середовищі та не потребує спеціальних умов.

На етапі 4 відбувається «реакція зсуву»:

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2 \quad (6)$$

Вона відбувається в двох «реакторах зсуву». В першому використовуються оксид заліза (III) як каталізатор, в другому – мідь. Відповідно, в першому реакторі може відбуватись порушення технологічних процесів з потраплянням в грунт оксиду заліза (III), а в другому – міді. Це малорозчинні сполуки, які можуть давати незначну частку відповідних забруднюючих речовин в грунт.

На етапі 5 відбувається вимивання діоксиду вуглецю з газової суміші за допомогою буферного лужного розчину карбонату калію з утворенням сульфату (рівняння 4) або сульфіту кальцію. Діоксид вуглецю зріджують і використовують для виробництва сечовини, або випускають в атмосферу. В ґрунті може незначно накопичуватись, відповідно, карбонат та сульфат кальцію, які були розглянуті вище.

На етапі 6 монооксид вуглецю, який залишивсь після 4 етапу, видаляють шляхом конверсії воднем в метан на нікелевому каталізаторі при температурі 325° С (зворотна реакція 5). Відповідно, може міститись в грунті незначна кількість нікелю. Скоріш за все, ще менша, ніж на етапі 2, оскільки перетворюються залишкові кількості монооксиду вуглецю.

На етапі 7 газову суміш (74 % водню і 25 % азоту), піддають стисненню від 25 - 30 атм. до 200 атм. Оскільки цей процес супроводжується підвищенням температури суміші, то її охолоджують безпосередньо після стиснення. При цьому можуть мати температурні зміни грунту, вірогідно, без зміни його хімічного складу.

Етап 8 складає блок основних процесів (блок II). На етапі 8 газ з компресора надходить у «цикл синтезу аміаку». При цьому газова суміш потрапляє в каталітичний конвертер з залізним каталізатором та температурою 380-450° С. Потім аміак зріджують і направляють в приймальний бункер. Гази, які не прореагували, повертають в конвертер. Відповідно, в довкілля, зокрема в грунт, можуть потрапляти частки заліза, які можуть накопичуватись у грунті, кородувати, та в подальшому спричиняти виникнення надзвичайної ситуації. На етапі 8 може мати місце протікання рідкого аміаку, його потрапляння в грунт та подальше накопичення у вигляді NH_4^+.

На етапі 9 (блок III, фасування та транспортування) відбувається розподіл зрідженого аміаку в тару та її подальше транспортування. При фасуванні

може відбуватись протікання рідкого аміаку та подальше його накопичення у вигляді NH_4^+ в грунті.

Як видно, переважне накопичення шкідливих речовин в грунті з розвитком надзвичайної ситуації може мати місце на етапах блоку II (основні процеси) та блоку III (фасування та транспортування).

Загалом, для кожної із зазначених виробничих схем наявність відповідних шкідливих речовин в грунті при порушенні технологічних процесів можна охарактеризувати виразом вигляду:

$$Cj = \sum_{i=1}^{N} C_{ji}, \text{ j = 1…m, I = 1…N,} \quad (7)$$

де Cj – сумарний вміст шкідливих речовин (моль/л) в грунті на j-тому етапі виробництва, C_{ji} – концентрація *i*-ї шкідливої речовини (моль/л) в грунті на j-тому етапі виробництва.

Враховуючи підходи до ідентифікації та методів попередження надзвичайної ситуації, викладені в [31, 32], та зв'язок концентрації з електропровідністю [33], можна зазначити, що коефіцієнт ідентифікації небезпеки K_{hld} буде мати наступний вигляд для кожного етапу досліджуваного виробництва:

$$K_{hld\,j} = f_{hld}\ æ_j = F_{hld}\ (C_j) = \sum_{i=1}^{N} C_{ji}, \quad (8)$$

де æ - питома електропровідність (См/см).

Враховуючи, що коефіцієнт ідентифікації небезпеки є індивідуальною характеристикою розчину (водної витяжки грунту) [31] та визначається сумарним вмістом шкідливих (забруднюючих) речовин, які є характерними для кожного етапу технологічного процесу виробництва, то можна, досліджуючи водні витяжки зразків грунту, своєчасно попередити розвиток надзвичайної ситуації, пов'язаної із накопиченням шкідливих речовин.

