

ORGANOPHOSPHORUS TOXIC CHEMICAL AGENTS – THE MOST PROBABLE WEAPONS OF TERRORISM

Ivan Popov¹, Georgi Popov²

¹Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute
Sofia 1504, Bulgaria, 82, Evlogi Georgiev Blvd, tel. 9226537, e-mail: igpopov@mail.bg

²Kingston Environmental Services, Inc., USA

Keywords: toxic chemical substances, nerve agents, contamination and decontamination, exposure assessment, devices for first aid

Abstract: The anticipated terrorist attacks with use of toxic organophosphorus agents and the scale of contamination of different objects are examined. The mechanism of intoxication of humans and contamination of the environment is elucidated. The physicochemical processes of removal and decontamination of organophosphorus agents are described. The characteristics of the new devices for individual and collective protection and the most effective methods and means for decontamination of different objects are evaluated.

ФОСФОРОРГАНИЧНИТЕ ТОКСИЧНИ ХИМИЧЕСКИ АГЕНТИ – НАЙ-ВЕРОЯТНИ ОРЪЖИЯ НА ТЕРОРИЗМА

Иван Попов¹, Георги Попов²

¹Военна академия “Г. С. Раковски”, Институт за перспективни изследвания за отбраната
гр. София 1504, бул. “Евлоги Георгиев” № 82, тел. 9226537, e-mail: igpopov@mail.bg

²Кингстън Енвайрънментал Сървисиз, Канзас Сити, САЩ

Ключови думи: токсични химически агенти, невропаралитични отровни вещества, заразяване и дегазация, поразяващо въздействие, средства за първа помощ

Резюме: Разгледани са възможните терористични атаки с токсични химически фосфорорганични агенти и мащабите на заразяване на различни обекти. Разяснен е механизмът на поразяване и възможното въздействие върху човешкият организъм и околната среда. Описани са физикохимичните процеси протичащи при отстраняване и обезвреждане на фосфорорганични агенти. Обосновани са характеристиките на съвременните средства за индивидуална и колективна защита и най-ефективните методи и средства за дегазация на различните обекти.

Събитията през последните години (ядрени аварии, терористични актове, скрито производство на химични и биологични оръжия) показват, че вероятността войсковите формирования, участващи в разнообразни мисии и операции да срещнат РХБ агенти е висока. Това налага своевременно изучаване на поразяващото въздействие на РХБ агентите, ефективните средства за защита от тях, както и способите и средствата за тяхното отстраняване и обезвреждане от заразените обекти.

Радиологични агенти са радиоактивни частици в твърда, течна или газообразна фаза, които засягат кожата, тъканите, клетките на външни и вътрешни органи и могат да причинят лъчева болест. Разпадането им е свързано най-вече с α -излъчване и в редки случаи γ -излъчване [1,3].

В миналото, радиологично или ядрено оръжие бяха класифицирани на основа използване на взрив от радиоактивни материали.

В днешния, нов свят, където ядрената война е малко вероятна, радиологичното оръжие е предопределено като оръжие на терористи, използващи Cs-137, Sr-90, Co-60, S-38 и др. в много локализираны конфликти [3].

Радиологичното оръжие има редица преимущества. На първо място е лесното му разпространяване (разпръскване) и поразяващото въздействие върху цялото тяло. Заразяването може да се извърши и по активен способ чрез взривяване на боеприпаси. Използването на радиологични агенти е съпроводено с висока степен на фактора на шока. Страховитият ефект се увеличава и от медиите, отразяващи "Мръсната бомба". Съществено преимущество е и дълговременното заразяване на различни обекти и области. Така например, ако периодът на полуразпад на S-38 е 2,48 часа, то на Cs-137 е 30 години. Дезактивацията на заразените обекти и райони е изключително скъпа и трудна, а в някои случаи и невъзможна. Преимущество на радиологичното оръжие е и възможността за дълговременно съхранение на склад.

По-съществени недостатъци на радиологичното оръжие са:

- трудности за получаване в големи количества и защита на производителите при зареждане в бойни системи за употреба;
- лесна детектируемост на радиоактивен материал, отделящ бета и гама излъчвания;
- малка ефективност на разпространение в околната среда (радиоактивният материал е с висока относителна маса и не може да бъде разнесен далеч от вятъра).

