

ОГЛЯДИ, ЛЕКЦІЇ

УДК 622.235.2+615.9+574.4/5:001.5

**ЗАСТОСУВАННЯ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН
НОВОГО ПОКОЛІННЯ, ЇХНЯ ТОКСИЧНІСТЬ
ТА ЕКОБЕЗПЕКА****Павліченко О. Ф.****ДП «Український НАІ промислової медицини», м. Кривий Ріг**

У статті обґрунтовано необхідність вивчення питань гігієни праці при підготованні вибухових робіт на відкритих гірничих розробках з використанням сучасних вибухових матеріалів. Проаналізовано та узагальнено дані щодо здоров'я працівників гірничорудної промисловості залежно від умов праці. Представлено дані з джерел літератури щодо токсичної дії рецептурних компонентів вибухових речовин на лабораторних тваринах в експерименті та людину у виробничих умовах, у тому числі на об'єктах, умови праці на яких характеризуються схожими факторами виробничого середовища. Професійний контакт зі складовими компонентами вибухових речовин супроводжується розвитком ряду патологічних змін в організмі; в осіб, що працюють у зазначених умовах, відмічаються збільшення частоти та тривалості захворювань. Розглянуто й узагальнено особливості впливу вибухових речовин та продуктів їхнього вибухового розкладання на довкілля.

Ключові слова: умови праці, стан здоров'я, вибуховики, вибухові речовини, екологічна безпека

**Технології підготовки вибухових робіт
з використанням сучасних вибухових
матеріалів**

У сучасній гірничорудній промисловості здійснюється переорієнтація на використання безтритилових вибухових речовин (ВР) нового покоління, насамперед, емульсійних. Так, на кар'єрах України постійно зростають обсяги споживання ВР, основою яких є матричні емульсії [1–6]. Вони є сумішевими ВР та складаються з паливних і окиснювальних компонентів; матриця є основним компонентом і являє собою розчин аміачної селітри з добавками [2, 4, 5]. Для створення різних рецептур емульсійних ВР у матрицю можуть бути введені: гранульована аміачна селітра, кальцієва селітра, натрій азотнокислий, карбамід, масло індустріальне, дизельне паливо, оцтова кислота, складні ефіри гліцерину й вищих жирних кислот рослинного походження (соняшникова, льняна, рапсова олії) та ін. [4, 5].

Емульсії сенсibiliзують уведенням в них газогенеруючої добавки (найчастіше водного розчину нітриту натрію) під час заряджання свердловин. Унаслідок хімічної реакції через 20 – 40 хв у масі заряду виділяються пухирці азоту, які стискаються під дією ініціувального імпульсу і, таким чином, стають центром детонування заряду [5].

Виготовляється емульсійна ВР на місці проведення вибуху: її компоненти змішуються в змішувально-заряджальній машині (ЗЗМ) під час подачі

насосом у свердловину, де й перетворюються на ВР. Процес заряджання є механізованим і автоматизованим, дозуванням і зарядкою керує бортовий комп'ютер, що дозволяє уникнути контакту працівника з ВР [3–5].

Відповідно до Концепції безпеки застосування емульсійних ВР, емульсійна матриця вважається ВР, а для її виробництва й збереження повинні створюватись умови, які гарантують безпечність її використання [3].

Вибухові роботи на кар'єрах, що обслуговуються найбільшим в Україні підприємством зі здійснення підривних робіт – ПАТ «ПВП «Кривбасвибухпром», здійснюються з використанням як ВР, які містять тринітротолуол (ТНТ), так і емульсійних [3]. Оскільки ТНТ відноситься до токсичних речовин, які викликають розвиток професійних отруєнь, підприємства України, у тому числі Кривбасу, зменшують вміст ТНТ у вибухових матеріалах (ВМ) та застосовують переважно безтритилові емульсійні ВР – Емоніт і Україніт [1, 3, 6]. У цілому на ПАТ «ПВП «Кривбасвибухпром» використовується до 97 % безтритилових ВМ, 3 % ВМ, що містять ТНТ, вміст якого в останніх складає до 21 % [2]. Використання Україніту-ПП-2 дозволяє збільшити продуктивність та суттєво зменшити вартість підривних робіт [6].

Крім того, на Україні є інші підприємства, які виготовляють й застосовують емульсійні ВР за іноземними технологіями [6].

Умови праці та стан здоров'я працівників, що займаються веденням вибухових робіт

Вивченню стану здоров'я працівників гірничорудної промисловості, у тому числі вибуховиків, які наряду з впливом компонентів ВР зазнають дії підвищеної запиленості та загазованості повітря робочої зони, шуму, несприятливого мікроклімату, важкості й напруженості праці, та вирішенню проблеми його збереження приділяється увага в багатьох сучасних дослідженнях [7–11]. Однак більшість робіт присвячені оцінці стану здоров'я підземних гірників, і лише деякі з них — захворюваності робітників, що ведуть вибухові роботи в кар'єрах.

Ю. І. Кундієв і співавт. зазначають, що основною причиною професійних захворювань (ПЗ) працівників є незадовільний стан умов праці [12], домінуючими причинами якого є недосконалі технології, несправність машин і механізмів, невикористання засобів захисту, порушення режимів праці й відпочинку [12, 13]. Сукупність професійно-виробничих і екологічних факторів у поєднанні зі стресовими перевантаженнями, за даними ВООЗ, є причинами розвитку більшості хвороб; близько 40 % захворювань з тимчасовою непрацездатністю (ТН) є наслідком шкідливих умов праці [14]. Важливим напрямом медицини праці в більшості країн світу є попередження шкоди здоров'ю робітників від впливу умов праці для забезпечення їхнього соціального благополуччя [15].

З метою визначення кількісного вкладу несприятливих факторів виробничого середовища у формування захворюваності, останнім часом автори приділяють багато уваги оцінці та керуванню факторами ризику розвитку професійної й професійно-зумовленої патології [8, 9, 11, 15, 16]. Згідно з [17], показники стану здоров'я за результатами періодичних медичних оглядів та поглибленого вивчення захворюваності з ТН є пріоритетними з медично-біологічних показників, рекомендованих для оцінки професійного ризику залежно від гігієнічної оцінки умов праці.

