

POST-TRAUMATIC EFFECTS OF PHOSPHORUS WEAPONS: FROM PATHOGENESIS TO TREATMENT

Chorna V.V., Shkondin S.V., Lypkan V.M., Tomashevskiy A.V.,
Kolomiets V.V., Zavodiak A.Yu.

ПОСТТРАВМАТИЧНИЙ ВПЛИВ ФОСФОРНОЇ ЗБРОЇ: ВІД ПАТОГЕНЕЗУ ДО ЛІКУВАННЯ

3

**ЧОРНА В.В.,
ШКОНДІН С.В.,
ЛИПКАНЬ В.М.,
ТОМАШЕВСЬКИЙ А.В.,
КОЛОМІЄЦЬ В.В.,
ЗАВОДЯК А.Ю.**
Вінницький національний
медичний університет
ім. М.І. Пирогова,
Вінниця, Україна

початком повномасштабної війни зростає негативний вплив шкідливих небезпечних речовин, джерелом яких є різні види військової зброї (снаряди, фосфорні бомби тощо), які заборонені Женевською конвенцією через непередбачувані наслідки для довкілля та здоров'я цивільного населення і військових. Особливу небезпеку становить зброя з білим фосфором (руйнівні фосфорні бомби, снаряди тощо) [1].

Метою дослідження є аналіз поранень, що виникли у результаті дії білого фосфору різних типів фосфорної зброї, а саме: вибухової зброї з широкою зо-

ною ураження, мін, боеприпасів, ракет далекої дії, артилерійських, мінометних снарядів, різних типів гранат під час російського вторгнення в Україну.

Матеріали і методи. У роботі використано такі методи: контент-аналіз, порівняльний аналіз та систематизацію дослідженого матеріалу. Проведено дослідження наукових публікацій вітчизняних та зарубіжних вчених з використанням баз даних PubMed і Google Scholar за 2001-2023 роки.

Робота підготовлена за ініціативою колективу авторів.

Результати та обговорення. Вперше білий фосфор (БФ) як зброя було ви-

ПОСТТРАВМАТИЧНИЙ ВПЛИВ
ФОСФОРНОЇ ЗБРОЇ: ВІД ПАТОГЕНЕЗУ
ДО ЛІКУВАННЯ

**Чорна В.В., Шкондін С.В.,
Липкань В.М., Томашевський А.В.,
Коломієць В.В., Заводяк А.Ю.**
Вінницький національний медичний
університет ім. М.І. Пирогова,
Вінниця, Україна

З початком повномасштабної війни негативний вплив шкідливих, небезпечних речовин внаслідок використання заборонених Женевською конвенцією хімічних, фосфорних бомб та іншої зброї призводить до непередбачуваних наслідків для здоров'я учасників бойових дій та цивільного населення.

Метою дослідження є аналіз поранень, що виникли у результаті дії білого фосфору різних типів фосфорної зброї, а саме: вибухової зброї з широкою зоною ураження – мін, боеприпасів, ракет далекої дії; артилерійських, мінометних снарядів, різних типів гранат під час російського вторгнення в Україну.

Матеріали і методи. У роботі використано такі методи: контент-аналіз, порівняльний аналіз та систематизацію дослідженого матеріалу. Проведено дослідження наукових публікацій вітчизняних та зарубіжних вчених з використанням баз даних PubMed і Google Scholar за 2001-2023 роки.

Результати. Фосфорні боеприпаси, такі як WP, відомі своєю високою ефективністю у бойових операціях, але їх використання призводить до серйозних травм та посттравматичних психологічних змін. Білий фосфор після вибуху бомб спричиняє опіки тканин тіла людини, особливо у разі контакту з палаючим матеріалом, а також опіки верхніх дихальних шляхів через інгаляцію диму або газів, що виділяються під час горіння.

Проведено аналіз нормативно-правової бази, що забороняє використання фосфорних боеприпасів у збройних конфліктах. Розглянуто клінічні випадки вогнепальних комбінованих поранень кінцівок з масивним дефектом м'яких тканин, вогнепальних переломів та наяв-

© Чорна В.В., Шкондін С.В., Липкань В.М., Томашевський А.В.,
Коломієць В.В., Заводяк А.Ю. СТАТТЯ, 2024.

