

УДК 622.8

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524-2636.2021.5.1.-57-66>.

Віктор Костенко¹, д-р техн. наук, професор, (ORCID: 0000-0001-8439-6564),

Олена Зав'ялова¹, канд. техн. наук, доцент, (ORCID: 0000-0003-2834-5900),

Тетяна Костенко², д-р техн. наук, доцент, (ORCID: 0000-0001-9426-8320),

Марина Кралуок³, (ORCID: 0000-0002-0693-9508),

Ярослав Крупка³, (ORCID: 0000-0002-9811-7252),

¹Донецький національний технічний університет,

²Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

Національного університету цивільного захисту України,

³Одеський науково-дослідний інститут судових експертиз

ТАКТИКА ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОГО ЗАРАЖЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Мета статті – вдосконалення тактики ліквідації наслідків зараження токсичними речовинами гірничих виробок вугільних шахт, що дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок застраждалих людей, підвищити безпеку роботи гірничих рятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств. Під час проведення досліджень, для розв'язання поставлених задач, в комплексі застосовувалися загальнонаукові та спеціальні методи, зокрема: методи індукції (на етапі збору, систематизації і обробки інформації для проведення досліджень) та дедукції (у процесі теоретичного осмислення проблеми), системно-аналітичний, порівняльний аналізи, метод аналізу визначень тощо.

Практичне значення отриманих результатів полягає у вдосконаленні тактичних технологічних схем ліквідації наслідків зараження гірничих виробок вугільних шахт токсичними речовинами, що дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок застраждалих людей, підвищити безпеку роботи гірничих рятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств. Наукова новизна роботи полягає у розв'язанні науково-прикладної задачі вдосконалення тактики (технології) ліквідації наслідків зараження гірничих виробок вугільних шахт токсичними речовинами, що дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок застраждалих людей, підвищити безпеку роботи гірничих рятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств, які пов'язані із втратою техніки, гірничих виробок і запасів вугілля, що підготовлені до виїмки, в виїмкових полях, які інтенсивно відпрацьовуються, великих аварійних збитків, що пов'язані із простоями лав або несвоєчасною підготовкою фронту очисних робіт. Вперше розглянуто хід ліквідації аварій, пов'язаних із загазовуванням виробок токсичними продуктами підземних вибухів газопилових сумішей та пожеж.

Ключові слова: аварія, вугільна шахта, гірничі рятувальники, гірничі виробки, засоби індивідуального захисту органів дихання та шкіри, сильнодіючі отруйні речовини, хімічне зараження.

Постановка проблеми. У вугледобувних регіонах України сконцентровані підприємства хімічної, коксохімічної та металургійної промисловості. Недосконалість технологічних процесів цих виробництв, аварійний стан сховищ отруйних та токсичних продуктів, аварії на трубопроводах приводять до викидів в атмосферу і розливання хімічно небезпечних речовин. Сильнодіючі отруйні речовини (далі – СДОР) проникають в ґрунтові та підземні води, забруднюють повітря і масиви гірничих порід. У 1989 р. в Центральному районі Донбасу на шахті «Олександр-Захід», а в 1990 р. на шахті «Вуглегірська» в гірничі виробки проникли СДОР з відстійників Горлівського хімічного заводу, який в минулому виготовляв бойові отруйні речовини. При цьому, не встановленими СДОР, були отруєнні

біля 650 працівників шахт і гірничорятувальників. З них більше 10 осіб одержали смертельні ураження [1].

Тому, вдосконалення тактики ліквідації наслідків зараження гірничих виробок вугільних шахт є актуальною науковою задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Істотний внесок у розвиток та створення методів попередження, тактики ліквідації наслідків хімічного зараження гірничих виробок вугільних шахт внесли вчені Науково-дослідного інституту гірничорятувальної справи «Респіратор», інших наукових установ України та зарубіжжя [2-5].

Механізм зараження гірничих виробок СДОР наданий в роботі професора Б. А. Грядущого [6], полягає в наступному. Проникнення СДОР з денної поверхні від хімічно небезпечних об'єктів в діючі гірничі виробки шахт можливе при їх первинному перенесенню повітрям, що поступає через стовбури, шурфи, свердловини, і підземними водами, що мають гідравлічний зв'язок з при поверхневими зараженими водами. Надходження СДОР через стовбур з повітрям можливо при їх аварійних і технологічних викидах в атмосферу в випадках поширення їх хмари головним чином силою вітру в область воронки всмоктування над стовбуром. Для шахт України потенційно небезпечними токсичними речовинами є: коксовий газ (склад: водень, метан, оксиди вуглецю, пари кам'яновугільної смоли, бензол, аміак, сірководень), аміак, хлор, нафталін, сірчисті з'єднання, оксиди азоту тощо. В Україні накопичено значні об'єми хімічних добрив, гербіцидів, інсектицидів та інших штучних матеріалів, що віднесені до категорії стійких органічних забруднювачів (СОЗ). Через можливість їх своєчасного виявлення біля стовбура і вжиття заходів щодо запобігання надходження зараженого повітря в шахту це джерело зараження гірничих виробок не становить серйозної небезпеки.