Аналіз даних літератури за структурою, рівнями захворюваності з ТН, ПЗ та результатами медичних оглядів показав, що перші місця посідають переважно хвороби органів дихання, кістково-м'язової системи та сполучної тканини, кровообігу [7, 11, 13, 18]. Автори вказують на низьку опірність організму робітників гірничодобувних підприємств до дії шкідливих виробничих факторів,

унаслідок чого відмічається скорочення стажу розвитку ПЗ, значна поширеність хронічної патології за даними медичних оглядів та зростання ПЗ робітників гірничорудної промисловості України з 2000 року [7, 11].

Запиленість повітря робочої зони є провідним виробничим фактором, який впливає на здоров'я працівників, зайнятих видобутком корисних копалин. Наявність технологічних процесів, що супроводжуються утворенням аерозолів фіброгенної дії, обумовлює розвиток ПЗ, що, насамперед, представлені пиловою патологією органів дихання: хронічними обструктивними захворюваннями легень (пиловий бронхіт, емфізема), силікозами, пневмокніозами [11].

Вивчення умов праці робітників Жезкенсткого гірничо-збагачувального комбінату (ГЗК) у Казахстані показало перевищення вмісту пилу й газів у повітрі робочої зони в 40,8 % випадків; за фізичними факторами не відповідало нормам 39,4 % об'єктів, за шумом — 16,5 %, за мікрокліматом і освітленістю — 38,2 %, що зумовило зростання долі виробничо-зумовлених захворювань, зниження середньої тривалості життя працюючих. При аналізі захворюваності з ТН відмічено підвищення числа осіб, які часто й тривалий час хворіли. За результатами медичних оглядів серед нозологічних форм частіше реєстрували артеріальну гіпертонію, гострі респіраторні захворювання (ГРЗ), фарингіти, ларингіти, пневмонії, бронхіти, попереково-крижовий радикуліт. Показники ПЗ за 2002 — 2005 роки становили 32,7 на 10 тис. працюючих (по області — 11,9) [7].

При відкритому видобутку хромових руд концентрації пилу на робочих місцях вибуховиків коливалися від 6,2 до 12,7 мг/м³ [10]. За даними інших досліджень [11], висока запиленість повітря робочої зони зумовила достовірно більшу поширеність ($p < 0,01$) та підвищення ризику виникнення хвороб органів дихання у вибуховиків ($RR = 1,67$); у робітників цієї професії виявлено також значну долю хвороб органів травлення (10,3 %) та ознаки впливу шуму на орган слуху (понад 43 %).

Автори [8] встановили етіологічну долю (EF) пилового фактора в розвитку патології органів дихання в робітників гірничодобувних підприємств різних регіонів Росії, визначили критерії ранньої діагностики й ризику розвитку ПЗ респіраторного тракту в гірників: зрушення рН носового секрету в лужний бік, часті запально-дистрофічні зміни, дис-

баланс морфометричних показників слизової оболонки з десквамацією епітелію, переважання адаптаційної реакції підвищеної активації (більше 55 %), підвищення рівня секреторного імуноглобуліну А, зміна рівнів гуморальних факторів (підвищення альвеомуцину 3 EG5, зниження фібронектину), порушення мукоцільярного кліренсу та ін.

Професійні та професійно-зумовлені захворювання кістково-м'язової системи пов'язані з незадовільними умовами праці, а саме з наявністю постійних фізичних навантажень: підйом і переміщення вручну великої ваги, незручна робоча поза та ін. Такі хвороби позначаються на стані серцево-судинної системи, призводять до загального зниження працездатності; низька температура є фактором ризику, який провокує їхній розвиток.

За матеріалами [11], найпоширенішими серед хвороб XIII класу виявилися вертеброгенні захворювання попереково-крижової локалізації (45,4 %), а основними професіями, в яких відмічена їхня висока питома вага — вибуховики, гірники та ін.

За даними [19], захворювання кістково-м'язової системи працівників гірничорудної промисловості займають друге рангове місце в структурі захворюваності з ТН, найвищі показники випадків і днів непрацездатності (на 100 працюючих) мали місце в підземних гірників ($28,7 \pm 1,6$ та $399,7 \pm 5,3$ відповідно), менші — у наземних ($16,4 \pm 1,6$ та $224,5 \pm 6,5$). Автори відмічають високі рівні запиленості та загазованості повітря робочої зони.

Мікрокліматичні умови в кар'єрі є несприятливими: у жаркий період року температура повітря зі збільшенням глибини (до 200–300 м) зростає, досягаючи 42°C ; найбільша вологість повітря реєструється в перехідний період року (понад 85,7 %), швидкість руху повітря біля борту в холодний період року досягає $9,6$ м/с та більше [10]. По мірі зростання глибини підвищується концентрація токсичних газів; перевищення ГДКр.з. діоксиду азоту було відмічено в теплий період року на глибині 100 м. Високу вологість повітря автори [10] пов'язують з великою кількістю опадів та широким використанням засобів пилопригнічення, швидкість руху повітря — з постійним продуванням гірничих виробіток.

Встановлено, що внаслідок підвищення температури в зоні гірничих робіт у працівників спостерігається зростання показників функціонального навантаження на організм (частота пульсу, легенева вентиляція, витрати енергії), температури тіла.

Гірники, неадаптовані до дії підвищених температур, зазнають особливо значних перевантажень, які граничать з тепловим ударом.

А. В. Жеглова, яка оцінювала професійний ризик порушень здоров'я робітників гірничорудних підприємств за основними гемодинамічними показниками, відмічає достовірне ($p < 0,05$) збільшення індексу функціональних змін серцево-судинної системи, зниження вмісту ліпідів високої щільності, підвищення рівнів холестерину (загального й ліпопротеїдів низької щільності) та тригліцеридів зі збільшенням стажу. Встановлена достовірна різниця ($p < 0,05$) між артеріальним тиском робітників різних підприємств залежно від інтенсивності впливу комплексу виробничих чинників (фізичних факторів, промислових аерозолів, важкості праці); виявлені ранні клініко-лабораторні, функціональні маркери; обґрунтовані критерії ризику розвитку ПЗ та професійно-зумовлених захворювань; алгоритм прогнозу порушень здоров'я гірників за визначенням дозо-стажових діапазонів і ознак впливу виробничих факторів [9].