користано у XIX столітті ірландськими націоналістами у вигляді «феніанського вогню», як це увійшло в історію. Існують відомості, що розчин фосфору з сірковуглецем використовувався під час підпалів в Австралії. 1916 року британські війська застосували перші гранати з білим фосфором (WP). Загалом, Перша світова війна створила засади використання фосфору у майбутніх воєнних конфліктах. Під час Другої світової війни спектр застосування WP у військових цілях значно розширився: міни, снаряди, гранати, бомби і ракети. Застосування снарядів з WP не лише призводило до великих руйнувань, але й чинило психологічний тиск на ворога, вселяючи страх і розпач. Окрім світових воєн, фосфорні снаряди використовувались і у локальних збройних конфліктах: американськими військами – у Сирії та Афганістані, в Іраку, російськими військами – у Грозному, ефіопськими

ністю множинних сторонніх тіл металевої щільності внаслідок використаних фосфорних боєприпасів. Проведено аналіз наукових досліджень зарубіжних науковців з цього питання. У статті представлено алгоритми надання першої медичної допомоги внаслідок дії фосфорних боєприпасів, а також розглянуто методичні рекомендації МОЗ України (Наказ МОЗ України № 506 від 20.03.2022) щодо надання медичної допомоги на догоспітальному етапі через опіки, ентеральне отруєння, потрапляння в очі білого фосфору через ураження фосфорним компонентом боєприпасу.

Ключові слова: білий фосфор, фосфорні снаряди, лікування опіків, воєнні дії.

угрупованнями – у Могадишо. Наприкінці 2020 року азербайджанські сили застосували боєприпаси з БФ проти вірменських військових на фронті у Нагірному Карабасі. На жаль, нагода відчувати вибухи фосфорних снарядів випала й Україні. У березні 2022 року російські агресори використали фосфорні снаряди у боях за Київ та Краматорськ, а також проти оборонців металургійного комбінату «Азовсталь» у Маріуполі.

Історія доводить нам, що снаряди з WP, як і будь-які інші види зброї, спричиняють тяжкі травматичні наслідки для цивільного населення та безпосередньо військових на полі бою. Varillo та ін. (2004) стверджували, що травми, викликані хімічними опіками, становили 2,1% усіх госпіталізацій, обумовлених бойовими діями [2].

Як повідомляють Brutyan S. (2021), під час Нагірно-Карабаської війни 2020 року середня загальна площа ураженої поверхні тіла постраждалих осіб через вплив WP становила 14,1%. Голова та шия були уражені у 79,3% випадків, верхні кінцівки та кисті – у 90,2%, тулуб – у 26,8%, нижні кінцівки – у 46,3%, уражені очі та повіки – у 20,7%, верхні дихальні шляхи – у 30,5%, зовнішні вуха та слуховий прохід – у 50,0%, легені – у 15,9%. Супутні багатоскопкові рани виявлені у 37,9% пацієнтів. Інтенсивної терапії потребували 28,7% пацієнтів, які мали опіки на всю товщину, з них 10,3% пацієнтів померли протягом тижня після госпіталізації [3].

Фосфорні боєприпаси, такі як WP, призводять до серйозних травм, травматичних та посттравматичних психологічних змін. Білий фосфор (вибух бомб) спричиняє опіки тканин тіла людини у разі контакту з палаючим матеріалом, а

також опіки верхніх дихальних шляхів через вдихання диму або газів, що виділяються під час горіння. За результатами дослідження Khurshid та ін. (2022) виявили, що контакт з фосфорними снарядами призводив до різноманітних психологічних травм, а саме: безсоння у перші дні, втоми та стресу, страху шуму, черепно-мозкових травм [4].

Характеристика фосфорних боєприпасів.

Фосфорні боєприпаси – тип запальних або димових боєприпасів, які містять білий фосфор. Ця речовина є токсичною для людини, безпосередньо спалахує від контакту з киснем, тому вважається самозаймистим матеріалом. Температура горіння – вище 800°C, що забезпечує термічний компонент з виникненням фосфорних опіків. WP є причиною масштабних пожеж, які дуже складно загасити через хімічні особливості цієї сполуки, і є особливо небезпечною за такими показниками:

❑ хімічною властивістю – у разі контакту з повітрям самозаймається, утворюючи оксиди фосфору, які є дуже отруйними. Взаємодія білого фосфору з сильними основами призводить до утворення токсичних газів, зокрема фосфіну, який є отруйним для людини;

❑ вибуховою властивістю – бурхливо реагує з окислювачами, галогенами, нітридами, сіркою, металами, які призводять до виникнення пожежі з великими кількостями тепла та викиду небезпечних газів;

❑ надзвичайно спонтанною горючою властивістю – білий фосфор має властивість горіти під час контакту з повітрям за кімнатної температури, тобто навіть невеликі частинки фосфору можуть спричинити пожежу у разі найменшого контакту з киснем;

❑ потенційною радіоак-

тивністю – часом фосфорні боеприпаси можуть містити радіоактивні речовини, які додають до них. Внаслідок цього контакт з ними може створювати ризик радіаційного забруднення.

