

III. Évfolyam 1. szám - 2008. március

Molnár Kolos
Európai Bizottság Energia és Közlekedési Főigazgatóság

Solymosi József
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem
solymosi.jozsef@zmne.hu

ALFA-SUGÁRZÓ ANYAGOK ALKALMAZÁSA A RADIOLÓGIA TERRORIZMUSBAN¹

Absztrakt

A terrorista módszerek radikalizálódásával egyre fokozottabb veszélyt jelenthet a nukleáris és radiológiai terrorizmus. Ez utóbbi egyik lehetséges eszköze a "piszkos bomba" vagy más néven radiológiai diszperziós eszköz, melyet elsősorban pánikkeltő eszközként tartanak számon. A londoni polónium-210 mérgezés, főleg annak számos következménye a piszkos bombával kapcsolatos korábbi nézeteink újraértékelésére, és arra késztet bennünket, hogy elfogadjuk a NATO prágai csúcsertekezletén (2002) bevezetett új meghatározást, mely a radiológiai fegyvereket is a tömegpusztító fegyverek közé sorolja. Közleményünkben az új meghatározás helyességét tényekkel kívánjuk igazolni, különösen, ha a fegyver töltete alfa-emitter. Az elkövetők számára felhasználásuk számos "előnnyel" kecsegtet a többi radioizotóp típushoz képest. A "Litvinyenko ügy" mint radiológiai merényletből kiindulva értékeljük a Po-210, majd a többi alfa-sugárzó izotóp "előnyeit" a piszkos bombában történő alkalmazásra: az előállítás, a rejtett szállítás, a bevetés és a hatásmechanizmus alapján. Egy esetleges támadás volumene, következményei katasztrofálisak lehetnek, tehát azzal kell számolni, hogy egy alfa-sugárzó hatóanyagú radiológiai fegyver valóban tömegpusztító fegyverként viselkedhet.

Becoming the terrorist methods more radical, the threat of nuclear and radiological terrorism is increasing. A typical instrument of the radiological terrorism can be the radiological dispersal device (RDD – so called "dirty bomb") which defined basically as a panic-making weapon. After the polonium-210 poisoning assassination in London, especially concerning its all consequences, makes us to revise our opinion and accept the new definition of weapons of mass destruction (WMD) which was introduced in Prague, 2002 on the NATO Assembly and it determines the radiological weapons as a new category of WMD.

In this article we will justify this statement with facts, especially if the dirty bomb filled with alpha-emitters. In case of a malicious use these materials are more preferred than other radio-isotopes because of several "advantages". The Litvinenko-case as a radiological assassination provides very strong basis for the

¹ Jelen írás a szerzők saját tudományos kutatásait és véleményét összegzi, nem tekinthető az Európai Bizottság hivatalos állásfoglalásának. This lecture summarizes the results of the authors' research and personal opinions and it is not considered as an official statement of European Commission

evaluation of possible scenarios and isotopes, especially polonium-210 and several actinides concerning the manufacturing, the hidden transfer, the attack and the effects. The volume and consequences of a real action must be disastrous then we can really consider the RDD with alpha-emitter as a WMD.

Kulcsszavak: *piszkos bomba, polónium-210, alfa-emitterek, radiológiai fegyver ~ dirty bomb, polonium-210, alpha-emitters, radiological weapons*

BEVEZETÉS

A terrorista módszerek radikalizálódásával egyre fokozottabb veszélyt jelenthet a nukleáris és radiológia terrorizmus. Ez utóbbi egyik lehetséges eszköze a „piszkos bomba” vagy más néven radiológiai diszperziós eszköz, melyet elsősorban pánikkeltő eszközként tartanak számon. A londoni polónium-210 mérgezés, és főleg annak számos következménye arra készítet bennünket, hogy újragondoljuk a piszkos bombával kapcsolatos korábbi nézeteinket, és elfogadjuk a NATO prágai csúcsértekezletén (2002) bevezetett új meghatározást, mely a radiológia fegyvereket is a tömegpusztító fegyverek közé sorolja. [1] Jelen írásunkban az új meghatározás helyességét kívánjuk igazolni.