При зараженості міжпластових і тріщинних підземних вод, що дренуються стовбуром, токсичні речовини разом із водою, що стікає по стінках стовбура і в вигляді капежу, будуть надходити до зумпфа.

При різниці температур води і повітря в стовбурі можливе випарування і перехід в газову фазу деяких легко киплячих СДОР, що викликає зараження повітря і подальше розповсюдження токсичних домішок з рудниковим повітрям по мережі виробок. Аналогічні процеси можуть відбуватися при утриманні токсичних речовин в обводнених погашених виробках, що мають вихід до стовбура. При розташуванні поблизу виробок тріщинних колекторів, в яких можливе накопичення токсичних речовин, при виході у виробки водопровідних тріщин відбувається зараження стінок, водного і вентиляційного потоку у виробках. До можливих джерел зараження гірничих виробок може служити вода в зумпфі при її перепуску в іншу виробку або внаслідок випарування токсичних речовин в повітря над дзеркалом води. Не претендуючи на повноту, представлений механізм дозволяє обґрунтовано вважати, що основні шляхи надходження токсичних речовин в гірничі виробки пов'язані з їх перенесенням підземними водами.

В дослідженнях НВО «Респіратор» були визначені загальні основні вихідні фактори, що визначають тактику гірничорятувальних робіт у вугільних шахтах, а саме: вид надзвичайної ситуації, осередок аварії, зона ураження, кількість і місця знаходження потерпілих, схема провітрювання аварійної ділянки і стан вентиляційних споруд, спосіб дегазації аварійної ділянки і її стан, гірничо-геологічні умови залягання вугільного родовища (кількість розроблених пластів корисної копалини, кут падіння пластів та їх потужність, газорясність, склад вміщуючих порід тощо), гірничотехнічні умови відпрацювання шахтного поля (схема розтину і система відпрацювання, схема провітрювання шахтного поля, довжина, перетин і стан кріплення гірничих виробок тощо), підготовленість шахти і аварійної ділянки до ліквідації можливих аварій, наявність сил і засобів гірничорятувальних частин, час виявлення аварії і виклику гірничорятувальних частин, час прибуття членів допоміжної гірничорятувальної команди і перших підрозділів гірничорятувальних частин на аварійну ділянку. Найменші прорахунки і помилки при виборі тактики гірничорятувальних робіт можуть звести нанівець зусилля персоналу шахт і гірничорятувальних служб, привести

до швидкого розвитку та ускладнення аварії, значних втрат робочого часу, економічним збиткам, людським жертвам та іншим негативним непередбачуваним наслідкам аж до переростання аварії в катастрофу [7].

Встановлено, що 70 % вугільних шахт України потенційно небезпечні за їх хімічним зараженням. У гірничі виробки шахт СДОР можуть потрапити: через гірничі породи з поверхні шляхом природної фільтрації і перенесення підземними водами; через діючі і погашені стовбури, шурфи, незатампоновані свердловини, тріщини в гірничих породах з підземними або ґрунтовими водами; через стовбури, шурфи і свердловини при їх викидах в атмосферу, ґрунти або водну систему.

Огляд літературних джерел вказує, що в останні роки наукові дослідження щодо цього питання не проводилися. Невирішеною залишається проблема організаційно-технічного забезпечення такого роду аварійно-рятувальних робіт, однак, загроза зараження підземних виробок не зменшилась. Навпаки, ведення з 2014 року військових дій в гірничодобувних районах, зупинення видобутку вугілля в прифронтових шахтах, збільшує вірогідність зараження поверхні і гірничих масивів та виробок.

Мета статті – вдосконалення тактики ліквідації наслідків зараження гірничих виробок вугільних шахт токсичними речовинами, що дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок заскочених людей, підвищити безпеку роботи гірничих рятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств і екологічні наслідки.

Методи дослідження. Під час проведення досліджень, для розв'язання поставлених задач, в комплексі застосовувалися загальнонаукові та спеціальні методи, зокрема: методи індукції (на етапі збору, систематизації і обробки інформації для проведення досліджень) та дедукції (у процесі теоретичного осмислення проблеми), системно-аналітичний, порівняльний аналізи, метод аналізу визначень тощо.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Аналіз гірничо-геологічних умов розробки родовищ Донбасу показав, що усі вугільні шахти небезпечні за виникнення екзогенних та ендегенних пожеж, більшість – вибухів метаноповітряної або пилOMETANOПОВІТРЯНОЇ суміші [8-10]. Чималою загрозою є підземні пожежі і вибухи, при яких утворюється значна кількість токсичних сполук вуглецю, сірки, азоту та інших речовин, руйнуються вентиляційні споруди типу шлюзів, кросингів, перемичок, що сприяє загадуванню мережі виробок та вироблених просторів.

Ускладнення у вигляді пожеж у важкодоступних місцях визначає зтяжний характер робіт з їх локалізації та ліквідації. Складні аварії супроводжуються не тільки руйнуванням вентиляційних споруд, завалами виробок, порушенням водовідливу. Внаслідок дії цих чинників значні об'єми мережі гірничих виробок заповнюються токсичними та задушливими газами, а водні потоки насичуються небезпечними речовинами, наприклад сірководнем.