Останнім часом у літературі знайдені лише окремі публікації щодо виробничого впливу ТНТ на стан здоров'я працівників при підготованні масових вибухів на гірничорудних підприємствах, оскільки він був досить ґрунтовно вивчений в 60–80 роках минулого сторіччя [20]. При оцінці умов праці встановлено, що ТНТ у повітрі робочої зони знаходиться у вигляді аерозолі дезінтеграції, може забруднювати будь-які поверхні, спецодяг, шкіру рук; його концентрації в більшості випадків значно перевищували ГДК.

При хронічному отруєнні ТНТ уражаються органи зору, печінка, підшлункова залоза, кров, нирки, наднирники, шлунково-кишковий тракт, ротова порожнина, нервова та серцево-судинна системи [20, 21].

При вивченні стану здоров'я працівників, зайнятих у сільськогосподарському виробництві та хімічній промисловості, що мали контакт з азотистими сполуками, та умов праці яких характеризувалися схожими факторами виробничого середовища з гірничодобувною, вчені відмічають більш високі темпи зростання захворюваності за більшістю нозологічних форм [16, 18].

Так, серед робітників, зайнятих виробництвом нітрату амонію, експонованих дією хімічного та пилового факторів, шуму, несприятливого мікроклімату в поєднанні з важкістю й напруженістю

трудового процесу, незважаючи на професійний відбір їх за станом здоров'я при проходженні профоглядів, реєструються достовірно вищі рівні та відносний ризик виникнення хронічної захворюваності органів травлення — гастритів, дуоденітів, виразкової хвороби шлунка й дванадцятипалої кишки, холециститів, гепатохолециститів, ніж у працівників нехімічних виробництв [16], зростають рівні захворюваності з ТН, виявляються захворювання верхніх дихальних шляхів, нервової системи, шкіри, ендокринної системи, алергози [18, 20].

Таким чином, проблема збереження здоров'я робітників гірничорудної промисловості є надзвичайно актуальною. Разом з цим, нами не знайдено робіт з вивчення стану здоров'я працівників, які займаються веденням вибухових робіт на відкритих гірничих розробках з використанням сучасних ВМ, у тому числі емульсійних ВР. Це підтверджує необхідність вивчення умов праці та проведення оцінки стану їхнього здоров'я.

Особливості токсичної дії складових компонентів вибухових речовин на організм теплокровних тварин і людини

За ступенем дії на організм людини компоненти сучасних ВР відносяться до речовин різного класу небезпеки — від малонебезпечних до високонебезпечних. ТНТ — нітросполука ароматичного ряду, ГДКр.з. 0,5 мг/м³, II клас небезпеки; потрапляє в організм крізь неушкоджену шкіру, дихальні шляхи, частково через шлунково-кишковий тракт при заковтуванні його аерозолі; виводиться — з сечею у вигляді сполук із глюкуроною кислотою [21, 22]. ТНТ є метгемоглобіноутворювачем, викликає анемію, появу тілець Гейнца. Уміст метгемоглобіну в крові понад 2 % є характерним як для дії ТНТ, так і для аміачної селітри.

Зміни в органах і системах, за виключенням органу зору, не є специфічними. ТНТ властива загальнотоксична, шкірно-резорбтивна, нейротоксична дії; ранні й глибокі зсуви в обміні медіаторів (серотоніну, катехоламінів, ацетилхоліну) і вітамінів (В₁, В₂, В₆, С і РР) в організмі тварин, зміни електролітного обміну й активація розпаду білків у нервовій тканині. ТНТ — гепатотропна речовина, що діє безпосередньо на гепатоцити, викликає порушення проникності мембран і, як наслідок, вихід у кров ферментів [20, 21].

Токсичні гепатити у виробничих умовах протікають як хронічні, спостерігається дискінезія жовчних шляхів, підвищення активності трансаміназ, гіпербілірубінемія. Анемія, гіпоксемія, розлади антитоксичної функції печінки послаблюють живлення тканин і порушують проникність гістогематичних бар'єрів. Зазначені особливості органотоксичної дії ТНТ відтворені в хронічних експериментах на теплокровних тваринах. Встановлена індивідуальна чутливість до ТНТ, здатність ТНТ порушувати вуглеводний і білковий обмін, пригнічувати біологічну реактивність, обумовлювати депресію фагоцитарної реакції, знижувати рівень IgM, що свідчить про порушення імунних процесів [20, 21].

ТНТ накопичується в масі кришталику, волозі передньої камери; викликає дистрофію сітківки, запальні реакції судин ока, змінює їх проникність. Найчастішим ПЗ органа зору є ТНТ-катаракта, яка виникає вже через 4—5 років і може прогресувати після припинення контакту з ТНТ. Її ранньою ознакою є поява вакуолей і дрібних блискучих крапель у кришталику. Пізніше з'являються клиновидні помутніння, звернуті вістрям до осі кришталика: спочатку одне кільце біля екватора, потім інше — у центрі, крайня периферія залишається прозорою. З крові речовина потрапляє в рідину, що омиває кришталик, тому першими вражаються субкортикальні шари. Існує думка, що продукти метаболізму ТНТ утворюють з білками та гетерополісахаридами сполуки, які включаються в цитоплазму клітин і призводять до помутніння [20, 21].

Відбувається також ураження інших відділів ока: фіброз скловидного тіла, звуження полів зору, зниження темної адаптації, збліднення дисків зорових нервів, зміни в макулярній області, перілімбальній мережі. Розвиток токсичної катаракти залежить від тривалості та інтенсивності контакту з ТНТ, її прогресування знижує гостроту зору, призводить до інвалідності по ПЗ [20—22].

Альтернативою ТНТ у всьому світі є емульсійні ВР. Найбільша питома вага в їхньому складі належить нітратам; нітрит натрію — речовина, яка найчастіше використовується в рецептурі емульсійних ВР як газогенеруюча добавка [3]. Шляхи проникнення нітратів та нітритів в організм — інгаляційний, пероральний, через uszkodжену шкіру; виведення — з сечею і жовчю. За умов ведення вибухових робіт ці сполуки потрапляють в організм пра-

цівників переважно інгаляційним шляхом, їхня дія посилюється нітрит-нітратним екологічним навантаженням [23].