Поразяващото действие на радиологичните агенти се дължи на облъчването (външно - β -частици и γ -лъчи) и вътрешно (α - и β -частици). При външно облъчване опасността е най-голяма при облъчване с γ -кванти. Алфа и бета-частиците са опасни, когато радионуклидите се натрупват върху незащитена или наранена кожа. Най-опасно е вътрешното облъчване, когато радиоактивни продукти попаднат в организма поради високата йонизираща способност на излъчване на α - и β -частиците.

Поразяващото действие на радиологичното оръжие върху човека се изразява в лъчева болест. В зависимост от погълнатата доза се различават четири степени на лъчева болест [3,4]. Първа степен на лъчева болест се получава при погълнати дози на облъчване от 0.8 до 2.0 Gy ; втора от 2.0 до 3.2 Gy; трета от 3.2 до 4.8 Gy и четвърта над 4.8 Gy.

При взаимодействие на йонизиращото лъчение с биологичната тъкан, вследствие на йонизация и възбуждане се образуват молекули и радикали, даващи начало на химични реакции, при които могат да бъдат засегнати и увредени жизненоважни субклетъчни структури [3]. Счита се, че главно звено в тези реакции са продуктите от радиолизата на водата - йоните H^+ , OH^- , HO_2^+ , които имат голяма химична активност.

Увреждането на клетките се дължи главно на нарушаване на структурата. Експериментално е доказано, че някои от уврежданията на клетките са обратими и те могат да се възстановят. Също така не всички увреждания водят до смърт на клетката и ако тя не се възстанови до първото делене след облъчването, измененията ще се предадат на дъщерните клетки. Това може да доведе или до тяхната смърт, или до промяна жизнеспособността и специфичните им функции.

Поразяващото действие на човека може да се прояви в различни форми и степени - от незначителни функционални смущения и леки структурни увреждания на отделни негови органи и тъкани до смъртта му, както и в различно време след облъчването.

Канцерогенното действие на йонизиращите лъчи се смята, че съществува при почти всички тъкани. Със сигурност е установено предизвикването на някои видове левкози (злокачествени заболявания на кръвоносната система).

Генетичният ефект от радиоактивното облъчване е свързан с увреждането на гена, при което преминава в нова устойчива форма, която се възпроизвежда в дъщерни клетки. Този процес се нарича мутация. Ако мутацията е станала в полово клетка, нейното евентуално участие в оплождането би довело до предаване на тази мутация на всички клетки на новия организъм.

Радиологично средство за разпръскване може да разстели радиоактивен материал на големи площи. В резултат на това може да бъдат заразени сгради, техника, водоизточници, облекло и снаряжение и др. както с течни аерозоли така и с твърди частици. При контакт на радиоактивните частици с повърхностите възниква адхезионно и адсорбционно взаимодействие. В резултат на дифузионни и други процеси радионуклеидите могат да проникнат в дълбочина на заразените повърхности, осъществявайки дълбочинно заразяване. В зависимост от физикохимичните процеси заразяването може да бъде адхезионно, повърхностно и дълбочинно. Затова дезактивацията на заразените обекти и райони е изключително скъпа и трудна, а в някои случаи и невъзможна. В процеса на дезактивация е необходимо да се извлекат радиоактивните вещества, проникнали в дълбочина или да се отстранят радионуклеидите от повърхността.

Процесите на заразяване предопределят и способите за отстраняване на радиоактивните частици. В реални условия може да има съчетание от няколко вида заразяване

в различна последователност. Така при попадане на радиоактивни вещества във вид на капчици първоначално определяща се явява адхезията на капчиците към твърдата повърхност. В тези условия отстраняването на капчиците гарантира надеждна дезактивация. С увеличаване времето на контакта радиоактивните изотопи в капчиците се адсорбират на повърхността и този процес става определящ фактор на заразяването, от който зависи ефективността на дезактивацията. След дезактивацията заразените обекти трябва да бъдат такива, че да изключат поражение на хората и да гарантират тяхната безопасност. Затова дезактивацията предполага не просто отстраняване на радиоактивните замърсявания а отстраняване с необходимата пълнота или ефективност. Ефективността на дезактивация може да се оценява с различни величини.

Ако се означи с A_H началното заразяване на образеца, а с A_K крайното заразяване (след дезактивацията), то ефективността на дезактивацията може да се определи по съотношението [4]

$$(1) \quad \alpha_d = \frac{A_K}{A_H} 100\%$$

Величината α_d показва частта на радиоактивните вещества в проценти от началото на заразяване, която е останала на обекта след дезактивацията.