Взагалі використання фосфорних бомб заборонене Женевською конвенцією та численними нормативно-правовими актами, зокрема, статтею 1 та статтею 2 Protocol on Prohibitions or Restrictions on the Use of Incendiary Weapons (Protocol III); Конвенцією про заборону або обмеження використання певних видів зброї, які можуть вважатися такими, що завдають надмірних ушкоджень або мають невибіркову дію; статтею 35 Основних правил Додаткового протоколу до Женевських конвенцій від 12.08.1949, що стосується захисту жертв міжнародних збройних конфліктів (Протокол I); статтями 8(2)(b)(i), (ii) або (v) Римського договору.

Радіус ураження фосфорної бомби – 150 метрів, що означає потенційну загрозу для значної території. Ця речовина займається під час контакту з повітрям, тому її необхідно зберігати у воді або в інших нейтральних рідинах для запобігання випадковому загорянню. Під час контакту зі шкірою людини БФ (WP), який міститься у боеприпасах, викликає тяжкі хімічні опіки. БФ – отруйний для людини, смертельна доза становить 0,05-0,15 г. Ця субстанція здатна викликати ураження кісток та кісткового мозку, некроз тканин, адже людина отримує не лише опікові ураження, а й глибинні рани.

Фосфорний снаряд розповсюджує запалювальну сполуку на велику територію, площа якої може бути сотні квадратних метрів, що викликає катастрофічні наслідки для екосистеми України. Горіння закінчується

з вичерпанням джерела, тобто фосфору, або перекриттям доступу кисню. Така зброя є причиною виникнення каліцтва; її дія може призвести до повільної мученицької смерті. Для лікування такого роду поранень необхідний кваліфікований медичний персонал та спеціалізоване обладнання. Крім того, надання допомоги постраждалим також може становити високий ризик для самого медичного персоналу, який може зазнати уражень під час лікування поранених.

БФ горить за температури до 2760 градусів Цельсія. Розжарені частинки БФ викликають досить глибокі, обмежені або розлогі за площею опіки. Дійсно, вони є передвісниками смертності через всмоктування фосфору в організм крізь ранню поверхню, що може призвести до ураження печінки, серця і нирок, а у деяких випадках і до поліорганної недостатності. Особливо небезпечною є зброя з просоченими фосфором повстятими суббоеприпасами, адже може відбуватися неповне їх згоряння, у зв'язку з чим до 15% вмісту БФ залишається. Такі боеприпаси здатні до мимовільного повторного займання, особливо внаслідок пресорного ефекту, наприклад, спричиненого перевезенням такої зброї. Як правило, ушкодження БФ обмежуються ділянками відкритої шкіри, оскільки менші частинки не пропалюють одяг повністю.

Спалювання БФ призводить до утворення оксиду фосфору (V) у вигляді аерозолю. Польові концентрації зазвичай нешкідливі, але у разі великих скупчень дим може викликати тимчасове подразнення очей, слизових оболонок носа та дихальних шляхів. Агентство з реєстрації токсичних речовин і захворювань встановило мінімальний рівень

ризиків через вдихання для білого фосфорного диму 0,02 мг/м³, як і парів мазуту. Більша концентрація диму, наприклад, у закритих приміщеннях, може викликати асфіксію та призвести до незворотніх змін верхніх та нижніх дихальних шляхів. Концентрація диму, що створюється фосфорним снарядом для маскування цілей, є токсичною.

Патогенез дії БФ є дуже серйозним і призводить до травм та смерті через різні механізми. Передусім важливо відзначити три основні шляхи ураження: проникнення у глибокі тканини, вдихання диму, потрапляння всередину тіла.

Первинне вибухове ураження виникає внаслідок взаємодії вибухової хвилі з тілом або тканиною, виробляючи два типи енергії – хвилі напруги, які викликають компресію та розтягнення тканин, і зсув хвилі, що призводить до переміщення та розриву тканин.

Інтоксикація БФ викликає кілька ознак і симптомів, які поділяються на етапи.

Стадія I – загальні симптоми виникають протягом перших 24 годин після попадання БФ *per os*, дихальними шляхами і характеризується болем у животі в епігастральній ділянці, профузною діареєю, нудотою, блюванням і у деяких випадках лихоманкою. Дихання, блювота і відрижка мають запах часнику. Лабораторні дані на цій стадії у нормі.

Стадія II – безсимптомна, яка виникає між 24 і 72 годинами після потрапляння БФ. Це – безсимптомний період, однак гістологія печінки демонструє ранні зміни токсичного гепатиту, а лабораторні дані показують помірне підвищення амінотранспфераз і білірубину.