Мішенню згаданих речовин є майже всі органи й тканини, токсична дія супроводжується пригніченням тканинного дихання, зниженням антиоксидантного захисту, активацією перекисного окиснення ліпідів, формуванням метаболічного ацидозу, пошкодженням білків, розвитком гемічної гіпоксії внаслідок утворення метгемоглобіну, концентрація якого є основним маркерним показником нітрит-нітратної інтоксикації [24–26]. ГДКр.з. нітриту натрію (за NO_2) – 0,1 мг/м³, I клас небезпеки.

Механізм токсичної дії нітрат-іонів вивчений достатньо ґрунтовно: вивільнений оксид азоту, взаємодіючи з ферментами дихального ланцюга мітохондрій, циклу Кребса й сульфгідрильними групами білків, порушує метаболізм порфіринів. Нітрати є інгібітором мікосомальних монооксигеназ, їхня біотрансформація проходить за участю цитохрому Р-450. Трансформація нітратів у нітрити може відбуватися як в організмі, так і в зовнішньому середовищі. Система крові – перший захисний механізм, що працює завдяки високій сумарній антиокиснювальній здатності мембран еритроцитів зв'язувати нітрити. Виділяють первинну токсичність, обумовлену нітрат-іоном; вторинну – утворенням нітрит-іону, та третинну – утворенням з нітритів та амінів нітрозамінів [26].

Завдяки використанню як добрив нітрати посіли провідні місця в структурі забруднення сільгосппродукції [23, 27, 28] і джерел питного водопостачання [29]. Їхні підвищені концентрації можуть міститись в овочевих культурах, продуктах тваринництва [27, 30]. Це зумовлює необхідність нормування вмісту нітратів у добовому харчовому раціоні: безпечною дозою вважається 150 мг (не більше 1,7 мг/кг маси тіла) [30].

У шлунково-кишковому тракті нітрати відновлюються в більш токсичні нітрити, N-нітрозаміни, аміак, гідроксиламін [26]. Більшість авторів [23, 28, 30] указують на небезпеку цих проміжних продуктів метаболізму (канцерогенних і мутагенних сполук), свідчать відносно імуносупресивної дії з розвитком пухлинного процесу.

Нітрузокомпоненти сприяють розвитку патогенної кишкової мікрофлори, проникають через плацентарний та інші бар'єри; описано смертельні отруєння грудних дітей [23]. Для зменшення синте-

зу нітрозамінів у багатьох країнах світу були затверджені ГДК нітратів у сільськогосподарській продукції: капусти – 700 мг/кг, картоплі – 250 мг/кг; томатів – 150 мг/кг і т. д. [27].

Одним із провідних напрямів розвитку сучасної гігієни є вивчення особливостей комбінованої та комплексної дії хімічних речовин. Різні хімічні фактори в реальних умовах використання діють на організм одночасно, причому в результаті може спостерігатись підсумовування ефектів, їх антагонізм чи потенціювання [26]. У зв'язку з цим, наряду з вивченням ізольованої дії нітратів [31] чи нітритів [24, 25, 32], останнім часом увага багатьох авторів приділяється вивченню характеру впливу комбінації нітратів з іншими токсикантами на організм лабораторних тварин [26, 33].

Результати, отримані в експериментах на білих щурах при хронічній нітратній інтоксикації, свідчать про наявність структурно-функціональних та ультраструктурних змін внутрішніх органів [31]. Нітрати чинять гепатотоксичну та нейротоксичну дії; активують реакції катаболізму, знижують активність травних ферментів (лужної фосфатази, ентерокинази, ліпази), порушують вуглеводний обмін, підвищують рівні тригліцеридів і загального білірубину [29].

Морфологічні дослідження впливу нітратів на білих щурів при дії концентрацій 5 мг/добу протягом 3 місяців виявили нерівномірну забарвленість цитоплазми часток печінки, різну кількість шік-позитивних речовин у гепатоцитах, що зумовило мозаїчність часток. При дії концентрацій 50 мг/добу зміни були більш вираженими. Порушення гістоструктури печінки проявлялися реакціями неспецифічного запалення, дистрофією, деструкцією та некрозом окремих гепатоцитів, перенапруженням дезінтоксикаційної функції печінки [29].

У матеріалах експериментальних досліджень широко представлені ефекти впливу нітратів і нітритів на систему периферичної крові [25, 26, 32]. Показано, що підшкірне введення нітриту натрію в дозі 50 мг/кг через 1 год викликало в щурів гостру гемолітичну анемію зі зниженням гемоглобіну, гематокриту, числа еритроцитів і збільшенням їхніх передгемолітичних форм [32].

Нітрити активують клітинні механізми еритродієрезу, змінюють нормальну структуру мембран червоних клітин крові, стимулюють процес еритрофагоцитозу та адгезію макрофагів, впливають на

позитивний хемотаксис через систему цитоскелету макрофагів, модифікують мембрани лізосом, підвищують їхню проникність і вихід лізосомальних ферментів [24].

Авторами [26, 33] освітлені вікові особливості дії нітриту натрію на систему периферичної крові та поведінкові реакції нестатевозрілих щурів самців. Речовина вводилася перорально 30 діб у дозі 700 мг/кг. Уміст гемоглобіну в крові дослідних тварин та активність дегідратази δ -АЛК сироватки були достовірно ($p < 0,05$) меншими, ніж у контрольній групі тварин, а рівень метгемоглобіну й концентрація середніх молекул – достовірно ($p < 0,05$) вищими.

Результати підтверджуються науковцями [24], які окрім гемоглобінометрії оцінювали стан еритроцитарної системи в невагітних та вагітних щурів-самиць, які перорально отримували 0,2 % розчин нітриту натрію протягом 14 і 21 днів. Встановлено достовірне ($p < 0,05$) зростання концентрації нітратів у крові невагітних тварин (ммоль/л) з $7,3 \pm 0,97$ на 14 день до $7,9 \pm 0,57$ на 21 день при $1,1 \pm 0,11$ у контролі; до 14 дня відмічено достовірне ($p < 0,05$) підвищення світлосуми індукованої хемілюмінесценції еритроцитів. У вагітних щурів порівняно з інтактними вагітними щурами вираженість еритропенії та зниження гемоглобіну були більшими, виявлені зміни поверхневої цитоархітекτονіки червоних клітин, активація еритропоезу в кістковому мозку й селезінці.