Постановка задачі та її розв'язання. Для вирішення поставленої мети, а саме: вдосконалення тактики ліквідації наслідків зараження гірничих виробок вугільних шахт токсичними речовинами, що дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок заскочених людей, підвищити безпеку роботи гірничих рятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств і екологічні наслідки, було зазначено наступні задачі:

- проаналізувати схему основних шляхів проникнення та розповсюдження сильнодіючих отруйних речовин в гірничих виробках вугільних шахт;
- розглянути хід ліквідації аварій, пов'язаних із загазовуванням виробок токсичними продуктами підземних вибухів та пожеж;
- розробити тактико-технологічну схему ліквідації наслідків хімічно-небезпечної аварії у гірничих виробках вугільних шахт;
- проаналізувати теоретичні та практичні результати дослідження.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів. Підземні води вугільних родовищ відносяться головним чином до

тріщинувато-пластових і характеризуються великою кількістю водоносних горизонтів, сполучених через систему гірничих виробок і тріщин тектонічного і експлуатаційного походження. Тріщинуватість в Центральному районі Донбасу розвинена на глибину понад 1000 м. З глибиною водообільність гірничих виробок зазвичай зменшується. Зони геологічних порушень, особливо при поєднанні диз'юнктивних і плікративних змін зазвичай характеризуються високою водопровідністю, які залежать від ступеню розкриття тріщин, які утворюються під впливом напружень розтягування та зсуву.

На всіх досягнутих глибинах ведення гірничих робіт зрушення порід покрівлі розповсюджуються до поверхні, що визначає утворення техногенної тріщинуватості на всю підроблену товщу. Здебільшого це тріщини та міжблокові розшарування [11].

Дані обставини визначають доцільність доповнення існуючого механізму зараження гірничих виробок СДОР. Додатково слід передбачити при розробці планів ліквідації аварій вірогідність масштабних розвинених підземних аварій, що супроводжуються ускладненнями (рис. 1).

Поширення СДОР в гірничі виробки вугільних шахт створює складну аварійну ситуацію. Отруйні речовини в гірничих виробках можуть перебувати в газоподібному, пароподібному, аерозольному, крапельно-рідкому і рідкому станах. Вони потрапляють в організм людини через органи дихання, шкірні покриви, слизові оболонки, ранові поверхні і шлунково-кишковий тракт.

Ступінь і характер ураження організму залежать від особливостей токсичної дії СДОР, їх фізико-хімічних характеристик і агрегатного стану, концентрації парів і аерозолів в повітрі, концентрації у водах, тривалості їх впливу, шляхів проникнення в організм.