Стадія III – розширена: виникає за 72 години до зникнення симптомів або смерті. Ця стадія характеризується

POST-TRAUMATIC EFFECTS
OF PHOSPHORUS WEAPONS:
FROM PATHOGENESIS TO TREATMENT

**Chorna V.V., Shkondin S.V.,
Lypkan V.M., Tomashevskiy A.V.,
Kolomiets V.V., Zavodiak A. Yu.**
*National Pirogov Memorial Medical
University, Vinnytsia, Ukraine*

With the beginning of a full-scale war, the negative impact of harmful, dangerous substances due to the use of chemical, phosphorus bombs and other weapons, prohibited by the Geneva Convention, leads to unpredictable consequences for the health of combatants and the civilian population as well.

Objectives of the study is to analyze injuries caused by white phosphorus of various types of phosphorus weapons, such as explosive weapons with a wide area of damage – mines, ammunition, long-range missiles; artillery, mortar shells, various types of grenades – in the conditions of the Russian invasion of Ukraine.

Materials and methods. The following methods were used when performing the work: content analysis, comparative analysis and systematization of the researched material. A study of scientific publications of domestic and foreign scientists was conducted using the PubMed and Google Scholar databases for the period 2001-2023.

The results. Phosphorus munitions such as white phosphorus are known for their

high effectiveness in combat operations, but their use leads to serious injuries and post-traumatic psychological changes. White phosphorus after a bomb explosion causes burns to the tissues of the human body, especially when in contact with burning material, as well as burns to the upper respiratory tract due to inhalation of smoke or gases released during combustion.

The article analyzes the legal framework prohibiting the use of phosphorous ammunition in armed conflicts. Clinical cases of combined gunshot wounds of the limbs with a massive defect of soft tissues, gunshot fractures and the presence of multiple foreign bodies of metallic density due to the used phosphorous ammunition were considered. An analysis of scientific research by foreign scientists on this issue was carried out. The article presents the algorithms for providing first aid due to the effects of phosphorous ammunition, as well as the methodological recommendations of the Ministry of Health of Ukraine (Order of the Ministry of Health of Ukraine № 506 dated 20.03.2022) regarding the provision of medical assistance at the pre-hospital stage for burns, enteral poisoning, and eye contact phosphorus as a result of damage by the phosphorus component of the ammunition.

Keywords: white phosphorus, phosphorus munitions, burn treatment, military actions.

ся мультисистемною органічною недостатністю. У пацієнта є ознаки гострого гепатиту, гістологія печінки виявляє стеатогепатит і некроз [5-7].

БФ є ліпідорозчинним, і це дозволяє йому глибоко проникати через жирову підшкірну клітковину. Розжарені частинки БФ можуть спричинити значні глибокі (другого та третього ступеня) болючі опіки. Опіки самі по собі дуже тяжкі, як правило, на всю товщину, з некротичними змінами. Це є результатом термічного, та хімічного впливу горіння фосфору. Пошкодження тканин відбувається також внаслідок корозійної дії фосфорних кислот (які утворюються під час горіння),

тепла хімічної реакції, що призводить до утворення п'ятиокису фосфору, і гігроскопічної дії самого п'ятиокису фосфору. Такі опіки заживають набагато повільніше, ніж типові термічні опіки.

Поглинання високорозчинного у жирі білого фосфору призводить до некрозу м'яких тканин, печінки або нирок, що є одним з найпоширеніших ускладнень, які виникають внаслідок контакту з цією токсичною речовиною. БФ може спричинити патологічні зміни, насамперед в електrolітному обміні, включаючи гіпокальціємію, гіперфосфатемію з кальцієво-фосфатними зсувами вже за годину після опіку

[8]. Більшість пацієнтів має симптоми та ознаки отруєння фосфором, 33% – порушення функції печінки, 18,5% – ураження нирок, 52% – порушення електролітного балансу [9].

Lakota J. (2023) надає патофізіологічне пояснення гіпокальціємії: фосфорна кислота (H_3PO_4) є кінцевим продуктом реакції п'ятиокису фосфору P_4O_{10} (емпірична формула P_2O_5) з водою (H_2O). На «нейтралізацію» фосфатної кислоти «витрачається» кальцій (можливо, і магній). Кінцевий продукт – кальцієві (і магнієві) солі фосфатної кислоти, які дуже погано розчиняються у воді. Однак єдиним джерелом кальцію (і магнію) є «вільний» каль-

цій (і магній) у плазмі крові пацієнтів. По суті, падіння іонів кальцію відображає кількість цього іона, яка була необхідною для нейтралізації фосфорної кислоти. Кальціємія і фосфатемія у крові пацієнта відображають «кількість» «спаленого» фосфору [10]

Швидкий розвиток гіпокальціємії та гіперфосфатемії відповідає за серцеві аритмії з аномаліями після опіку, включаючи подовження інтервалу QT, зміни зубця ST-T і прогресуючу брадикардію. Також науковець відзначав ранні метаболічні зміни внаслідок впливу БФ в організмі пацієнта [11].

