

ДУ “Інститут невідкладної і відновної хірургії імені В. К. Гусака НАМН України”  
Донецький національний медичний університет імені М. Горького

### ОСОБЛИВОСТІ КОМБІНОВАНОЇ ТРАВМИ В ШАХТАРІВ ПРИ ВИБУХАХ МЕТАНО-ВУГІЛЬНОЇ СУМІШІ

ОСОБЛИВОСТІ КОМБІНОВАНОЇ ТРАВМИ В ШАХТАРІВ ПРИ ВИБУХАХ МЕТАНО-ВУГІЛЬНОЇ СУМІШІ – Наслідки вибухів метану та вугільної суміші за характером комбінованих уражень та критичних станів слід вважати найтяжчими, що займають перше місце серед промислового травматизму. Аналіз клінічних досліджень та експериментальних досліджень, представлений різними авторами, довів взаємообтяжливу дію опіку, вибухової травми, отруєння чадним газом, термоінгалаційного ураження. Синдром взаємного обтяження не є результатом простого складання функціональної недостатності окремих органів і систем, а є взаємозумовленим патофізіологічним процесом. Незважаючи на розвиток медицини, і на сьогодні не з'ясовано питання перебігу ранового процесу при комбінованій вибуховій травмі у шахті.

ОСОБЕННОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ ТРАВМЫ У ШАХТЕРОВ ПРИ ВЗРЫВАХ МЕТАНО-УГОЛЬНОЙ СМЕСИ – Последствия взрывов метана и угольной смеси по характеру комбинированных поражений и критических состояний следует считать наиболее тяжелыми, которые занимают первое место среди промышленного травматизма. Анализ клинических исследований и экспериментальных исследований, представленный разными авторами, показал взаимообтягивающее действие ожога, взрывной травмы, отравления угарным газом, термоингалационного поражения. Синдром взаимного обтяжения не является результатом простого сложения функциональной недостаточности отдельных органов и систем, а является взаимообусловленным патофизиологическим процессом. Несмотря на развитие медицины, до настоящего времени не выяснены особенности течения раневого процесса при комбинированной взрывной шахтной травме.

FEATURES OF COMBINED INJURY IN THE MINERS AT METHANE-COAL MIX EXPLOSION – The consequences of the explosions of methane and coal-mixture by the nature of the combined lesions and critical conditions should be considered the most difficult to take these signs first place among the industrial injury. Clinical trials and experimental studies presented by various authors, showed reciprocal effects of burns, blast injuries, smoke inhalation, thermal destruction of the respiratory system. Syndrome of mutual weights is not the result of merely adding the functional failure of individual organs and systems, and is interdependent pathophysiological process. Despite medical progress, there have not yet been clarified the features of the course of wound healing when combined explosive mine trauma.

**Ключові слова:** комбіноване ураження, опіки, шахтарі.

**Ключевые слова:** комбинированная травма, ожоги, шахтеры.

**Key words:** combined trauma, burns, miners.

Тенденція розвитку паливно-енергетичного комплексу за останнє десятиріччя в Україні свідчить, що реальним стратегічним гарантом енергетичної незалежності та безпеки є вугілля і супутній йому метан, запаси якого в надрах вугільних басейнів, за даними державних науково-дослідних інститутів, складають від 10 до 15 трлн м<sup>3</sup>. Метан, що знаходиться у вугільному масиві у вигляді газу, рідини та в твердому стані, при веденні шахтних робіт виділяється і його накопичення при певних умовах призводить до небезпечних наслідків, у тому числі до вибухів. Високий ступінь

небезпеки вугільного виробництва зумовлений метаноносністю вугільних пластів і порід. Часто трапляється непрогнозоване виділення метану і раптові викиди вугілля й газу. Відбувається інтенсивне пилотворення при виконанні технологічних процесів, особливо при видобуванні вугілля і прохідних роботах. Шахтний фонд України за геологічними умовами й іншими якісними критеріями безпеки є найнесприятливішими серед вугільних басейнів із 80-ти вугледобувних країн світу [1, 2].

Виходячи з вищенаведеної інформації, вибухи метано-вугільної суміші на шахтах України неминучі. Наслідки вибухів метану та вугільної суміші за характером комбінованих уражень та критичних станів слід вважати найтяжчими, що займають перше місце серед промислового травматизму [3]. Аналіз клінічних досліджень та експериментальних досліджень на тваринах, виконаний авторами, показав взаємообтяжливую дію опіку, вибухової травми (баротравма та механічні пошкодження), отруєння чадним газом, термоінгалаційне ураження. Хоча загибель шахтаря може спричинити кожний з вищенаведених чинників [4–6].