Встановлено зв'язок між тривалою дією нітратів чи нітритів та порушенням репродуктивної функції [24, 25, 29], виявлені віддалені наслідки у вигляді фетотоксичної дії, наявності функціональних порушень у щурят [24, 25, 31]. Так, у роботі [25] показано, що в плодів і щурят, народжених від самиць, які отримували 0,2 % розчин нітриту натрію протягом 14 і 21 діб, була знижена маса тіла за рахунок окиснювального стресу, підвищилась кількість еритроцитів і гемоглобіну, активувався еритропоез, збільшилось відносне число оксифільних нормоцитів внаслідок гемічної гіпоксії, але до 21 дня життя наставала еритропенія з виснаженням резервів еритроїдного росту кровотворних органів.

Комбінована дія нітриту та нітрату натрію при надходженні в організм білих щурів із питною водою (на рівні 1; 5 і 10 ГДК) сприяє розвитку ауто-сенсibiliзації, порушує клітинну й гуморальну

ланки імунітету, призводить до накопичення імунних комплексів у крові тварин [34]. Сенсibiliзація розвивається через 1 місяць, зникає на 6 місяці лише в групі тварин, які отримували згадані сполуки на рівні ГДК.

Паралельно з дослідженням токсичної дії згаданих сполук в експериментах на лабораторних тваринах вченими ведеться пошук препаратів-протекторів (елеутерокок, амтізол), речовин, що сприяють елімінації нітратів [32] та пригнічують синтез нітрозамінів (аскорбінова кислота, токоферолі) [23].

Незважаючи на широке використання аміачної селітри як добрив і компонентів ВР, дослідженню її токсичної дії останнім часом приділяється мало уваги [18]. Нітрат амонію подразнює слизові оболонки, шкіру, верхні дихальні шляхи, чинить загальнотоксичну, кардіотоксичну, нефротоксичну, гепатотоксичну, сенсibiliзуючу дію, має слабку здатність до кумуляції, віддалені ефекти не встановлені, ГДКр.з. – 5 мг/м³, III клас небезпеки [18, 20].

ГДК дизельного палива (вуглеводнів аліфатичних граничних С1-С10 у перерахунку на вуглець) – 300 мг/м³, IV клас небезпеки; аерозолів нафтових мінеральних масел – 5 мг/м³, III клас небезпеки. Токсична дія вуглеводнів викликає зміни в ЦНС, ендокринній і серцево-судинній системах, формулі крові, печінці. При контакті з нафтопродуктами виникає небезпека подразнюючої та шкірно-резорбтивної дії [2, 35]. Перкутанна дія емульсії нафти на білих щурів-самців у дозі 4250 мг/кг (30 діб) викликала активацію каталази та N-ацетил-b-D-глюкозамінідази в сироватці крові за рахунок дестабілізації мембран лізосом, знижувала захисні функції та адаптаційні можливості організму [35].

Отже, більшість компонентів емульсійних ВР віднесені до III класу небезпеки і є менш токсичними, ніж ТНТ. У літературі є мало робіт щодо характеру комбінованої дії нітратів та нітритів на організм теплокровних тварин, а вивчення особливостей їхньої токсичної дії в складі напівфабрикатів емульсійної ВР Емоніт не проводилось взагалі. Використання Нітродапу (відходів виробництва нітрит-нітратних солей натрію) у складі емульсійних ВР забезпечить раціональне використання промислових відходів, що сприятиме поліпшенню охорони довкілля, тож обґрунтування доцільності його використання замість більш токсичного нітриту натрію є дуже актуальним.

Екологічні аспекти впливу вибухових речовин та продуктів їхнього вибухового розкладання

Згідно з інформацією Держкомстату, м. Кривий Ріг займає провідні місця в Україні з забруднення довкілля, відноситься до міст з найнебезпечнішою екологічною ситуацією, що склалася в результаті тривалого (більше 100 років) інтенсивного видобутку й переробки залізної руди. За даними управління екології міськвиконкому [36], усього по місту нараховується близько 3,6 тис. джерел забруднення атмосферного повітря, з яких 0,9 тис. — неорганізованих.

Більшість авторів [1–4, 10, 36, 37] акцентують увагу на тому, що під час проведення масових вибухів з використанням будь-яких ВР здійснюються викиди шкідливих речовин і пилу в атмосферне повітря, які за даними державної статистичної звітності в 2006 році склали 557 тис. т. Доля забруднення атмосфери промислового регіону Кривого Рогу від вибухів досягає 5–8 % і охоплює 100–150 км² території міста [1, 36].

Вибухові роботи в кар'єрах є періодичним забруднювачем довкілля внаслідок викидання пилу й продуктів детонації ВР. Рудний і породний пил — основний аерогенний політант, містить понад 10 % діоксиду кремнію. За малої маси вибуху забруднення може локалізуватися в межах кар'єра, погіршуючи умови праці на робочих місцях, а за великої — поширюватися на величезні території, створюючи екологічну небезпеку для живих організмів через зміну складу атмосфери, гідросфери та ґрунтів поза кар'єром [1, 2, 36].

Внаслідок вибуху в повітря піднімається пилогазова хмара, яка вносився вітром та осідає на бортах кар'єра й території найближчих мікрорайонів. Вчені приводять різні оцінки масштабів забруднення при масових вибухах залежно від мас ВР. При вибуху 1000 т ВР забруднюється близько 40 млн м³ атмосферного повітря з перевищенням ГДК у десятки разів, загальний об'єм пилогазової хмари перевищує 2,5 млн м³, її поширення досягає 15 км і більше.

За даними ДП НДІБПГ, на 1 м³ породи утворюється від 0,027 до 0,170 кг пилу, до 80 % часток якого менше 1,4 мкм; у випадку підривання 400 т ВР вміст оксиду вуглецю у верхній частині пилогазової хмари досягає — 0,03–0,04 %, оксидів азоту — 0,007 %, а концентрація пилу — 2000 мг/м³.

Залежно від впливу різноманітних факторів питома пилоутворення на 1 кг ВР за розрахунками одних авторів становить 0,043–0,254 кг породного аерозолу, інших — 0,080–0,320 кг [2, 5, 110]. Вибуховий пил може бути токсичним, якщо гірнична порода, що зазнає вибуху, у своєму складі містить небезпечні хімічні елементи та внаслідок адсорбції на його поверхні отруйних газів [2].