Rabinowitch I.M. (1943) повідомив, що опіки від БФ

є інтенсивно болісними та схожі на опіки від фтористоводневої кислоти, які є більш серйозними, ніж опіки, спричинені каустичною содою та сірчаною кислотою [12].

Дим БФ подразнює очі та ніс у помірних концентраціях. За інтенсивного впливу може виникнути інтенсивний кашель. Проте під час бойових дій не було зареєстровано втрат лише від дії диму БФ, і нині немає жодних підтверджених випадків смерті внаслідок впливу фосфорного диму.

Вплив БФ на центральну нервову систему полягає переважно у зміні психічного стану з дратівливістю, сплутаністю свідомості,

психозами, галюцинаціями та комою. Також у пацієнтів можуть розвинутися артеріальна гіпотензія, тахікардія, аритмії та кардіогенний шок.

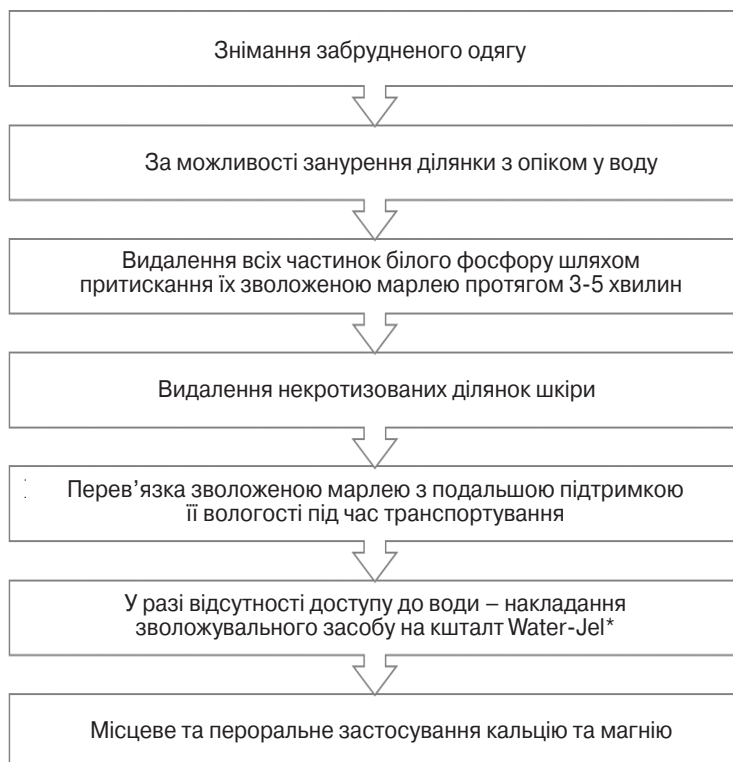
Austin E.V. (2016) описує, що абсорбований фосфор може викликати інтоксикацію багатьох органів. З боку центральної нервової системи проявами інтоксикації є делірій, психоз, судоми, кома. Симптомами ураження шлунково-кишкового тракту є абдомінальні коліки, мелена, а також гепатомегалія та жовтяниця. Сечовивідна система також має певні зміни: протеїнурія та гострий тубулярний некроз нирки. Серцево-судинна система теж зазнає змін – наявні шлуночкова екстрасистолія та міокардит. Змінюється склад крові, адже спостерігаються тромбоцитопенія, гіпопротромбінемія [13].

Під час надання першої допомоги необхідно діяти згідно з загальними настановами NATO STANDARD AMedP-7.1 MEDICAL MANAGEMENT OF CBRN CASUALTIES (Edition A Version 1 JUNE 2018) та Методичними рекомендаціями (Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо організації надання екстреної медичної допомоги постраждалим внаслідок дії фосфорних боєприпасів» № 506 від 20.03.2022). Окремо можна виділити системний огляд білого фосфору «White Phosphorus: Systemic Agent» (останній перегляд 20.10.2021) Національного інституту безпеки та гігієни праці (США), в якому окрім токсичних ефектів білого фосфору описано варіанти надання першої медичної допомоги та лікування постраждалих від цієї сполуки у будь-якій формі (схеми 1 і 2).

У цих настановах особливості надання екстреної ме-

Схема 1

Алгоритм надання медичної допомоги постраждалим з опіками від білого фосфору



Примітка: * – цей гель складається на 96% з води і має такий самий охолоджувальний ефект, як і вода, але через свою густоту він залишається на опіку і не випаровується. Water-Jel також містить невелику кількість натурального

екстракту *Melaleuca alternifolia*, більш відомого як чайне дерево. Він має антибактеріальну активність, що допомагає запобігти інфекції. Water-Jel також містить загусники та консерванти для підтримки в'язкості гелю.