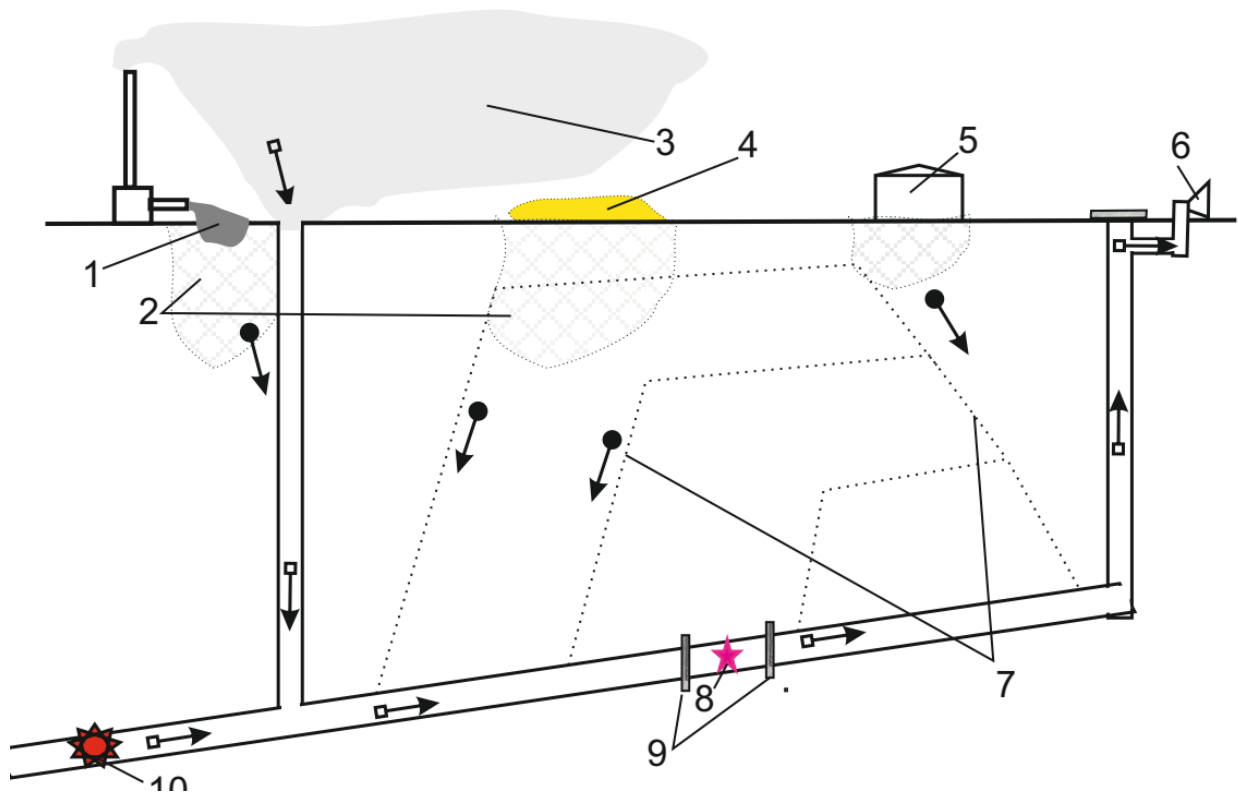


Рисунок 1 – Схема основних шляхів проникнення та розповсюдження сильнодіючих отруйних речовин в гірничих виробках вугільних шахт: 1, 3 – джерело, відповідно скидів і викидів СДОР на поверхні; 2 – область забруднення ґрунтів і приповерхневих вод; 4 – сховище СО₂; 5 – нафтобаза; 6 – вентилятор; 7- техногенні тріщини – колектор СДОР; 8 – підземна пожежа; 9 – ізоляційні споруди; 10 – вибух пилOMETANOПОВІТРЯНОЇ суміші; стрілками вказані основні шляхи руху рідин та газів

Особливістю хімічно небезпечної аварії є швидкість формування вражаючих факторів, що викликає необхідність прийняття екстрених заходів щодо рятування людей та ліквідації наслідків аварії. Тому, дії керівників ліквідації наслідків зараження СДОР гірничих виробок повинні бути спрямовані на: порятунок захоплених аварією людей та надання їм необхідної допомоги; ідентифікацію хімічних речовин; визначення зони зараження; прогноз розвитку аварії; розвідку осередку аварії; встановлення безпечного аварійного режиму провітрювання гірничих виробок ділянки та шахти; локалізацію і дегазацію (нейтралізацію) отруйних речовин в гірничих виробках; ліквідацію джерел надходження СДОР в гірничі виробки; хімічний контроль за складом шахтного середовища (повітря, води, гірничих порід).

На тактику ведення робіт з ліквідації наслідків проникнення в гірничі виробки шахт СДОР впливають: місце розташування джерела зараження і його розміри, кількість і місця знаходження потерпілих, схема провітрювання шахти і аварійної ділянки та стан вентиляційних споруд, вид, фізико-хімічний і кількісний склад СДОР, підготовленість шахти і аварійної ділянки до ліквідації аварій, наявність сил, засобів індивідуального захисту органів дихання та шкіри від даного виду СДОР, спеціального обладнання гірничорятувальних частин для знезараження аварійних гірничих виробок, час виявлення аварії, час виклику гірничорятувальних частин, час прибуття членів допоміжної гірничорятувальної команди та перших підрозділів гірничорятувальних частин на аварійну ділянку тощо [7, 11].

Вибір засобів індивідуального захисту органів дихання та шкіри залежить від виду і концентрації СДОР в повітрі, водах, гірничих породах. Основними типами засобів індивідуального захисту органів дихання є: респіратори на стисненому кисні: Р-30, Р-34; апарати на стисненому повітрі: АІР-Ш, АСВ-2, АІР-317, АІР-327; саморятівники на хімічно зв'язаному кисні: РХС, 1 РVM KS, Сі-30 KS, ШСС-1П KS тощо. Основними типами засобів індивідуального захисту шкіри є: ізоляційний костюм ІК-АЖ, ізоляційний костюм КІХ-4, костюм захисний аварійний КЗА, комбінезон ізоляційний ІЕ-1, газозахисний костюм ГЗК тощо [12].

Хімічною розвідкою визначають місцезнаходження джерела зараження і розміри зони зараження; місцезнаходження, число заскочених аварією людей і шляхи їх евакуації, проводиться відбір проб повітря, води, гірничих порід, визначається вид, якісний і кількісний склад СДОР.

Узагальнюючи надані дані можна запропонувати наступну тактико-технологічну схему ліквідації наслідків хімічно-небезпечної аварії у гірничих виробках вугільних шахт.

При визначенні тактики ведення робіт з ліквідації наслідків проникнення СДОР в гірничі виробки шахт проводиться оцінка ймовірності і прогнозуються можливі шляхи розвитку аварії, вибираються і реалізуються заходи щодо локалізації, усунення джерела зараження та ліквідації наслідків зараження гірничих виробок.

Тактико-технологічна схема ліквідації наслідків хімічно-небезпечної аварії у гірничих виробках вугільних шахт відображає чотири етапи виконання робіт. Перший етап – дії особового складу шахтної гірничорятувальної станції (далі – ШГС), працівників шахти при проникненні СДОР в гірничі виробки. Другий етап – дії особового складу Державної воєнізованої гірничорятувальної служби (далі – ДВГРС) при ліквідації хімічно небезпечної аварії. Третій етап – спільні дії особового складу ДВГРС та персоналу шахти щодо локалізації і дегазації (нейтралізації) від СДОР гірничих виробок. Четвертий етап – спеціальна обробка (знезараження) людей, майна, техніки і обладнання після виконання гірничорятувальних робіт з ліквідації наслідків хімічно небезпечної аварії.