Згідно з даними [37], викиди пилу й газу при вибуховому подрібненні 1 т скельної гірничої маси в кар'єрах Кривбасу коливаються від 21,0 г/т до 29,9 г/т; а виділення пилу з кар'єра при розробці 1 т гірничої маси — від 8,9 г/т до 20,1 г/т; при кожному вибуху в навколишнє середовище викидається до 3–5 т пилу й бурового шламу на кожну 1 тону ВР. Як наслідок, концентрації пилу фіброгенної дії в атмосферному повітрі в 1,2–5 разів перевищують ГДК. При використанні ВР, що містять ТНТ, може утворюватися також пил хімічних речовин, що входять до їхнього складу; емульсійні ВР не утворюють такого пилу [5].

Під час вибуху з 1 кг ВР утворюється 700–1100 л газів, що складає близько 85 % від загальної кількості продуктів вибуху, з яких 10 % є токсичними [1, 2]. Основними причинами утворення останніх є незавершеність реакцій вибуху з неповним окисненням горючих елементів, несприятливі умови застосування, незбалансованість за кисневим балансом (чим ближчий він до нуля, тим менше утворення газів) [3].

Від'ємний кисневий баланс ТНТ є найвищим серед промислових ВР, тому при його розкладанні виділяється найбільша кількість продуктів вибуху, що разом з високою токсичністю самої хімічної сполуки зумовило вилучення її з переліку промислових ВР у розвинутих країнах [1, 2].

Продукти вибуху ТНТ містять оксиди вуглецю й азоту, нітроефіри та вуглець у вигляді сажі. При розкладанні 1 кг речовини в атмосферу виділяється близько 800 л газів, з яких 300 л — оксиди азоту та вуглецю. У перерахунку на оксид вуглецю об'єм шкідливих газів становить 74 л/кг ВР [10]. На підприємствах гірничорудної промисловості Казахстану для видобутку хромової руди відкритим способом як ВР застосовуються грамоніт 79/21, ігданіт, амоніт, які містять ТНТ, аміачну селітру й горючі добавки, та в ході вибуху яких в атмосферу викидаються оксиди вуглецю — 22 л/кг ВР, оксиди азоту — 6 л/кг [3].

При вибуховому розкладанні 1 кг емоніту СТП-021-02 марки Н в атмосферне повітря також виділяється близько 828 літрів газів (марки А – 888 літрів газів), але при цьому кількість токсичних газів у перерахунку на умовний оксид вуглецю становить не більше 5 літрів (марки А – 3 літрів).

За даними інших досліджень [4], кількість токсичних речовин у продуктах вибуху грамоніту 79/21 становить 42 л/кг, грамоніту 50/50 – 362 л/кг; при вибуху емульсійних ВР марок ЕРА вона є значно меншою й коливається в межах 5,2 – 21,1 л/кг. У цілому вибухи з застосуванням емульсійних ВР дають у 10–30 разів менше шкідливих викидів, ніж ті, що містять ТНТ [1].

Збільшення загазованості й запиленості повітря призводить до підвищення рівнів захворюваності працюючих у кар'єрах та населення в гірничодобувних районах. У зв'язку із цим активно ведеться пошук шляхів зниження екологічної небезпеки та розробка технологічних способів зменшення об'ємів викидів шкідливих газів при виробництві масових вибухів [1].

Так, як нейтралізатори токсичних газів, що утворюються під час руйнування гірничих порід вибухом, запропоновані гашене вапно, крейда, сода, водні розчини карбаміду, перекису водню, аміаку; сульфат натрію та гідроксид кальцію, які ефективно вступають у реакцію хімічної взаємодії з компонентами пилогазової хмари. З технологічних заходів більш поширеними є підривання на неприбрану гірничу масу, використання для забивки крупнозернистих матеріалів і гідрогелю, нижнє ініціювання зарядів, зрошення об'єктів пилоутворення водою з поверхнево-активними речовинами, створення гідрозавіс вентиляторамі-зрошувачами та установками імпульсного дощування [1].

При застосуванні засобів ініціювання зарядів ВР з капсулем-детонатором (КД), що містить як первинну ВР азид свинцю, до складу вибухових газів можуть входити його токсичні сполуки. Сучасні системи ініціювання забезпечують більш високу керованість вибухами та безпечні в екологічному відношенні [5]. Використання неелектричних систем на основі ударно-хвильових трубок (УХТ) сприяє більш повному хімічному перетворенню ВР, зменшенню утворення токсичних газів порівняно з ініціюванням детонувальним шнуром (ДШ).

У випадку застосування ВР, до складу яких, окрім ТНТ, входить нітрат амонію, в обводнених свердловинах відбувається його часткове розчинення та вимивання ґрунтовими водами, особливо якщо масиви гірничих порід є тріщинуватими, а в разі його попадання у відкриті водоймища порушуються процеси самоочищення останніх [2]. Інші автори [35] відмічають, що кар'єрні води, які утворилися при видобуванні руди, можуть містити нафтопродукти, що в подальшому призводить до забруднення ґрунту, сільськогосподарських культур, ускладнює екологічну ситуацію [38].

Винесення розчину аміачної селітри із свердловинних зарядів грамонітів марок 30/70, 50/50 і 79/21 досягає 23–52 %, що складає 6 – 25 т. На залізорудних кар'єрах Кривбасу її вимивання з зарядів гранульованих ВР у минулі роки становило 500–1500 кг на 1 годину для типового блока [2]. На територіях з розвинутою гірничорудною промисловістю вода колодязів та інших джерел водопостачання характеризується підвищеним вмістом нітратів [23].

Попереднє зневоднення свердловин сприяє зниженню винесення нітратів гранульованих ВР з проточною водою [1–3]. Емульсійні ВР є негігроскопічними, тому вони майже не вимиваються [6].

Автори [2] вказують на екологічну небезпеку утилізації мішкотари та інших відходів, що утворюються під час підготування ВМ. Їхнє спалювання забруднює атмосферу продуктами згоряння, а рідкі відходи, що утворюються при очищенні ЗЗМ, зливаються в заряджені свердловини, звідки можуть потрапляти в породу та підземні води, несучи небезпеку навколишньому середовищу.

Отже, останнім часом проблеми забруднення довкілля продуктами вибуху ВР та пошук шляхів їхнього вирішення привертають увагу багатьох науковців.