A PISZKOS BOMBA

A piszkos bomba működési elve többé-kevésbé közismert, és meglehetősen egyszerű: valamilyen hagyományos robbanóanyag köré valamely radioaktív izotóp vagy izotópok keverékének finom eloszlású pora, esetleg oldata kerül. A hagyományos robbanószerkezet működésbe lépését követően a körülötte lévő sugárzó anyag finomeloszlású por vagy permet formájában a levegőbe kerül, szétszóródik, elszennyezve az élő és élettelen környezetet, illetve a csóvában tartózkodó embereket, ezáltal fejtve ki pusztító, kártékony hatását. [2] A felhasználható radioaktív izotópok száma igen nagy, akár csak a számításba vehető kémiai és fizikai formák sokfélesége. A terroristák tehát képesek a céljaiknak és lehetőségeiknek leginkább megfelelő változat összeállítására. [3] A felhasználható izotópokat legegyszerűbben a jellemző radioaktív sugárzás alapján lehet csoportosítani.

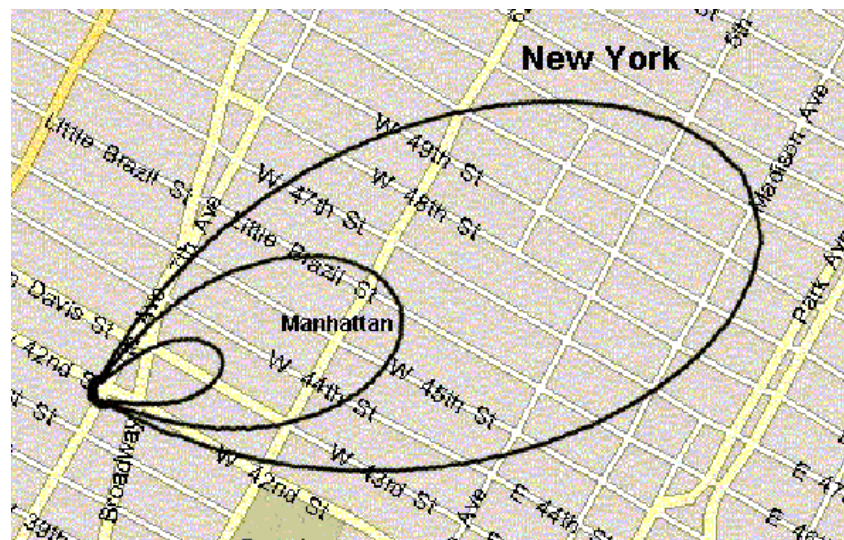
1. táblázat: A radioaktív sugárzások fajtái

	alfa	béta	gamma
részecske	He ²⁺	e ⁻	γ-foton
Töltés	pozitív	negatív	semleges
Energia/pJ	0,75 – 1,47	<0,271	0,008 – 1,60
Energia/keV	4700 – 9200	<1800	50 – 10000
nyugalmi tömeg/10 ⁻²⁷ kg	6,644	0,000911	0
nyugalmi tömeg/ATE	4,0014	0,000549	0
sebesség/c	0,05-0,07	<0,99	1
áthatoló képesség (levegő)/cm	4-9	<200	∞
árnyékolás (pl)	papír	alumínium	ólom
Fajlagos ionizáló képesség	rendkívül nagy	nagy	közepes

A gamma-sugárzás tehát a „legkeményebb”, legnagyobb áthatolóképességű, vagyis a külső sugárterhelés szempontjából a leginkább figyelembe veendő, viszont élettani hatásait tekintve a semleges, zéró nyugalmi tömegű, igen kis méretű, fénysebességgel mozgó gamma-foton fajlagos ionizáló képessége jóval kisebb (kb. 1/20-a), mint a nagy tömegű, több mint 15 000 km/s sebességű, +2 töltésű alfa-részecskének, amely viszont a levegőben igen hamar (4-9 cm) lefékeződik, elveszíti energiáját és „ártalmatlan” hélium-atommaggá lassul, tehát a külső sugárterhelés szempontjából elhanyagolható jelentőséggel bír. [4] Viszont az élő szervezetbe kerülve erős ionizáló hatása miatt képes a makromolekulák (DNS, fehérjék stb.) bonyolult struktúráját szétrombolni, ezáltal olyan degeneratív elváltozásokat előidézni a szövetekben és szövetekben melyek súlyos, maradandó egészségkárosodáshoz, végső soron pedig halálhoz vezethetnek. [5]