І ЕТАП. Дії особового складу ШГС, робітників і посадових осіб шахти при наявності СДОР в гірничих виробках.

0-1 – організувати вивід людей членами ШГС із заражених СДОР виробок (ділянок):

(0-01) 1 – оповістити про аварію підрозділ ДВГРС, що обслуговує шахту. Викликати членів ШГС з інших ділянок, забезпечити їх перекидання шахтним транспортом до місця аварії;

(0-1) 2 – доставити з поверхні на підземну базу засоби індивідуального захисту органів дихання та шкіри, знезаражувальні матеріали;

(0-1) 3 – організувати медичне обслуговування гірників і посадових осіб, виведених із заражених ділянок;

(0-1) 4 – встановити вентиляційний режим ділянки і шахти, передбачений планом ліквідації аварії;

(0-1) 5 – підготувати транспортні засоби для виїзду гірників і спуску особового складу ДВГРС виробками зі свіжим струменем повітря;

(0-1) 6 – підготувати і перевірити справність обладнання для подачі води, повітря, піни, сорбційних матеріалів в шахту;

(0-1) 7 – забезпечити контроль за складом шахтного повітря експрес-методами;

(0-1) 8 – виставити пости безпеки для запобігання проникнення сторонніх осіб в заражені СДОР виробки;

(0-1) 9 – забезпечити вибухо-та пожежобезпечність проведення робіт.

II ЕТАП. Дії особового складу ДВГРС при ліквідації хімічно небезпечної аварії.

1-2 – Провести розвідку гірничих виробок, заражених СДОР, і вивести гірників з аварійних ділянок:

(1-2) 1 – вивести застряглих робітників і посадових осіб шахти із заражених СДОР виробок (ділянок) і надати їм першу медичну допомогу;

(1-2) 2 – прокласти лінії дистанційного відбору проб шахтного повітря із заражених виробок; постійно контролювати вміст СДОР в шахтному повітрі експрес-методами;

(1-2) 3 – організувати відбір проб шахтного повітря, води, гірничих порід, їх доставку в лабораторії ДВГРС та СЕС;

(1-2) 4 – встановити контроль за витратою повітря в заражених виробках;

(1-2) 5 – організувати підземну базу і газоаналітичну лабораторію, обладнати і оснастити їх необхідним майном, знешкоджуючими матеріалами і засобами індивідуального захисту органів дихання та шкіри від дії СДОР;

(1-2) 6 – доставити з поверхні в гірничі аварійні виробки (ділянки) обладнання для подачі води, піни, сорбційні і будівельні матеріали (пісок, гірничі породи, цемент, фосфогіпс тощо), засоби індивідуального захисту органів дихання та шкіри, знешкоджуючі матеріали;

(1-2) 7 – організувати розчистку і звільнення підходів до місць, заражених СДОР;

(1-2) 8 – розглянути можливі варіанти знезараження ділянок, локалізації і нейтралізації СДОР, ізоляції гірничих виробок;

(1-2) 9 – забезпечити вибухо- та пожежобезпечність при підготовці до дегазації гірничих виробок.

III ЕТАП. Спільні дії особового складу ДВГРС та персоналу шахти щодо локалізації СДОР і дегазації гірничих виробок.

2-3 – Локалізація хімічного зараження і дегазація (нейтралізація) гірничих виробок шахти:

(2-3) 1 – обмежити поширення газоподібних СДОР гірничими виробками;

(2-3) a1 – поглинути СДОР в парогазовій фазі дрібнодисперсною водяною завісою;

(2-3) b1 – провести ізоляцію заражених ділянок перемичками;

(2-3) 2 – обмежити розтікання рідких СДОР гірничими виробками;

(2-3) A2 – провести ізоляцію рідких СДОР пінами;

(2-3) b2 – організувати збір рідких СДОР в герметичні контейнери або шахтні вагонетки;

(2-3) B2 – провести поглинання СДОР в рідкій фазі шаром сипучих адсорбційних матеріалів (гірничі породи, пісок, шлак, керамзит тощо);

(2-3) 3 – виконати роботи з дегазації гірничих виробок, заражених СДОР:

(2-3) a3 – вплинути на заражені поверхні (ділянки) високотемпературним газовим потоком, що генерується парогазовими генераторами (ГІГ-4, ГІГ-1500);

(2-3) b3 – провітрити заражені гірничі виробки із застосуванням аварійних вентиляційних режимів;

(2-3) в3 – розвести рідкі СДОР водою;

(2-3) г3 – поглинути парогазову фазу СДОР дрібнодисперсним вугільним пилом, інгібованим інертним пилом тощо;

(2-3) 4 – вести постійний контроль експрес-методом концентрації СДОР в шахтному повітрі; відібрані проби повітря, води і гірничих порід направляти в лабораторію ДВГРС для лабораторного аналізу;

(2-3) 5 – підготувати заражені СДОР гірничі виробки до можливої ізоляції на тривалий час;

(2-3) 6 – підготувати нейтралізуючі речовин і засоби для проведення повної спеціальної обробки працюючих, техніки, майна і обладнання;

(2-3) 7 – забезпечити вибухо- і пожежобезпеку при дегазації гірничих виробок.