Таким чином, запропонована методика ідентифікації передумов поширення надзвичайних ситуацій унаслідок накопичення шкідливих речовин на хімічних об'єктах має наступний вигляд:

1. Визначення основних етапів технологічного процесу.
2. Визначення основних забруднюючих грунт шкідливих речовин на кожному етапі технологічного процесу.
3. Визначення та відбір необхідної кількості проб грунту в місцях його потенційного забруднення.
4. Визначення коефіцієнту ідентифікації небезпеки для кожного етапу виробництва.
5. Порівняння отриманих значень з референтними зразками.
6. Ідентифікація небезпеки.
7. Прийняття необхідних організаційних рішень та застосування інженерно-технічних заходів в інтересах попередження розвитку надзвичайної ситуації пов'язаної із накопиченням шкідливих речовин в грунті.

Висновки

Таким чином, проаналізовано надзвичайні ситуації на малотоннажних об'єктах хімічного виробництва. Показано відсутність єдиних підходів щодо попередження розвитку надзвичайних ситуацій, в тому числі й накопичувального характеру.

На типових схемах технологічного процесу малотоннажного хімічного виробництва проаналізовано основні етапи виникнення небезпеки при потраплянні шкідливих речовин в грунт. Запропоновано методику ідентифікації передумов поширення надзвичайних ситуацій унаслідок накопичення шкідливих речовин на хімічних об'єктах, яка включає експериментальне дослідження грунтів та визначення коефіцієнту ідентифікації небезпеки кожного етапу виробництва.

Література

1. Pidgeon, N., O'Leary, M. (2000). Man-made disasters: why technology and organizations (sometimes) fail. *Safety Science, 34, 1–3,* 15 - 30. https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00004-7.

2. Інформаційно – аналітична довідка про виникнення надзвичайних ситуацій в Україні у 2017 році. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/72899.html.

3. A Strategic Framework for Emergencv Preparedness. Printed by the WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland. (2017), 16. Retrieved from: https://www.medbox.org/a-strategic-framework-for-emergency-preparedness/download.pdf.

4. Кодекс цивільного захисту України за станом на 24 жовтня 2018 р. [Електронний ресурс]. / Відомості Верховної Ради (ВВР). 2013. № 34 - 35, ст.458 (із змінами) // База даних «Законодавство України»/ВР України. - Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17

5. Звіт про результати аудиту ефективності використання бюджетних коштів, виділених на забезпечення діяльності сил цивільного захисту: Рішення Рахункової палати від 13.09.2017 № 18-1. [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.ac-rada.gov.ua/doccatalog/document/16753615/zvit_18-1_2017.pdf?subportal=main.

6. Калугін, В.Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки. [Текст] / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Чорногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації. – 2013 - № 9(116). С. 204 - 216.

7. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа. Учеб. для вузов [Текст] / Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева и др. Под ред. Ю.А. Золотова. - 3-е изд., перераб. и доп., М: «Высшая школа», 2004. - 503 с.

8. Anderson, A. R., Wu, J. (2015). Top Five Industries Resulting in Injuries from Acute Chemical Incidents — Hazardous Substance Emergency Events Surveillance, Nine States, 1999–2008. *Surveillance Summaries. 64 (SS02),* 47 - 53. Retrieved from: https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss6402a7.htm

9. Willey, R.J. (2017). West Fertilizer Company fire and explosion: A summary of the U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation. Board report. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 49, Part B,* 132 – 138.

10. History of Recent Industrial Disasters in the United States. (n.d.) Retrieved from: https://www.arnolditkin.com/personal-injury-blog/2015/july/history-of-recent-industrial-disasters-in-the-un.

11. Case Summary: Removal Settlement Addresses Discharge of High pH Water into the North Fork Holston River in Virginia. (n.d.) Retrieved from: https://www.epa.gov/enforcement/case-summary-removal-settlement-addresses-discharge-high-ph-water-north-fork-holston.

12. China chemical plant explosion kills 4. (n.d.) Retrieved from: https://apnews.com/2abf3eff90ef45aca011adf5a6ef2330.

13. Chinese Authorities Shut Industrial Park After Chemical Blast Kills 78 People. (n.d.) Retrieved from: https://www.insurancejournal.com/news/international/2019/04/08/523146.htm.

14. Insurance Claims from China's Tianjin Port Blasts Rise to $3.5B: Swiss Re's 'sigma'. (n.d.) Retrieved from: https://www.insurancejournal.com/news/international/2016/03/30/403468.htm.

15. Massive Explosion at Chinese Pesticide Plant Kills at Least 64. (n.d.) Retrieved from: https://www.insurancejournal.com/news/international/2019/03/25/521548.htm.

16. Byungtae, Yoo, Sang, D. Choi. (2019) Emergency Evacuation Plan for Hazardous Chemicals Leakage Accidents Using GIS-based Risk Analysis Techniques in South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(11),* 1948; https://doi.org/10.3390/ijerph16111948

17. Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe. (2003) *Environmental issue report № 35. EEA, Copenhagen*, 54. Retrieved from: https://www.preventionweb.net/files/672_7808.pdf.

18. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися впродовж 2015 року. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/44615.html.

19. Charzyński, P., Plak, A. & Hanaka, A. (2017). Influence of the soil sealing on the geoaccumulation index of heavy metals and various pollution factors. *Environmental Science and Pollution Research, 24, 5,* 4801–4811. https://doi.org/10.1007/s11356-016-8209-5.

20. Demková, L., Árvay, J., Bobuľská, L., Hauptvogl, M., Hrstková, M. (2019). Open mining pits and heaps of waste material as the source of undesirable substances: biomonitoring of air and soil pollution in former mining area (Dubnik, Slovakia). *Environmental Science and Pollution Research, 26, 34,* 35227–35239. https://doi.org/10.1007/s11356-019-06582-0.

21. Juhos, K., Czigány, S., Madarász, B., Ladányi, M. (2019). Interpretation of soil quality indicators for land suitability assessment – A multivariate approach for Central European arable soils. *Ecological Indicators, 99,* 261 - 272, https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.063.

22. Ясенчук, Т. О. Оцінка антропогенного навантаження на басейн р. Ірпінь у сучасних умовах землекористування. [Електронний ресурс] / Т.О. Ясенчук // Меліорація і водне господарство. – 2011 - Вип. 99. С. 160-168. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2011_99_22.

23. Environmental Response Laboratory Network (ERLN). (n.d.) Retrieved from: https://www.epa.gov/emergency-response/environmental-response-laboratory-network.

24. Блок-схема технологического процесса производства углекислоты. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103648/fbf58a821be5a44614b40ef75bd9731a934a3163/.

25. Справочник химика 21. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://chem21.info/page/136093192099066180235229000117126243157075091245/

26. Федосеева, А. А. Представление технологического процесса производства таблетированных лекарственных препаратов с помощью блок-схем и временных сетей Петри. [Електронний ресурс] / А.А. Федосеева // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. -2013 - № 5. С. 385 – 389. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/

27. Технология производства таблеток. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://gmpua.com/Process/Tablet/index.html

28. Технологический процесс производства таблеток. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://ztl.nuph.edu.ua/html/medication/chapter14_06.html

29. Получение аммиака и серной кислоты. Промышленное получение аммиака. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://scask.ru/f_book_act_chem1.php?id=165

30. Мокрая десульфурация дымового газа. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://alecotec.com/gazoochistka/mokraya-desulfuraciya

31. Loboichenko, V., Strelec, V. (2018). The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International, 61/RNI, 9,* 43-- 51.

32. Лобойченко, В.М. Формування окремих задач математичної моделі інженерно-технічного метода попередження надзвичайних ситуацій унаслідок аварій на технологічному обладнанні потенційно небезпечних об'єктів. [Текст] / В.М. Лобойченко // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. – 2019 - Том 6, № 152. С. 224 – 232. DOI 10.33042/2522-1809-2019-6-152-224-232

33. Hem, J. D. (1970) Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. Second Edition – *Geological Survey Water Supply Paper 1473. United States Government Printing Office: Washington,* 380.

References

1. Pidgeon, N., O'Leary, M. (2000). Man-made disasters: why technology and organizations (sometimes) fail. *Safety Science, 34, 1–3,* 15 - 30. https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00004-7.

2. Informatsiyno – analitychna dovidka pro vynyknennya nadzvychaynykh sytuatsiy v Ukrayini u 2017 rotsi. (n.d.) Retrieved from: https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/72899.html.