Таким чином, виходячи з наведених даних літератури, можна зробити висновок, що вивчення умов праці робітників, зайнятих підготуванням вибухових робіт на відкритих гірничих розробках з використанням сучасних вибухових матеріалів, є надзвичайно актуальним. Потребують подальшого вивчення питання визначення професійного ризику розвитку захворювань та розробки на основі отриманих даних рекомендацій з поліпшення умов праці і оздоровлення згаданої категорії працівників.

Література

1. Козловская Т. Ф. Пути снижения уровня экологической опасности в районах добычи полезных ископаемых открытым способом / Т. Ф. Козловская, В. Н. Чебенко // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського.- 2010.- № 6 (65).- Частина 1.- С. 163-168.
2. Поплавський В. А. Джерела небезпеки для навколишнього середовища під час поводження з вибуховими матеріалами / В. А. Поплавський // Інформаційний бюлетень з промислової безпеки.- 2009.- № 1 (13).- С. 21-27.
3. Поплавський В. А. Характеристика чинників небезпеки конверсійних і промислових вибухових речовин / В. А. Поплавський // Інформаційний бюлетень з промислової безпеки.- 2006.- № 4.- С. 29-45.
4. Опыт применения бестротилового эмульсионного взрывчатого вещества марки «ЕРА» на взрывных работах при зарядании скважин механизированным способом с использованием смесительно-зарядных машин / Л. Н. Шиман, Е. Б. Устименко, Л. И. Подкаменная [и др.] // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського.- 2007.- № 5 (46).- Частина 1.- С. 113-117.
5. Устименко Е. Б. Особенности свойств ЭВВ для безопасного применения их при взрывных работах / Е. Б. Устименко, Л. Н. Шиман, А. Л. Кириченко // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського.- 2009.- № 2 (55).- Частина 1.- С. 86-89.
6. Гуменнік І. Л. Вплив діаметра свердловинних зарядів на якість вибухового руйнування гірських порід в умовах переходу від штатних гранульованих на емульсійні вибухові речовини / І. Л. Гуменнік, О. П. Стрілець // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського.- 2009.- № 6 (59).- Частина 1.- С. 155-158.
7. Оценка общей и профессиональной заболеваемости на предприятиях горнорудной промышленности Казахстана / Ж. Е. Баттакова, А. А. Исмаилова, З. К. Султанбеков [и др.] // Медицина труда и промышленная экология.- 2008.- № 2.- С. 1-5.
8. Федина И. Н. Оценка риска формирования патологии органов дыхания у промышленных рабочих / И. Н. Федина, И. А. Журихина, А. В. Гаврилов // Гигиена и санитария.- 2010.- № 1.- С. 67-68.
9. Жеглова А. В. Профессиональный риск и критерии нарушения здоровья работников горнорудной промышленности / А. В. Жеглова // Медицина труда и промышленная экология.- 2009.- № 5.- С. 14-18.
10. Гигиеническая оценка трудовой деятельности работников, занятых открытой добычей и обогащением хромовой руды / М. К. Жалимбетов, Ж. Жарылкасын, Е. Н. Сраубаев [и др.] // Медицина труда и промышленная экология.- 2008.- № 2.- С. 11-14.
11. Аскарова З. Ф. Заболеваемость работников горно-обогатительного предприятия по результатам углубленных медицинских осмотров / З. Ф. Аскарова, Э. Р. Шайхлисламова, А. Х. Хусаинова // Медицина труда и промышленная экология.- 2008.- № 5.- С. 19-23.
12. Кундієв Ю. І. Професійне здоров'я в Україні та шляхи його покращення / Ю. І. Кундієв, А. М. Нагорна, В. І. Чернюк // Журнал АМН України.- 2007.- Т. 13.- С. 464-475.
13. Кундієв Ю. І. Професійне здоров'я в Україні. Епідеміологічний аналіз / Ю. І. Кундієв, А. М. Нагорна.- К.: Авіцена, 2006.- 316 с.
14. Зіменковський Б. Перспективи профілактичної медицини в Україні / Б. Зіменковський, М. Гжегоцький, І. Солонинко // СЕС. Профілактична медицина.- К., 2010.- № 3.- С. 48-51.
15. Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals. IPCS. Environmental health criteria № 210.- Geneva: WHO, 1999.- 495 pp.
16. Помыткина Т. Е. Производственно обусловленные заболевания органов пищеварения у работников химических производств Западной Сибири / Т. Е. Помыткина, А. Н. Першин // Гигиена и санитария.- 2010.- № 1.- С. 62-66.
17. Профессиональный риск для здоровья работников: руководство; под ред. Н. Ф. Измерова, Э. И. Денисова.- М.: Тривант, 2003.- 448 с.
18. Тулакин А. В. Гигиенические проблемы производства и применения минеральных удобрений / А. В. Тулакин, Л. Е. Механтеева // Гигиена и санитария.- 2008.- № 1.- С. 42-45.
19. Здоровье работающих в горнодобывающей промышленности Сибири и Крайнего Севера / В. С. Рукавишников, С. Ф. Шаяхметов, В. А. Панков [и др.] // Медицина труда и промышленная экология.- 2004.- № 6.- С. 6-10.
20. Высочин В. И. Профилактика тринитротолуоловой интоксикации при добыче железной руды: дисс. на соискание учен. степени канд. мед. наук: спец. 14.00.07 «Гигиена» / В. И. Высочин; Киевский НИИ гигиены труда и проф. заболеваний.- К., 1987.- 251 с.
21. Алиева З. А. Профессиональная патология органа зрения / З. А. Алиева, А. П. Нестеров, З. М. Скрипниченко.- М.: Медицина, 1988.- 288 с.
22. Місюра Е. А. Професійна тринітротолуолова катаракта / Е. А. Місюра // Актуальні проблеми діагностики та лікування професійних захворювань: посібник для лікарів; під ред. проф. М. Г. Карнауха.- Кривий Ріг, 2009.- С. 79-81.
23. Коваленко О. М. Нітрат-нітритна екологічна проблема та можливі шляхи її вирішення / О. М. Коваленко // Довкілля та здоров'я.- 2006.- № 2.- С. 76-80.