IV ЕТАП. Проведення спеціальної обробки людей, майна, техніки та обладнання після виконання гірничорятувальних робіт з ліквідації хімічної аварії.

3-4. Спеціальна обробка людей, майна, техніки та обладнання після ліквідації хімічно небезпечної аварії:

(3-4) 1 – провести повну санітарну обробку людей;

(3-4) 2 – провести дегазацію засобів індивідуального захисту органів дихання та шкіри;

(3-4) 3 – провести знезараження апаратури контролю, засобів зв'язку, обладнання та інструментів постійного користування;

(3-4) 4 – контролювати нейтралізацію і знезараження повітря, води, гірничих порід, майна і обладнання переносними експрес-методами;

(3-4) 5 – підготувати засоби індивідуального захисту органів дихання та шкіри, засобів зв'язку, обладнання та інструментів постійного користування для подальшого застосування при ліквідації хімічно небезпечних аварій.

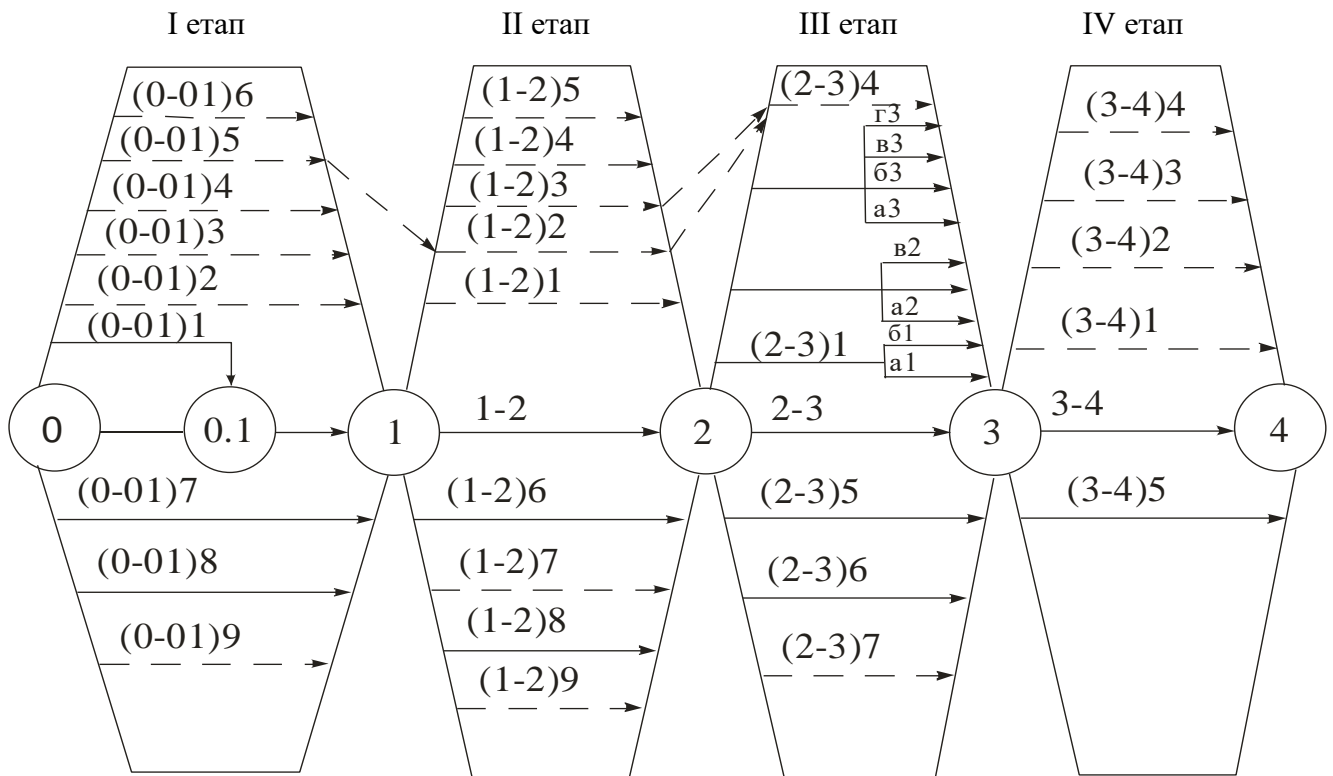


Рисунок 2 – Тактико-технологічна схема ліквідації наслідків хімічно-небезпечної аварії у гірничих виробках вугільних шахт

Таким чином, проведені дослідження дозволили розробити тактико-технологічну схему ліквідації наслідків хімічно небезпечної аварії у гірничих виробках вугільних шахт, що дає можливість підвищити безпеку і ефективність гірничорятувальних робіт при проникненні СДОР в гірничих виробках вугільних шахт.