Величината β_d определя , каква част от началното заразяване в проценти е отстранена от обекта в резултат на проведената дезактивация[3,4]

$$(2) \quad \beta_d = \frac{A_H - A_K}{A_H} 100\%$$

Освен това, ефективността на дегазация се оценява чрез коефициента на дезективация

$$(3) \quad K_d = \frac{A_H}{A_K}$$

Коефициентът на дезактивация, характеризиращ степента на дезактивация, показва колко пъти се е намалила заразеността на обекта в резултат на проведената дезактивация на повърхността.

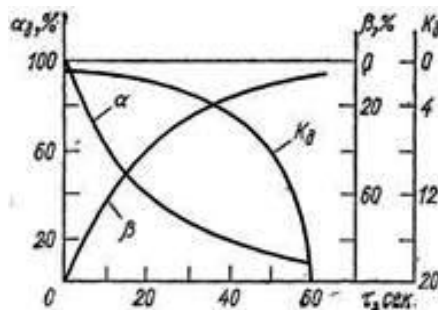
Понякога за относително големи значения на коефициента на дезактивация се използва логаритъмът на тези значения, които се обозначават с D_d и се наричат индекс на дезактивация [3,4]

$$D_d = \lg \frac{A_H}{A_K} = \lg K_d$$

Между величините, определящи ефективността на дезактивация съществува определена взаимовръзка:

$$\alpha_d = 100 - \beta_d ; \quad K_d = \frac{100}{\alpha} ; \quad D_d = \lg K_d$$

Връзката между величините K_d , D_d , α_d и β_d е показана на фиг. 1 [4]



Фиг. 1. Зависимост на ефективността на дезактивация от времето за обработка

От графиката е видно, че изменението на величината α_d е обратно пропорционална на изменението на величината β_d . Заразяването след дезактивацията винаги е по-малко от началното заразяване, поради което коефициентът $K_d > 1$. Обикновено коефициентът на дезактивация не превишава 1000. Пълното отстраняване на замърсяванията от заражения

обект е невъзможно, поради което е въведено понятието “необходим коефициент на дезактивация”. Физическият смисъл на този коефициент е гарантиране отстраняването на радионуклеидите от заразените повърхности до премахване опасността за облъчване на хората и предотвратяване попадането на радиоактивни вещества в организма .

При дезактивацията трябва да се преодолеят силите на адхезия, което на практика означава че на прилепналите към повърхността радиоактивни частици трябва да се действа с външни сили, равни или превишаващи адхезионното взаимодействие. Това е основното условие определящо първия стадий на процеса – откъсване на прилепналите частици. След откъсването радиоактивните частици трябва да бъдат отстранени от обработваемата повърхност(втори стадий). Съществуват различни способности за дезактивация, които осигуряват необходимата степен на дезактивация. Колкото и разнообразни да са способите, те се обединяват от една и съща основа-откъсване на радиоактивните частици и отстраняването им от заразената повърхност. Най-общо всички способности могат да се разделят на безтечностни и течностни. Към безтечностните способности се отнасят обдухване на повърхността с въздушен (газов) поток, прахозасмукване и протриване със сухи тампони. За по-висока ефективност при дезактивация с въздушен поток са необходими високи скорости на въздушния поток, което на практика е трудно реализуема. Затова ефективността по този способ е незначителна; обикновено коефициентът на дезактивация не превишава 10[4].

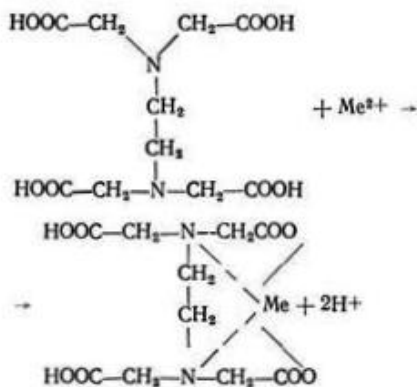
По-висока ефективност се постига по втория способ-прахозасмукване. Откъсването на частиците по този способ протича не само под въздействие на въздушния поток, но и от и в резултат от механичното въздействие с четка. Ефективността на дезактивация по този способ е съизмерима с ефективността на дезактивация с използване на вода. При дезактивация със сухи тампони протича процес на пренос на радиоактивните вещества. Коефициентът на дезактивация в тези случаи се колебае в пределите от 16 до 80 [3].

Към течностните способности за дезактивация се отнасят използването на водна струя в непрекъснат и капкообразен поток, а така също при протриване с четка. Независимо от разнообразието на течностните способности те имат общ механизъм: откъсване на частиците под действието на удара на капките и отстраняването им под действието на движещата сила на движещия се слой течност.