дичної допомоги практично однакові, однак є головна відмінність – використання мідного купоросу, про який у Методичних рекомендаціях (Наказ МОЗ України № 506 від 20.03.2022) відсутня будь-яка інформація.

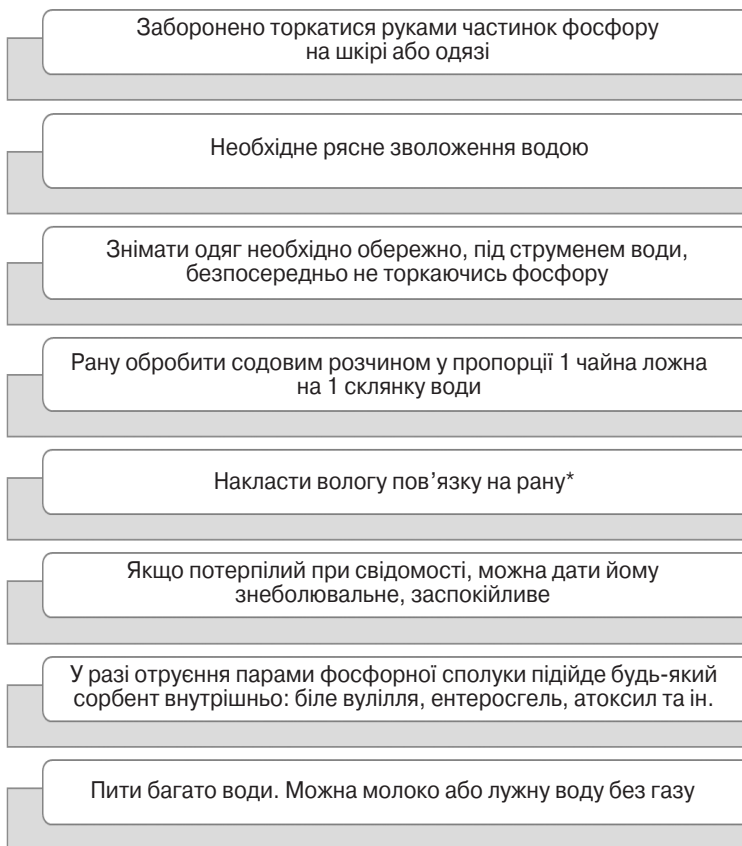
Найпершим моментом у наданні медичної допомоги на догоспітальному етапі є необхідність зняти весь забруднений одяг. Через хімічні особливості фосфору, аби його загасити, потрібно якомога швидше позбавити доступ кисню шляхом занурення у воду ушкодженої БФ ділянки або накладання пов'язки, змоченої водою/ сольовим розчином. Kagu-padasa та співавтори (2010) виступають за використання змоченої фізіологічним розчином марлі для очищення рани з будь-якими залишковими частинками фосфору [14].

Слід зазначити, що частинки білого фосфору стають рідкими за температури 44°C, тому використання теплої або гарячої води тільки погіршить стан пацієнта, розріджуючи його, що призведе до розтікання та, відповідно, більшої площі опіку. Натомість інтенсивне зрошення водою може призвести до розбризкування частинок білого фосфору та поширення на неушкоджені тканини [15].

Науковцями Witkowski W. та співавторами (2015) запропоновано під час надання першої допомоги внаслідок дії БФ використовувати вологу марлю, яку слід накладати на палаючий БФ приблизно на 3 хвилини один або два рази. Це – найкращий основний засіб для усунення дії БФ та запобігання проникненню у тканини. Після повного видалення видимого БФ слід використовувати інноваційні гідроколідні або гідрогелеві пов'язки для медичної евакуації пацієнта (MEDEVAC) [16].

Схема 2

Загальні положення надання домедичної допомоги з ураженням фосфорним снарядом

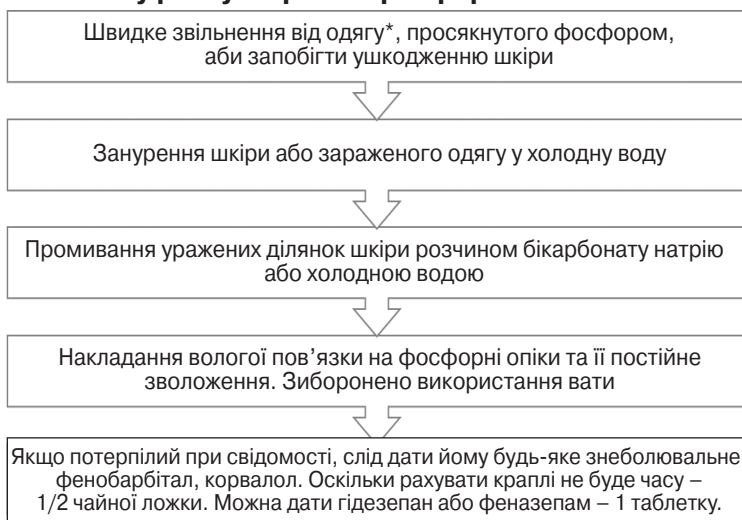


Примітка: * – використання вати та перекису водню є забороненим. Перекис водню

під час розпаду виділяє вільний кисень, що подовжує горіння фосфору.