Практичне значення отриманих результатів полягає у вдосконаленні тактико-технологічних схем ліквідації наслідків хімічно небезпечного зараження гірничих виробок вугільних шахт, що дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок застраждалих людей, підвищити безпеку роботи гірничих рятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств та екологічну небезпеку.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні розуміння механізму зараження гірничих виробок СДОР, який став підґрунтям у розв'язанні науково-прикладної задачі вдосконалення тактики ліквідації наслідків зараження гірничих виробок вугільних шахт, оперативного порятунку застраждалих людей, надійної безпеки роботи гірничих рятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшення економічних збитків підприємств, пов'язаних із втратою техніки, гірничих виробок і запасів вугілля, що підготовлені до виїмки, а також великих аварійних збитків, які пов'язані із простоями лав або несвоєчасною підготовкою фронту очисних робіт. Вперше розглянуто хід ліквідації аварій, пов'язаних із загазовуванням виробок токсичними продуктами підземних вибухів газопилових сумішей та пожеж.

Висновки. Вдосконалення тактики ліквідації наслідків ліквідації наслідків хімічно небезпечного зараження гірничих виробок вугільних шахт дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок заскочених людей, підвищити безпеку роботи гірничорятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств, які пов'язані із втратою машин, механізмів, обладнання, гірничих виробок і запасів вугілля, що підготовлені до виїмки, в виїмкових полях, що інтенсивно відпрацьовуються, великих аварійних збитків, які пов'язані із простоями лав або несвоєчасною підготовкою фронту очисних робіт.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Долженков А. Ф., Негрей Т. А. Анализ основных направлений создания безопасных условий труда подземных рабочих угольных шахт. *Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал*. Вип. №1(36)-2(37). Красноармійськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2015. С. 123-129.
2. Santosh Kumar Ray, Niroj Kumar Mohalik, Asfar Mobin Khan, Debashish Mishra, Nikhil Kumar Varma, Jai Krishna Pandey, Pradeep Kumar Singh. (2020) CFD modeling to study the effect of particle size on dispersion in 20l explosion chamber: An overview. *International Journal of Mining Science and Technology*, Volume 30, Issue 3, Pp. 321-327. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.04.005>.
3. Sofiiskii K. K., Stasevich R. K., Griadushchyi B. A., Savochenko R. O., Yurchenko A. A. Mining and trigeneration of gases in mine takes and mines. *Geotech. Meh.*, 2019, 149, 48-57.
4. Belle B. Underground mine ventilation air methane (VAM) Monitoring – An Australian Journey towards Achieving Accuracy. *Coal Operators' Conference*, University of Wollongong. Australia, 2014. pp. 230-242.
5. Грядущий Б. А. Опасные и вредные факторы подземной добычи угля в технологическом, социальном и экологическом аспектах. Донецк: ЦБНТИ в угольной промышленности, 1994. 158 с.
6. Крупка А. А. Управление и организация ведения аварийно-спасательных работ: монография. Донецк: Донецкий НИИСЭ: ПК «Спектр», 2004. 179 с.
7. Зав'ялова О. Л., Костенко В. К. Механізм розвитку вибухів вугільного пилу в мережі гірничих виробок шахт. *Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. Праць. ІГТМ ім. М. С. Полякова НАН України*. Дніпро, 2017. вип. 135. С. 52-63.

8. Костенко В. К., Завьялова Е. Л., Костенко Т. В., Майборода А. А. Взрывы аэровзвесей при разработке метанообильных угольных пластов. Пожежна безпека. 2015. № 26. С. 86-96.
9. Антощенко Н. И., Бокий Б. В., Костенко В. К., Коптиков В. П., Завьялова Е. Л., Окалелов В. Н. Геомеханические и технологические условия газодинамических процессов в угольных шахтах: монография. Алчевск: ДонГТУ, 2010. 291 с.
10. Зав'ялова О. Л., Костенко В. К., Крупка А. А., Дузь Л. Є., Кралюк М. О. Тактика ліквідації наслідків вибухів газопилових сумішей у гірничих виробках вугільних шахт. *Науковий вісник ДонНТУ*. № 1(2)-2(3), 2020.
11. Яцюк О. П. Прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин у разі аварій на хімічно небезпечних об'єктах. Наукові доповіді НУБіП України, 2015.