3. A Strategic Framework for Emergencv Preparedness. Printed by the WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland. (2017), 16. Retrieved from: https://www.medbox.org/a-strategic-framework-for-emergency-preparedness/download.pdf.
4. Kodeks tsyvilnoho zakhystu Ukrayiny za stanom na 24 zhovtnya 2018 r. (n.d.) Retrieved from: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17.
5. Zvit pro rezulʹtaty audytu efektyvnosti vykorystannya byudzhetnykh koshtiv, vydilenykh na zabezpechennya diyalʹnosti syl tsyvilʹnoho zakhystu: *Rishennya Rakhunkovoyi palaty vid 13.09.2017 № 18-1*. Retrieved from: http://www.ac-rada.gov.ua/doccatalog/document/16753615/zvit_18-1_2017.pdf?subportal=main.
6. Kaluhin, V.D., Tyutyunyk, V.V., Chornohor, L.F., Shevchenko, R.I. (2013). Rozrobka naukovo-tekhnichnykh osnov dlya stvorennya systemy monitorynhu, poperedzhennya ta likvidatsiyi nadzvychaynykh sytuatsiy pryrodnoho ta tekhnohennoho kharakteru ta zabezpechennya ekolohichnoyi bezpeky. *Systemy obrobky informatsiyi, 9(116),* 204 - 216.
7. Zolotov, YU.A., Dorokhova, Ye.N., Fadeyeva, V.I. i dr. Pod red. YU.A. Zolotova. (2004) Osnovy analiticheskoy khimii. V 2 kn. Kn. 2. Metody khimicheskogo analiza. Ucheb. dlya vuzov - 3-ye izd., pererab. i dop., M: «Vysshaya shkola», 503.
8. Anderson, A. R., Wu, J. (2015). Top Five Industries Resulting in Injuries from Acute Chemical Incidents — Hazardous Substance Emergency Events Surveillance, Nine States, 1999–2008. *Surveillance Summaries. 64 (SS02),* 47 - 53. Retrieved from: https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss6402a7.htm
9. Willey, R.J. (2017). West Fertilizer Company fire and explosion: A summary of the U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation. Board report. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 49, Part B,* 132 – 138.
10. History of Recent Industrial Disasters in the United States. (n.d.) Retrieved from: https://www.arnolditkin.com/personal-injury-blog/2015/july/history-of-recent-industrial-disasters-in-the-un.
11. Case Summary: Removal Settlement Addresses Discharge of High pH Water into the North Fork Holston River in Virginia. (n.d.) Retrieved from: https://www.epa.gov/enforcement/case-summary-removal-settlement-addresses-discharge-high-ph-water-north-fork-holston.
12. China chemical plant explosion kills 4. (n.d.) Retrieved from: https://apnews.com/2abf3eff90ef45aca011adf5a6ef2330.
13. Chinese Authorities Shut Industrial Park After Chemical Blast Kills 78 People. (n.d.) Retrieved from: https://www.insurancejournal.com/news/international/2019/04/08/523146.htm.
14. Insurance Claims from China's Tianjin Port Blasts Rise to $3.5B: Swiss Re's 'sigma'. (n.d.) Retrieved from: https://www.insurancejournal.com/news/international/2016/03/30/403468.htm.
15. Massive Explosion at Chinese Pesticide Plant Kills at Least 64. (n.d.) Retrieved from: https://www.insurancejournal.com/news/international/2019/03/25/521548.htm.
16. Byungtae, Yoo, Sang, D. Choi. (2019) Emergency Evacuation Plan for Hazardous Chemicals Leakage Accidents Using GIS-based Risk Analysis Techniques in South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(11),* 1948; https://doi.org/10.3390/ijerph16111948
17. Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe. (2003) *Environmental issue report № 35. EEA, Copenhagen*, 54. Retrieved from: https://www.preventionweb.net/files/672_7808.pdf.
18. Informatsiyno-analitychna dovidka pro nadzvychayni sytuatsiyi v Ukrayini, shcho stalysya vprodovzh 2015 roku. (n.d.) Retrieved from: https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/44615.html.
19. Charzyński, P., Plak, A. & Hanaka, A. (2017). Influence of the soil sealing on the geoaccumulation index of heavy metals and various pollution factors. *Environmental Science and Pollution Research, 24, 5,* 4801–4811. https://doi.org/10.1007/s11356-016-8209-5.
20. Demková, L., Árvay, J., Bobuľská, L., Hauptvogl, M., Hrstková, M. (2019). Open mining pits and heaps of waste material as the source of undesirable substances: biomonitoring of air and soil pollution in former mining area (Dubnik, Slovakia). *Environmental Science and Pollution Research, 26, 34,* 35227–35239. https://doi.org/10.1007/s11356-019-06582-0.
21. Juhos, K., Czigány, S., Madarász, B., Ladányi, M. (2019). Interpretation of soil quality indicators for land suitability assessment – A multivariate approach for Central European arable soils. *Ecological Indicators, 99,* 261 - 272, https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.063.
22. Yasenchuk, T. O. (2011). Otsinka antropohennoho navantazhennya na baseyn r. Irpinʹ u suchasnykh umovakh zemlekorystuvannya. *Melioratsiya i vodne hospodarstvo, 99,* 160-168. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2011_99_22.
23. Environmental Response Laboratory Network (ERLN). (n.d.) Retrieved from: https://www.epa.gov/emergency-response/environmental-response-laboratory-network.
24. Blok-skhema tekhnologicheskogo protsessa proizvodstva uglekisloty. (n.d.) Retrieved from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103648/fbf58a821be5a44614b40ef75bd9731a934a3163/.
25. Spravochnik khimika 21. (n.d.) Retrieved from: https://chem21.info/page/136093192099066180235229000117126243157075091245/.
26. Fedoseyeva, A. A. (2013). Predstavleniye tekhnologicheskogo protsessa proizvodstva tabletirovannykh lekarstvennykh preparatov s pomoshch'yu blok-skhem i vremennykh setey Petri. *Radíoyelektronní í komp'yuterní sistemi, 5,* 385 – 389. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/
27. Tekhnologiya proizvodstva tabletok. (n.d.) Retrieved from: https://gmpua.com/Process/Tablet/index.html.
28. Tekhnologicheskiy protsess proizvodstva tabletok. (n.d.) Retrieved from: http://ztl.nuph.edu.ua/html/medication/chapter14_06.html.
29. Polucheniye ammiaka i sernoy kisloty. Promyshlennoye polucheniye ammiaka. (n.d.) Retrieved from: http://scask.ru/f_book_act_chem1.php?id=165
30. Mokraya desul'furatsiya dymovogo gaza. (n.d.) Retrieved from: http://alecotec.com/gazoochistka/mokraya-desulfuraciya.
31. Loboichenko, V., Strelec, V. (2018). The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International, 61/RNI, 9,* 43-- 51.