Схема 3

Особливості надання першої медичної допомоги у разі утворення фосфорних опіків



Примітка: * – видалити видимі частинки фосфору (бажано під водою) негострим предметом (руків'ям ножа тощо) або пінцетом. Не можна торкатися

фосфору пальцями! Занурте знятий фосфор або одяг з фосфором у воду чи дайте йому вигоріти у відповідному місці.

За результатами дослідження Lakota J. (2023) та Phoenix E. (2024) [10, 17] запропоновано алгоритм медичної допомоги (схема 1).

МОЗ України надає загальні настанови з домедичної допомоги у разі ураження фосфорним боеприпасом (схема 2).

Дії рятівника на догоспітальному етапі у разі фосфорних опіків представлено схемою 3.

Існують деякі особливості надання першої медичної допомоги людині, яка про-

ковтнула або вдихнула білий фосфор (схема 4).

Потрапляння білого фосфору в очі вимагає дещо іншого підходу у наданні домедичної допомоги (схема 5).

Під час надання домедичної допомоги важливо враховувати, що за відсутності лікування у постраждалого є велика ймовірність розвитку системної токсичності. Хімічний аспект лікування спрямований на нейтралізацію білого фосфору, що реалізується шляхом зовнішнього використання

розчину бікарбонату. Для ідентифікації досить часто використовується фізичний метод – лампа Вуда (лампа ультрафіолетового світла), що є альтернативою хімічного методу, а саме: використання розчину мідного купоросу. Ранніми ознаками системної інтоксикації фосфором є біль у животі, жовтуха та запах часника з рота. Тривале вдихання випарів може спричинити анемію, а також кахексію і фосфорний некроз нижньої щелепи («фосфорна щелепа», або «щелепа Люцифера»), некроз кісток.

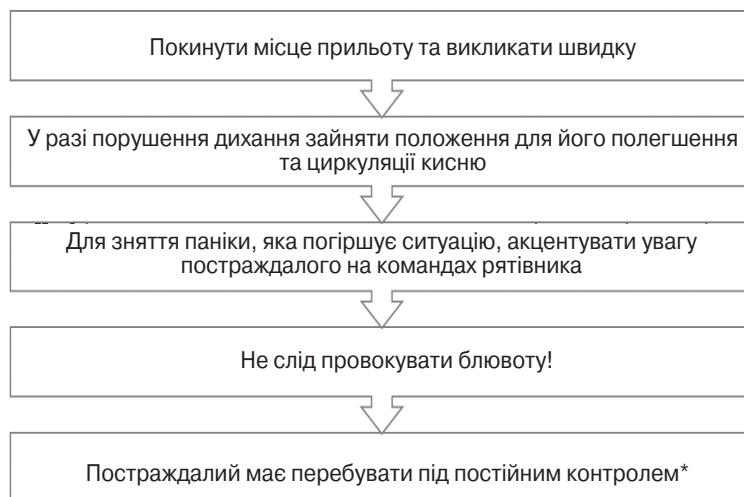
Висновки

1. Білий фосфор може спричинити травми та смерть внаслідок його проникнення глибоко у тканини, вдихання диму та потрапляння всередину. Однією з головних ланок у патогенезі розвитку опіків є електролітний дисбаланс, на що потрібно звертати увагу під час надання медичної допомоги.

2. Відсутність уніфікованого протоколу щодо лікування опіків, спричинених дією фосфорних снарядів, потребує уваги та подальшого дослідження для розробки ефективних підходів до медичної допомоги. Також вдосконалення системи реагування на екстрені ситуації та медичного забезпечення для ефективного врегулюван-

Схема 4

Особливості надання першої медичної допомоги за дії фосфорного диму у разі ентерального отруєння



Примітка: * – не давати води, адже частинки білого фосфору можуть спричинити

сильні опіки слизових оболонок порожнини рота та шлунка.

Схема 5

Особливості надання першої медичної допомоги у разі потрапляння білого фосфору в очі



ня наслідків використання білого фосфору у зоні бойових дій.

3. Розробка та впровадження системи реабілітації для постраждалих від опіків, спричинених білим фосфором, є необхідною складовою повернення поранених до нормального життя та відновлення уражених функцій.