24. Иванова А. С. Состояние свободнорадикальных процессов и эритрона у беременных крыс и их плодов при хронической нитритной интоксикации / А. С. Иванова, О. Г. Ситникова, С. Б. Назаров // Гигиена и санитария.– 2008.– № 4.– С. 72–75.
25. Иванова А. С. Влияние длительной нитритной интоксикации на эритроцитарную систему беременных крыс и их потомство / А. С. Иванова, О. А. Пахрова, С. Б. Назаров // Гигиена и санитария.– 2007.– № 2.– С. 63–66.
26. Янчук В. В. Особливості комбінованої дії нітрату натрію та ацетату свинцю в інфантильних щурів / В. В. Янчук, Л. І. Власик // Гігієна населених місць. Випуск 51.– К., 2008.– С. 204–209.
27. Проблема забруднення овочевої продукції нітратами / Л. Г. Засипка, Ю. М. Ворохта, Л. В. Степанова [та ін.] // Проблеми харчування.– 2008.– № 3–4.– С. 32–34.
28. Barret J. Nitrate in drinking water and the incidence of gastric, esophageal and brain cancer in Yorkshire, England / J. Barret, R. Parslow, P. Mc Kinney [et al.] // Cancer Causes Control.– 1998.– V. 9 (2).– P. 153–159.
29. Засипка Л. Г. Метаболічні та патоморфологічні прояви впливу чинників ризику на здоров'я населення північного Причорномор'я / Л. Г. Засипка // Вестник гигиены и эпидемиологии.– 2009.– Т. 13, № 1.– С. 63–70.
30. Засипка Л. Г. Вміст прекурсорів монооксиду азоту NO у раціонах харчування / Л. Г. Засипка, В. В. Бабієнко, Ю. М. Ворохта // Довкілля та здоров'я.– 2009.– № 4.– С. 66–69.
31. Влияние хронического действия нитратов на потомство экспериментальных крыс / Л. И. Арчакова, С. А. Новаковская, Т. Е. Кузнецова [и др.] // Морфология.– 2008.– Т. 133, № 4.– С. 54–55.
32. Исследование свойств синтетических кобальтовых комплексов порфирина и фталоцианина при острой нитритной интоксикации и эндотоксическом шоке в эксперименте / О. А. Пахрова, И. К. Томилова, Е. Л. Алексахина [и др.] // Гигиена и санитария.– 2008.– № 4.– С. 75–78.
33. Гігієнічне значення комбінованої дії нітрату натрію та хлориду кадмію з урахуванням вікових особливостей та характеру метаболізму / Л. І. Власик, Т. І. Кметь, О. М. Жуковський [та ін.] // Буковинський медичний вісник.– 2010.– Т. 14, № 3.– С. 99–102.
34. Винарська О. І. Експериментальне вивчення змін в імунній системі за перорального надходження в організм нітриту, нітрату натрію та хлороформу / О. І. Винарська, Л. Є. Григоренко // Довкілля та здоров'я.– 2005.– № 3.– С. 11–15.
35. Каждно-резорбтивное действие нефти на некоторые биохимические и иммунологические показатели организма экспериментальных животных / Н. В. Русаков, И. А. Крятов, З. И. Коганов [и др.] // Гигиена и санитария.– 2011.– № 1.– С. 86–88.
36. Экологические и социально-гигиенические проблемы и пути оздоровления крупного промышленного региона: монография / [А. Е. Лысый, С. А. Рыженко, И. П. Козырин и др.]– Кривой Рог, 2007.– 428 с.
37. Карнаух М. Г. Умови праці і здоров'я працюючого населення та шляхи профілактики професійних захворювань / М. Г. Карнаух // Актуальні проблеми діагностики та лікування професійних захворювань: посібник для лікарів ; під ред. проф. М. Г. Карнауха.– Кривий Ріг, 2009.– С. 6–19.
38. Гигиеническая оценка воздействия нефтяных углеводородов на сельскохозяйственные культуры / Н. В. Русаков, Г. Е. Мерзлая, Р. А. Афанасьев [и др.] // Гигиена и санитария.– 2007.– № 6.– С. 60–62.

Павличенко Е. Ф.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ, ИХ ТОКСИЧНОСТЬ И ЭКОБЕЗОПАСНОСТЬ

ГП «Украинский НИИ промышленной медицины», г. Кривой Рог

В статье обоснована необходимость изучения вопросов гигиены труда при подготовке взрывных работ на открытых горных разработках с использованием современных взрывчатых материалов. Проанализированы и обобщены сведения о состоянии здоровья работников горнорудной промышленности в зависимости от условий труда. Представлены данные литературных источников о токсичном воздействии рецептурных компонентов взрывчатых веществ на лабораторных животных в эксперименте и человека в производственных условиях, в том числе на объектах, условия труда на которых характеризуются сходными факторами производственной среды. Профессиональный контакт с составными компонентами взрывчатых веществ сопровождается развитием ряда патологических изменений в организме; у лиц, которые работают в указанных условиях, отмечаются увеличения частоты и длительности заболеваний. Рассмотрены и обобщены особенности влияния взрывчатых веществ и продуктов их взрывного разложения на окружающую среду.

Ключевые слова: условия труда, состояние здоровья, взрывники, взрывчатые вещества, экологическая безопасность

Pavlichenko H. F.

USE OF EXPLOSIVES OF NEW GENERATION, THEIR TOXICITY AND ECOSAFETY

Ukrainian Research Institute of Industrial Medicine, Krivoy Rog

The necessity to study problems of occupational health in the preparation to blasting works in open mining with the use of modern explosive materials is grounded in the paper. The data on the state of health of workers of mining industry, depending on work conditions, have been analyzed and generalized. The literary data on the toxic effect of components of explosives on the laboratory animals in experiments and on humans in production conditions are laid down, including also working conditions characterized by similar factors of production environment. The professional contact with components of explosives is accompanied by development of a number of pathological changes in the body; the increase of rates and duration of diseases are recorded in persons working in the mentioned conditions. The peculiarities of the effect of explosives and products of their explosive decomposition on the environment have been considered and summarized.

Key words: work conditionals, health status, blasters, explosives, ecological safety

Надійшла: 21.05.2012 р.

Контактна особа: Павліченко Олена Феодосіївна, науковий співробітник, лабораторія токсикології, Український НДІ промислової медицини, вул. Виногорова, 40, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50096. Тел.: 0564 53 12 06. E-mail: ekspertizavf@ukr.net