Основна причина вибуху в шахті – підвищення концентрації метану до вибухового рівня (5–15 %), зумовлене випорожненням газу з порід, що знаходяться під величезним тиском. Найбільша потужність вибуху виникає при концентрації 9,5 % і температурі 650–700 °С. Механізм вибуху, за даними авторів, являє собою чергу подій. При вибусі у повітрі газу інтенсивно поширюються в усі напрямки й утворюють зону стислого та розпеченого повітря. Тиск за фронтом вибухової хвилі миттєвим стрибком підвищується до максимуму, а швидкість перевищує звукову. Коли вибухові газу досягають максимального поширення, тиск у зоні вибуху падає нижче атмосферного, а швидкість добігає нуля. При цьому за зоною тиску виникає зона пониженого тиску, а прилегли до неї шари стиснутого повітря починають рухатися у зворотному напрямку. Тривалість цих фаз характерна і вимірюється часткою секунди. Вибухова хвиля – основний носій енергії вибуху, а її характеристикою є тиск у фронті. За фронтом вибухової хвилі рухається стиснуте повітря, що утворює динамічний напір. Вибухонебезпечним агентом, що забруднює атмосферу шахти, є вугільний пил. Найбільша потужність вибуху відбувається при наявності 300–400 г пилу на м<sup>3</sup> повітря, загорання суміші відбувається при температурі 700–900 °С. Вибух метану здійснює пил і запалює його, при цьому температура полум'я сягає 2650 °С. Експозиція дії полум'я у рухомій зоні горіння триває доли секунди, що зумовлює переважно дермальні опіки в постраждалих шахтарів. Як правило, це опіки відкритих частин тіла: обличчя, кисті. Якщо через високу температуру середовища (38–40 °С) людина працює без одягу, чи його зриває вибухова хвиля – опіки більш

поширюються. В деяких випадках займається одяг, такі опіки в шахтарів глибокі дермальні. При втраті свідомості й займанні одягу постраждали отримують також субфасціальні опіки [3, 7–11].

При вибухах у шахтах значно змінюється склад атмосфери в результаті горіння вугільного пилу та газу, порушується провітрювання. Особливо небезпечно накопичення окислу вуглецю більше 5 %, крім того, в атмосфері шахти через високу температуру утворюються продукти неповного згорання цитотоксичних ненасичених вуглеводнів [3]. Усі постраждали шахтарі отримують термоінгаляційну травму, яка відрізняється особливою тяжкістю ураження нижніх дихальних шляхів на рівні субсегментарних бронхів та альвеол [4–7].

Таким чином, вибухова травма у шахті має три основних поражаючих чинники: механічний – вибухова хвиля, посилена в замкнутому просторі, що спричиняє баротравму, термічний – полум'я вибуху, пожежа, надвисока температура навколишнього середовища. Хімічний – продукти згорання вугілля, утворення шкідливих газів. Поєднання цих чинників викликає комбіновану термомеханічно-токсичну травму, ускладнену опіковим або травматичним шоком [3–6, 8].

Ще один важливий чинник, що зумовлює особливу тяжкість термомеханічної травми – вимушена пролонгація надання медичної допомоги. Середня тривалість часу з моменту аварії до прибуття бригади гірничних рятівників складає у середньому 2–3 год. Віддаленні лави сучасних шахт розміщені на 7–10 км від центрального стволу, що значно сприяє збільшенню часу транспортування постраждалих під землю і розвитку різних ускладнень. Із слів російських колег відстрочка при наданні медичної допомоги постраждалим з комбінованою травмою в одну годину від моменту аварії збільшує летальність на 30 %, від 1 до 3 год – на 60 %, а у випадку більше 6 год – летальність сягає 90 %.

За даними Г. О. Можаяєва і дослідників Луганської школи, багатофакторні ураження – це сполучення опіків шкіри з ураженням органів дихання і отруєнням продуктами згорання. Подібні ураження при вибухах і пожежах називають термотоксичною травмою. Смерть постраждалих у багатьох випадках в найвищому відсотку настає протягом 48–72 год, до завершення періоду шоку [3].