REFERENCES

1. Bosak P, Popovych V. Vplyv viiskovykh dii na stan dovkillia Ukrainy [The influence of military operations on the state of Ukraine's environment]. In: Vidnovlennia dovkillia Ukrainy vnaslidok zbroinoi ahresii rosii [Restoration of Ukraine's environment as a result of russia's armed aggression]. Lviv ; 2023 : 6-9 (Ukrainian).
2. Barillo DJ, Cancio LC, Goodwin CW. Treatment of white phosphorus and other chemical burn injuries at one burn center over a 51-year period. *Burns*. 2004 Aug; 30(5):448-52. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2004.01.032>
3. Brutyan S, Babayan K, Barseghyan N, Petrosyan V, Knipper P, Vйгуї T, Khachatryan L, Khonsari RH. Evidence for chemical burns by white phosphorus in Armenian soldiers during the 2020 Nagorno-Karabakh war. *Injury*. 2021 Apr; 52(4):1100-1. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.02.072>
4. Khurshid R, Sajid H, Ashraf H, Majeed S, Hanif F, Rashid S. The human suffering caused by bomb containing white phosphorus: health effects. *Pakistan Journal of Medical and Health Sciences*. 2022 Mar 26; 16(3):172-4. <https://doi.org/10.53350/pjms22163172>
5. Committee on Gulf War and Health: Long-Term Effects of Blast Exposures; Board on the Health of Select Populations; Institute of Medicine. *Gulf War and Health, Volume 9: Long-Term Effects of Blast Exposures*. Washington (DC): *National Academies Press (US)*; 2014 Apr 14. from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK202242/>. <https://doi.org/10.17226/18253>
6. Santos O, Restrepo JC, Velásquez L, Castaco J, Correa G, Sepúlveda E, Yepes N, Hoyos S et al. Acute liver failure due to white phosphorus ingestion. *Annals of Hepatology*. 2009 Apr; 8(2):162-5. [https://doi.org/10.1016/s1665-2681\(19\)31799-5](https://doi.org/10.1016/s1665-2681(19)31799-5)
7. Samdanci ET, Cakir E, Sahin N, Elmali C, Sayin S. Clinical and pathological findings on intoxication by yellow phosphorus after ingesting firework cracker: a rare case of autopsy. *Turkish Journal of Pathology*. 2013. <https://doi.org/10.5146/tj-path.2013.01196>
8. Barillo DJ, Cancio LC, Goodwin CW. Treatment of white phosphorus and other chemical burn injuries at one burn center over a 51-year period. *Burns*. 2004 Aug; 30(5):448-52. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2004.01.032>
9. Xie W, Huang W, Yao S, Wang D, Wang M, Zhu Z, Liu J, Zhang W. [Rescue and treatment for the mass burn casualties of yellow phosphorus explosion]. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi*. 2008; 24(1):36-8 (Chinese).
10. Lakota J. Medical consequences and treatment of injuries caused by white phosphorus munitions. *Journal of NBC Protection Corps*. 2024 Jan 8; 7(3):276-85. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2023-7-4-276-285>
11. Chou TD, Lee TW, Chen SL, Tung YM, Dai NT, Chen SG, Lee CH, Chen TM et al. The management of white phosphorus burns. *Burns*. 2001 Aug; 27(5):492-7. [https://doi.org/10.1016/s0305-4179\(01\)00003-1](https://doi.org/10.1016/s0305-4179(01)00003-1)
12. Rabinowitch I. Treatment of phosphorus burns: with a note on acute phosphorus poisoning. *Canadian Medical Association Journal*. 1943; 48(4):291-6.
13. Austin EB, Sivilotti ML. Critical care toxicology. Cham: Springer International Publishing; 2016. *Phosphorus*; P. 1-13. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20790-2_47-1
14. Karunadasa KP, Abeywickrama Y, Perera C. White phosphorus burns managed without copper sulfate: lessons from war. *Journal of Burn Care & Research*. 2010 May; 31(3):503. <https://doi.org/10.1097/bcr.0b013e3181db52be>
15. Aviv U, Kornhaber R, Harats M, Haik J. The burning issue of white phosphorus: a case report and review of the literature. *Disaster and Military Medicine*. 2017 Aug 30; 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40696-017-0034-y>
16. Witkowski W, Surowiecka-Pastewka A, Biesaga M, Gierczak T. Experimental comparison of efficiency of first aid dressings in burning white phosphorus on bacon model. *Medical Science Monitor*. 2015; 21:2361-6. <https://doi.org/10.12659/msm.894991>
17. Phoenix E, Suwanwalaikorn V, Wilkinson J, Morrison CM, Dolan RT. White phosphorous civilian hand burns – An aid to timely treatment of a rare entity. *Trauma Case Reports*. 2024 Apr; 50:100983. <https://doi.org/10.1016/j.tcr.2024.100983>

Надійшло до редакції
11.02.2024