REFERENCES

1. Dolzhenkov A. F., Negrey T.A. (2015) Study of work safety of underground workers coal mines [Analiz osnovnykh napravleniy sozdaniya bezopasnykh usloviy truda podzemnykh rabochikh ugol'nykh shakht] / *Visti Donets'koho hirnychoho instytutu: Vseukrayins'kyu naukovo-tekhnichnyy zhurnal*.no 1(36)-2(37).123-129. (in Russian).
2. Santosh Kumar Ray, Niroj Kumar Mohalik, Asfar Mobin Khan, Debashish Mishra, Nikhil Kumar Varma, Jai Krishna Pandey, Pradeep Kumar Singh. (2020) CFD modeling to study the effect of particle size on dispersion in 20l explosion chamber: An overview. *International Journal of Mining Science and Technology*, Volume 30, Issue 3, pp. 321-327.
3. Sofiiskii K. K., Stasevich R. K., Griadushchyi B. A., Savochenko R. O., Yurchenko A. A. Mining and trigeneration of gases in mine takes and mines. *Geotech. Meh.*, 2019, 149, 48-57.
4. Belle B. Underground mine ventilation air methane (VAM) Monitoring – An Australian Journey towards Achieving Accuracy. Coal Operators' Conference, University of Wollongong. Australia, 2014. pp. 230-242.
5. Gryadushchiy, B. A. (1994) Dangerous and harmful factors of underground coal mining in technological, social and environmental aspects [Opasnyye i vrednyye faktory podzemnoy dobychi uglya v tekhnologicheskoy, sotsial'nom i ekologicheskoy aspektakh]. Donetsk: TSBNTI v ugol'noy promyshlennosti, 1994. 158 p. [in Russian].
6. Krupka, A. A. (2004) Management and organization of emergency rescue operations [*Upravleniye i organizatsiya vedeniya avariynno-spatatel'nykh rabot*]: monografiya. Donetsk: Donetskiy NIISE: PK «Spektr». 179. [in Russian].
7. Zavyalova, O. L. & Kostenko, V. K. (2017) Mechanism of development of coal dust explosions in the network of mine workings [Mekhanizm rozvytku vybukhiv vuhil'noho pylu v merezhi hirnychykh vyrobok shakht]. *Heotekhnichna mekhanika: mizhvid. zb. nauk. prats'*. no 135. 52-63. (in Ukrainian).
8. Kostenko, V. K., Zav'yalova, Ye. L., Kostenko, T. V. & Mayboroda, A. A. (2015) Explosions of air suspensions during the development of methane-rich coal seams. [Vzryvy aerovzvesey pri razrabotke metanoobil'nykh ugol'nykh plastov]. *Pozhezhna bezpeka*. № 26, 86-96. (in Russian).
9. Antoshchenko, N. I., Boki, B. V., Kostenko, V. K., Koptikov, V. P., Zav'yalova, Ye. L., & Okalelov, V. N. [Geomekhanicheskiye i tekhnologicheskiye usloviya gazodinamicheskikh protsessov v ugol'nykh shakhtakh]: monografiya. Alchevsk: DonGTU, 2010. 291. (in Russian).
10. Zavyalova, O. L., Kostenko, V. K., Krupka, A. A., Duz, L. E., Kraliuk, M. O. (2020) Tactics of liquidation of consequences of explosions of gas-dust mixtures in mining workings of coal mines [Taktyka likvidatsiyi naslidkiv vybukhiv hazopylovykh sumishey u hirnychykh vyrobkakh vuhil'nykh shakht]. *Naukovyy visnyk DonNTU*. № 1(2)-2(3). (in Ukrainian).
11. Yatsyuk, O. P. (2015) Forecasting the consequences of spillage (emission) of hazardous chemicals in case of accidents at chemically hazardous facilities [Prohnozuvannya naslidkiv vylyvu (vykydu) nebezpechnykh khimichnykh rehovyn u razi avariyn na khimichno nebezpechnykh ob'yektakh]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*.

Viktor Kostenko¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Olena Zavalova¹, Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor,
Tetiana Kostenko², Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Maryna Kraliuk³, **Yaroslav Krupka³**,

¹Donetsk National Technical University,

²Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl
of the National University of Civil Defense,

³Odessa Research Institute of Forensic Examinations of the Ministry of Justice of Ukraine

TACTICS OF ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF CHEMICAL INFECTION OF MINING PRODUCTS OF COAL MINES

The purpose of the article is to improve the tactics of liquidation of the consequences of contamination of coal mines with toxic substances, which will allow timely and full rescue of trapped people, increase the safety of rescue workers in the aftermath of these accidents, reduce economic losses.

Research methods. During the research, to solve the tasks, the complex used general and special methods, in particular: methods of induction (at the stage of collecting, systematizing and processing information for research) and deduction (in the process of theoretical understanding of the problem), system-analytical, comparative analyzes, method of analysis of definitions, etc.

Results. The practical significance of the results is to improve tactical technological schemes to eliminate the effects of contamination of coal mines with toxic substances, which will timely and fully ensure the rescue of trapped people, increase the safety of rescue workers in the aftermath of these accidents, reduce economic losses.

The scientific novelty of the work is to solve the scientific and applied problem of improving tactics (technology) to eliminate the consequences of contamination of coal mines with toxic substances, which will timely and fully ensure the rescue of stuck people, increase safety of rescue workers in the aftermath of these accidents. reduce the economic losses of enterprises associated with the loss of equipment, mine workings and coal reserves prepared for excavation, in the excavation fields, which are intensively worked out, large emergency losses associated with lava downtime or untimely preparation of the front of treatment works. For the first time, the course of liquidation of accidents related to gassing of workings with toxic products of underground explosions and fires is considered.

Key words: *accident, coal mine, mine rescuers, mine workings, means of individual protection of respiratory organs and skin, strong toxic substances, chemical contamination.*