Вивчаючи аналіз травм у шахтах Кузбаського вугільного басейну, автори в своїх роботах показали, що тяжкість опікового шоку посилюється клінічною картиною отруєння чадними газом, вираженою дихальною, циркуляторною і тканинною гіпоксією у зв'язку з опіком дихальних шляхів, грубими порушеннями гемодинаміки й ураженням крові чадним газом. Гемічна гіпоксія при цьому варіанті опікового шоку має особливо тяжкий характер і призводить до летального наслідку в перші дві доби [12, 13].

У багатьох випадках смерть постраждалих від механічних уражень внаслідок вибуху настає миттєво або в перші години після травми. Далі на перший план у лікуванні виступає термічна травма з ураженням дихальних шляхів та отруєнням продуктами згорання, отримані не смертельні механічні ураження відіграють

подальшу роль у розвитку синдрому “взаємного обтяження” [14, 15].

Первинний механізм сполучених дій різних чинників на клітині являє собою інтеграцію різних за походженням порушень, котрі проявляються у вигляді посиленої та прискореної у своєму розвитку монопатології. З цієї точки зору синдром взаємного обтяження, що проявляється при перебігу комбінованого ураження, вже в момент травми має основний ефект сполученої дії вражаючих чинників – “критичні системи” регуляції життєдіяльності організму. В обпечених шахтарів патологічний процес поступово перебігає не за формулою “опік на тлі травматичної хвороби” або навпаки, а у вигляді одночасних і взаємозумовлених функціональних і морфологічних проявів уражень обох видів. Ця точка зору дозволяє уточнити уявлення про “прискорення” розвитку основних ланцюгів патогенезу травматичної хвороби під впливом, або “затримання” регенерації опікових ран під впливом патологічного процесу. Пришвидшення розвитку патологічних симптомів, велика кількість порушень при наступній їх реалізації призводить до нової якості – створення більш тяжкого, спричиненого більшим масштабом уражень патологічного процесу. Швидкість процесу залишається незмінною, але його тяжкість зростає і відповідає тій, котрої досягло ізольоване механічне і опікове ураження через кілька днів, коли в процес залучаються нові субклітинні утворення [16, 17].

З експериментальних досліджень та клінічних спостережень видно, що легкі механічні травми майже не змінюють тяжкість опікової хвороби, а середні й тяжкі ураження призводять до кількісного впливу, прискорюючи або обважнюючи типові прояви опікової патології. Проведені авторами дослідження на тваринах свідчать, що при одночасному ураженні полум'ям і вибуховою хвилею шок може бути незворотним вже при наявності глибокого опіку на площі близько 10 % поверхні тіла, в той час як у звичайних умовах це не є травмою, що призводить до розвитку опікового шоку. У постраждалих в стані опіково-травматичного шоку відбуваються виражені порушення з боку гемо- і лімфодинаміки, внутрішньопечінкового кровообігу, метаболізму, кислотно-основного стану крові й лімфи, функціональні порушення печінки і нирок. Ці порушення розвиваються вже в перші хвилини після травми, сягаючи піку до 3 год після неї, і без відповідного лікування здатні призвести до летального результату [16, 18, 19].

В основі грубих порушень обмінних процесів при комбінованій травмі є тканинна гіпоксія, що швидко розвивається. Прояви дихальної дисфункції різної міри наявні при будь-якому вигляді комбінованого ураження [12]. При морфологічному дослідженні легеневої тканини загинувших від тяжких комбінованих опікових уражень встановили, що патологічні зміни у вигляді розривів альвеол і набряку носять множинний і генералізований характер. Окрім цього, автори відмітили розвиток тривалого спазму артеріол, а також мікротромбоз капілярів легенів через 2–4 год після комбінованого ураження, навіть у разі раннього проведення протишокової терапії [20, 21].

Одним з головних чинників патогенезу комбінованої травми є ендогенна інтоксикація, яка в умовах

наростаючої ішемії під час шоку багато в чому зумовлена порушенням бар'єрної функції кишечника, і, як наслідок з цього, транслокацією в порталний кровотік мікроорганізмів та ендотоксинів [22, 23]. У результаті неспроможності при цьому печінкових макрофагів відбувається їх приєднання в загальну систему кровообігу і запускається каскад ендотоксикозу на рівні тканинного метаболізму [16].

На думку дослідників, комбіновані ураження, гіпоксія і стрес-реакція, що супроводжує термічне пошкодження, є пусковими механізмами активації перекисного окиснення ліпідів. Індуковані ланцюгові реакції вільнорадикального окиснення призводять до деформації ліпопротеїнового комплексу мембран, що, у свою чергу, збільшує їх вільну проникність для іонів й інгібує ферменти, що беруть участь у реакціях окиснювального фосфоритування. Отже, синдром взаємного обтяження не є результатом простого складання функціональної недостатності окремих органів і систем, а є взаємозумовленим патологіологічним процесом [17, 24, 25].