32. Loboychenko, V.M. (2019). Formuvannya okremykh zadach matematychnoyi modeli inzhenerno-tekhnichnoho metoda poperedzhennya nadzvychaynykh sytuatsiy unaslidok avariy na tekhnolohichnomu obladnanni potentsiyno nebezpechnykh ob″yektiv. *Komunal'ne hospodarstvo mist. Seriya: Tekhnichni nauky ta arkhitektura, 6, 152*, 224 – 232. DOI 10.33042/2522-1809-2019-6-152-224-232.
33. Hem, J. D. (1970) Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. Second Edition – *Geological Survey Water Supply Paper 1473. United States Government Printing Office: Washington*, 380.

Рецензент: д.т.н., с.н.с., начальник наукового відділу проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру Р.І. Шевченко, Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна.

Автор: ЛОБОЙЧЕНКО Валентина Михайлівна
кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри охорони праці та техногенно–екологічної безпеки
Національний університет цивільного захисту України
E-mail - vloboichm@gmail.com
ID ORCID: http://orcid.org/0000-0001-5188-6479

FORMATION OF A METHOD FOR THE PREREQUISITES IDENTIFICATION OF THE EXPANSION OF EMERGENCIES DUE TO THE ACCUMULATION OF HARMFUL SUBSTANCES AT CHEMICAL OBJECTS

V. Loboichenko
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Emergencies related to man-made accidents at potentially hazardous sites occur in different countries of the world. In Ukraine, man-made emergencies make up 30% of their total. It is noted that low-tonnage production does not have such capacity and efficient engineering, technical methods for the prevention of object emergencies, including for reasons of gradual accumulation of harmful substances and unclassified emergencies. The analysis of emergencies at chemical objects of low-tonnage production in the world and in Ukraine showed the lack of common approaches to preventing the emergencies, including the emergencies of cumulative nature and the need to develop engineering and technical methods for preventing such emergencies to eliminate the effects of emergencies of cumulative nature. Part of the solution to this problem is the development of a method for the prerequisites identification of the expansion of emergencies in the framework of a comprehensive engineering and technical method for preventing emergencies at low-tonnage chemical objects associated with the risk of gradual accumulation of consequences of unclassified emergencies and accidents.

The potential impact of impaired technological processes on a number of productions on soils as a result of the accumulation of harmful substances in them is analyzed in the resaerch. The technological process is considered as a set of three blocks: preparatory processes (block I), basic processes (block II), packing and transportation (block II). The peculiarities of technological processes with domination of danger of the II block, I and II blocks, II and III blocks are investigated. Examples are carbon dioxide production, tablet preparation and ammonia synthesis. The production stages of each of the three blocks of technological processes of the investigated productions are analyzed, which violations of technological processes on which technogenic emergencies related to the accumulation of harmful substances can cause. The main harmful substances that can accumulate in the soil have been identified.

A method for the prerequisites identification of the expansion of emergencies due to the accumulation of harmful substances at chemical objects is proposed, which includes the experimental study of soils and the determination of the coefficient of hazard identification at each stage of production. The coefficient of hazard identification is determined by the total content of harmful (pollutant) substances that are characteristic for each stage of the technological process.

Keywords: *hazard identification, emergency, accumulation of harmful substances, soil, coefficient of hazard identification.*