

**NEW MEANS AND DEVICES FOR PROTECTION AND CONSEQUENCE  
MANAGEMENT  
IN CASE OF TERRORIST ACTS INVOLVING TOXIC CHEMICAL SUBSTANCES**

**Ivan Popov<sup>1</sup>, Georgi Popov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute*

<sup>2</sup>*Kingston Environmental Services, Inc., USA*

*e-mail: igpopov@bitex.bg*

**Keywords:** *air-purifying respirators, supplied-air respirators, skin protection devices*

**СЪВРЕМЕННИ СПОСОБИ И СРЕДСТВА ЗА ЗАЩИТА И ЛИКВИДИРАНЕ НА  
ПОСЛЕДСТВИЯТА ПРИ ТЕРОРИСТИЧНИ АТАКИ С РАДИОАКТИВНИ АГЕНТИ**

**Иван Попов<sup>1</sup>, Георги Попов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Военна академия "Г. С. Раковски", Институт за перспективни изследвания за отбраната*

<sup>2</sup>*Кингстън Енвайрънментал Сървисиз, Канзас Сити, САЩ*

*e-mail: igpopov@bitex.bg*

**Ключови думи:** *радионуклеиди, радиоактивно заразяване, дезактивация, средства за защита*

**Резюме:** *Разгледани са възможните терористични атаки с радиоактивни агенти и мащабите на заразяване на различни обекти. Разяснени са особеностите на радиоактивното заразяване и възможното въздействие на радионуклеидите върху човешкия организъм и околната среда. Описани са физикохимичните процеси протичащи при отстраняване на радиоактивните частици и миещите свойства на съвременните рецептури за дезактивация. Обосновани са характеристиките на съвременните средства за индивидуална и колективна защита и най-ефективните способности и средства за дезактивация 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  $\alpha$ -излъчване и в редки случаи  $\gamma$ -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 локализирани 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 -  $\beta$ -частици и  $\gamma$ -лъчи) и вътрешно ( $\alpha$ - и  $\beta$ -частици). При външно облъчване опасността е най-голяма при облъчване с  $\gamma$ -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  $\alpha$ - и  $\beta$ -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 възстановяват. 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 полова 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 физико-химичните 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  $\alpha_d$  показва частта на радиоактивните вещества в проценти от началото на заразяване, която е останала на обекта след дезактивацията.

Величината  $\beta_d$  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 дезактивация

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

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

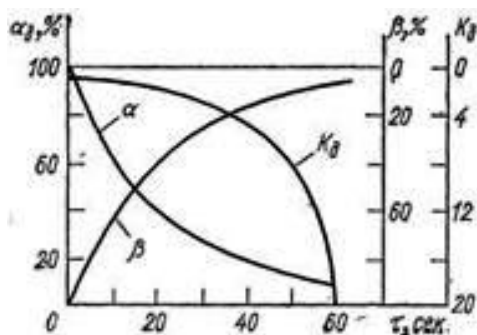
Понякога за относително големи значения на коефициента на дезактивация се използва логаритъмът на тези значения, които се обозначават с  $D_d$  и се наричат индекс на дезактивация [3,4]

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

Между величините, определящи ефективността на дезактивация съществува определена взаимовръзка:

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

Връзката между величините  $K_D$ ,  $D_d$ ,  $\alpha_d$  и  $\beta_d$  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  $\alpha_d$  е обратно пропорционална на изменението на величината  $\beta_d$ . 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 заразен 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 методи 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 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].

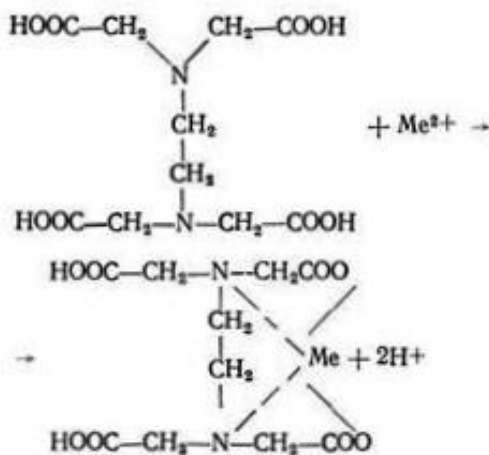
По-висока ефективност се постига по втория способ-прахозасмукване. Откъсването на частиците по този способ протича не само под въздействие на въздушния поток, но и от и в резултат от механичното въздействие с четка. Ефективността на дезактивация по този способ е съизмерима с ефективността на дезактивация 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 катионидни свойства, най-ефективни се явяват анионоактивните ПАВ (соли на висшите мастни киселини, соли на сулфоестери, алкилирани ароматни въглеводороди, алкилбензилсулфонати и др.)

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

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



Освен комплексобразуване с радиоактивните изотопи ЕДТА свързва катионите на калция и магnezия, които обуславят твърдостта на водата. По този начин те допринасят за подобряване на миещия процес. Разтворите с добавка на ЕДТА се явяват антикорозионни средства 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/m<sup>3</sup> – 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/cm<sup>2</sup> – 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. Norbert Gass, Degradation in operational capabilities due to decontamination of force unit, Canada, 2004.
2. Франке З. „Химия на отровните вещества“, Москва, 1976 г.
3. Симеонов А., Е. Христов и др., Гражданска отбрана, София, 1986 г.
4. Зимон А. Д. Дезактивация, Москва, 1976 г.
5. Stanag 2352 NBC (издание 4) – снаряжение за ядрена, химическа и биологична.
1. Зимон А. Д. Адгезия жидкост и смочивание, Москва, 1976 г.