Перший пік летальності при вибуховій травмі у шахтні припадає на першу годину, коли смерть настає миттєво або протягом перших декількох хвилин, що спричинено тяжкістю травматичного ураження життєво важливих органів. У цей період, за даними багатьох авторів, помирає близько 60 % травмованих. Другий пік припадає на перші декілька годин перебування у стаціонарі. Саме в цей період при своєчасній діагностиці можливе радикальне усунення внутрішньочерепних гематом, порожнинних кровотеч, пневмо- і гемотораксу. Третій пік смертності виникає через декілька днів або тижнів після травми і зазвичай походить від синдрому поліорганної недостатності або сепсису. Недивлячись на адекватне надання спеціалізованої допомоги, смертність на цьому етапі сягає 70 % з числа тих, кого госпіталізували в спеціалізоване відділення [26, 27].

Незважаючи на розвиток медицини, і на сьогодні нез'ясовано питання перебігу ранового процесу при комбінованій вибуховій травмі у шахті, відсутня єдина концепція відносно тактики і вибору оптимальних методів лікування обпечених шахтарів, профілактика ускладнень, не вирішена низка питань щодо вдосконалення організації медичної допомоги на етапах евакуації, критерії вибору найоптимальніших методів, що забезпечують зниження летальності.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Івашин В. М. Как предотвратить аварийность на угольных шахтах Украины / В. М. Івашин, Ю. В. Івашин, Г. П. Штапаук // Науковий вісник НГУ. – 2009. – № 8. – С. 32–36.
2. Івашин В. М. Роль человеческого фактора в охране труда в угольной промышленности / В. М. Івашин, А. А. Ануфриенко, Г. П. Губкина // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 12. – С. 40–47.
3. Неотложная медицинская помощь пострадавшим при авариях и катастрофах / [Можаев Г. А., Заболотный В. Н., Дьяконов В. П., Малыш И. Р.]. – К. : Здоров'я, 1995. – 286 с.
4. Величко М. М. Тактика оказания экстренной медицинской помощи на догоспитальном этапе при авариях с большим числом пострадавших в угольных шахтах / М. М. Величко, Э. Я. Фисталь, В. Д. Шаповалов // Проблемы военной охраны здоровья. – 2002. – № 1. – С. 133–140.
5. Неотложная хирургическая помощь обожженным на этапах медицинской эвакуации / Э. Я. Фисталь, Г. Е. Самойленко, В. В. Солошенко, Н. Н. Фисталь // Український журнал екстремальної медицини імені Г. О. Можаєва. – 2004. – Т. 5, № 1. – С. 31–34.
6. Политравма у обожжених при взрыве метана в шахтах / В. К. Гусак, Э. Я. Фисталь, В. П. Шано [та ін.] // Проблеми військової охорони здоров'я. – 2002. – № 1 – С. 143–150.
7. Комплексное лечение и реабилитация шахтеров, пострадавших при взрывах метано-угольной смеси / В. К. Гринь, Э. Я. Фисталь, В. В. Солошенко [та ін.] // Энергия инноваций. – 2008. – № 5. – С. 50–54.
8. Гусак В. К. Особенности ожогов при массовых травмах / В. К. Гусак // Вестник неотложной и восстановительной медицины. – 2000. – Т. 1, № 2. – С. 3–6.
9. Принципы оказания помощи пострадавшим при массовых термических поражениях на угольных шахтах Донбасса / В. К. Гусак, Э. Я. Фисталь, И. И. Сперанский [и др.] // Матеріали ХІХ з'їзду хірургів України. – Харків, 2000. – С. 313–314.
10. Особенности оказания экстренной медицинской помощи шахтерам с комбинированной травмой на этапах эвакуации / В. Н. Ельский, Н. Н. Шпаченко, В. Г. Климовицкий [та ін.] // Вестник неотложной и восстановительной медицины. – 2005. – Т. 6, № 2. – С. 231–235.
11. Ивойлов В. М. Медико-социальные проблемы травматизма шахтеров Кузбасса и пути их решения : автореф. дис. на соиск. науч. степ. доктора. мед. наук : спец. 14.02.01 "Гигиена" / В. М. Ивойлов. – Москва, 1997. – 46 с.
12. Галеев И. К. Совершенствование системы медицинского обеспечения : дис... доктора мед. наук : 05.26.02. "Безопасность в чрезвычайных ситуациях" / Ильгиз Кадырович Галеев. – Кемерово, 2001. – 254 с.
13. Анализ причин и пути снижения летальности при многофакторном термическом поражении (термотоксической травме) / [Лапотко В. П., Кричевский А. Л., Галеев И. К. и др.]. – Кемерово : Метод. центр, 2001. – 35 с.
14. Лужников Е. А. Острые отравления / Е. А. Лужников, Г. Н. Суходолова. – Москва : Эксмо, 2009. – 560 с.
15. Галимуллин Ф. З. Оптимизация организации медицинской помощи пострадавшим в шахтах Печорского угольного бассейна в период реструктуризации производства : автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.33 "Общественное здоровье и здравоохранение" / Ф. З. Галимуллин. – Казань, 2004. – 24 с.
16. Интенсивная медицинская помощь: проблемы и решения : материалы II Всерос. науч.-практ. конф., 7-8 окт. 2004, г. Ленинск-Кузнецкий / [ред. совет: Агаджанян В. В., д-р мед. наук, проф. и др.]. – Новосибирск : Издатель, 2004. – 349 с.
17. Комбинированные ожоговые поражения / [Иванцов В. А., Шанин Ю. И., Сидельников В. О. и др.]. – СПб.: Сотис, 2004. – 142 с.
18. Смольников В. В. Пути оптимизации госпитальной медицинской помощи при критических ожогах : автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.22 "Травматология и ортопедия" / В. В. Смольников. – Уфа, 2005. – 16 с.
19. Усенко Л. В. Опыт организации и тактики оказания экстренной специализированной помощи пострадавшим с тяжелой политравмой / Л. В. Усенко, Г. В. Панченко, С. Б. Куликов // Проблеми військової охорони здоров'я. – Київ : Янтар, 2002. – С. 207–211.
20. Зиновьев Е. В. Пути улучшения результатов оказания медицинской помощи при обширных глубоких ожогах населению, проживающему вне региональных административных центров : автореф. дис. на соиск. науч. степени доктора мед. наук : спец. 14.00.27 "Хирургия" / Е. В. Зиновьев. – В. Новгород, 2008. – 39 с.
21. Шерстобитов А. В. Состояние центральной гемодинамики и транспорта кислорода у шахтеров при тяжелой термической травме : автореф. дисс. канд. мед. наук : спец. 14.00.37