Ефективността на дезактивация забележително се повишава при използване на водни разтвори с повърхностноактивни вещества(ПАВ) . Основна причина за това е намаляване на повърхностното напрежение на рецептурата, осигуряващо лесно откъсване на частиците от заразената повърхност. Обикновено ПАВ се разделят на два класа: йоногенни и не йоногенни. Изборът на ПАВ в значителна степен се определя от условията на заразената повърхност. Така например при заразяване на повърхността с радионуклеиди притежаващи катионоидни свойства, най-ефективни се явяват анионоактивните ПАВ (соли на висшите мастни киселини, соли на сулфоестери, алкилирани ароматни въглеводороди, алкилбензилсулфонати и др.)

В практиката на дезактивацията широко се използват синтетични миелни средства под различни фирмени наименования в основата на които са различни видове сулфаноли[6].

За подобряване ефективността на дезактивацията в рецептурите се добавят комплексообразуващи вещества, които не само свързват радиоактивните йони, но се явяват активатори на миелния процес. В качество на комплексообразуващи вещества преди всичко се използват хелатни съединения, с основен представител етилендиаминтетраоцетна киселина (ЕДТА) и нейната натриева сол. Образоването на здрави комплексни съединения на радионуклеидите с тях протича по следната схема[4] :



Освен комплексобразуване с радиоактивните изотопи ЕДТА свързва катийоните на калция и магнезия, които обуславят твърдостта на водата. По този начин те допринасят за подобряване на миешия процес. Разтворите с добавка на ЕДТА се явяват антикорозионни средсва и предотвратяват вторичната сорбция на изотопи. Влиянието на ЕДТА на ефективността на дезактивацията може да се илюстрира със следния пример. Коефициентът на дезактивация на памучни тъкани при обработка с разтвор, съдържащ само ПАВ, не превишава 6. При добавка на ЕДТА, коефициентът на дезактивация се увеличава до 40 [4].

Ефективни средства за защита на дихателните органи и кожата при дейности в райони, заразени с радиологични, химични и биологични агенти, както и при провеждане на специална обработка на заразени обекти са филтриращите противогази и филтриращите защитни облекла [5]. Приетият на снабдяване в БА филтриращ противогаз ПФ-90, производство на „Зебра” АД е предназначен за защита на дихателните органи и лицето от бойни отровни вещества, радиоактивни вещества и бактериални средства.

Основни характеристики на филтриращия противогаз са:

- съпротивление при вдишване при непрекъснат въздушен поток 30 l/min – максимум 0,3 μbar;
- съпротивление при издишване при непрекъснат въздушен поток 30 l/min – максимум 0,8 μbar;
- коефициент на просмукване на маслена мъгла /при концентрация на маслената мъгла 2500 mg/m³ – до 0,0001 %;
- период на защита на кожата на лицето от въздействието на капко-течни отровни вещества – минимум 8 часа;
- общо поле на зрение – минимум 70 %;
- бързо и удобно поставяне и сваляне посредством 6–точков гумен закрепващ елемент.



Фиг. 2. Филтриращ противогаз ПФ-90

Ефективни средства за защита на кожата от радионуклеиди, бойни отровни вещества и биологични агенти са филтриращите защитни облекла. С най-добри характеристики са облеклата на фирма „Блюхер”:

Основни характеристики:

- защита от пари и капки на бойни отровни вещества – не по-малко от 12h;
- устойчивост срещу топлинна радиация – импулс от 60 J/cm² – за 66 s;
- пропускливост на въздух – минимум 167 mm/s, максимум – 915 mm/s.

Задълбоченото познаване на най-ефективните способности и средства за дезактивация и своевременната обработка на заразените обекти е гаранция за бързо отстраняване на радионуклеидите агенти и свеждане до минимум на тяхното вредно въздействие.

Литература:

1. Dr. N o r b e r t G a s s. Degradation in operational capabilities due to decontamination of force unit, Canada, 2004.
2. Ф р а н к е З. „Химия на отровните вещества”, Москва, 1976 г.
3. С и м е о н о в А., Е. Х р и с т о в и др. Гражданска отбрана, София, 1986 г.
4. З и м о н А. Д., Дезактивация, Москва, 1976 г.
5. Stanag 2352 NBC (издание 4) – снаряжение за ядрена, химическа и биологична
6. З и м о н А. Д. Адгезия жидкост и смочиване, Москва, 1976 г.