“Анестезиология и реаниматология” / А. В. Шерстобитов. – Москва, 2009. – 27 с.

22. Эндотоксикоз при тяжелой сочетанной травме / И. А. Ерюхин, С. В. Гаврилин, Н. С. Немченко [и др.] // Вест. хирургии имени И. И. Грекова. – 2001. – № 5. – С. 120–124.

23. Козинец Г. П. Ожоговая интоксикация : патогенез, клиника, принципы лечения / Г. П. Козинец, С. В. Слесаренко, А. П. Радзиховский. –К. : Феникс, 2004. – 272 с.

24. Колтович А. П. Особенности хирургического лечения раненых с комбинированными термомеханическими повреждениями на этапах медицинской эвакуации : автореф. дис. на соиск. научн. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.27 “Хирургия” / А. П. Колтович. – Москва, 2004. – 25 с.

25. Зинаттулин Р. М. Совершенствование лечения больных с термическими ожогами : автореф. дисс. канд. мед. наук:

спец. 14.01.15 “Травматология и ортопедия” / Р. М. Зинаттулин. – Уфа, 2011. – 24 с.

26. Интегральные системы оценки тяжести состояния больных при политравме / Б. Р. Гельфанд, А. И. Ярошецкий, Д. Н. Проценко, Ю. Я. Романовский // Неотложная медицина в мегаполисе : международный науч. форум. Москва 2004 г.: тезисы докл. – М., 2004. – С. 53.

27. Гараев Д. А. Синдром взаимного отягощения повреждений у пострадавших с сочетанной травмой и его влияние на выбор тактики лечения повреждений опорно-двигательного аппарата : автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.22 “Травматология и ортопедия” / Д. А. Гараев. – Москва, 2007. – 30 с.

28. Взрывная шахтная травма (экспериментальный анализ проблемы : монография / В. Н. Ельский, В. К. Гусак, Г. К. Кривобок [та ін.]. – Донецк : Апец, 2002. – 172 с.

Отримано 21.03.12