A PISZKOS BOMBA HATÁSAI

Már a piszkos bomba hatásait bemutató, máig mérőöldkönek tekinthető első átfogó elemzés is egy külön scenárióban foglalkozott az alfa-sugárzók felhasználásával. *Dr. Henry Kelly*, az Amerikai Tudósok Szövetségének elnöke kutatásait 2002. március 6-án ismertette az Egyesült Államok Szenátusának Külügyi Bizottsága előtt [6]. Ebben a forgatókönyvben egy meglehetősen gyakori amerícium-241 geofizikai sugárforrás (pl. mélyfúrás-vizsgáló) az alfa-sugárzó. A piszkos bomba hatóereje mindössze 1 font (kb. 45 dkg) TNT volt, ami azt jelenti, hogy a kisebb robbanás, sokkal kisebb területen, de adott mennyiségű sugárzó anyag mellett lényegesen nagyobb felületi koncentrációval szennyezte el a területet, vagyis lényegesen kevesebb embert, de sokkal jelentősebb hatás ért. Egy ilyen támadás esetén nem csak hosszú távú kiürítéssel, hanem az azonnali beavatkozással is számolni kell. Az első gyűrűben tartózkodókat azonnal orvosi felügyelet alá kell helyezni, a második gyűrűben tartózkodók a sugárveszélyes munkakörben dolgozók maximális éves sugárterhelését szenvedik el, a harmadik gyűrűben élöket pedig haladéktalanul ki kell telepíteni (1. ábra).



1. ábra

Vagyis egy viszonylag közönséges alfa-emitter felrobbantása csekély mennyiségű robbanóanyaggal mintegy fél háztömbnyi ember azonnali orvosi ellátását teheti szükségessé, hogy a kitelepítésről és a kárelhárítás egyéb következményeiről még ne is beszéljünk. A vizsgálatban a rákos megbetegedések sugárterheléssel összefüggő növekedésének várható alakulására is végeztek számításokat: az első gyűrűben 100, a másodikban 1 000, és a

harmadikban 10 000 emberből 1 halhat meg a támadás okozta többlet sugárterheléstől az elkövetkező években.

A POLONIUM

A 84-es rendszámú polónium – mely a 6. főcsoport (oxigéncsoport) utolsó eleme² – kémiai viselkedése már jelentősen eltér a csoport többi elemétől. Míg az előtte lévő homológ, az 52-es rendszámú tellúr félfém, addig a Po már egyre inkább fémes sajátosságokat mutat, savakban jól, lúgokban kevésbé oldódik. Vegyületeiben általában +4 és +2, ritkábban +6 oxidációs számmal fordul elő, elektronegativitása 2,0 a Pauling-skálán. Rendkívül ritka elem, mind a 25 ismert izotópja radioaktív (194-218 tömegszámúak). A leghosszabb élettartamú a Po-209 (felezési ideje 103 év), a „leggyakoribb” pedig a Po-210 mely az urán-238 (a természetes U több mint 99%-a) bomlási sorában az egyik utolsó radioaktív elem, mielőtt a sor átalakulna az ólom-206-os stabil izotópjába. A Po-210 felezési ideje kb. 138 nap, erős alfa-sugárzó, gamma-sugárzást csak átlagosan minden százszázadik bomlásnál bocsát ki. Az alfa-részecskék energiája 5,407 MeV. Toxicitására jellemző, hogy 5 milliószor mérgezőbb a cianidoknál: 50 nanogramnyi mennyisége szájon át már halált okozhat, míg a hidrogén-cianid halálos dózisa 250 mg. Fajlagos aktivitását jól jellemzi, hogy 5 milliószorosa a rádium-226-nak. Már 1g Po-210 is 140 W hőteljesítményt ad le és közel 500 °C-ra melegszik a remanens hő révén. Nem véletlen, hogy a Po-210-et előszeretettel alkalmazzák izotópos termoelektromos generátorok „üzemanyagaként” (pl. műholdakban). Fontos hangsúlyozni, hogy az RTG-izotópok mind a biztonsági, mind pedig sugárvédelmi kockázataikat tekintve A, illetve 1 (legmagasabb) kategóriájú izotópok. [7][8] Minden veszélyessége és ritkasága ellenére a Po-210 nem idegen a hétköznapoktól, használják/használták antisztatikus bevonatok anyagaként (az alfa-részecske +2 töltése könnyen elnyeli az elektronokat), de különféle radiográfia vizsgálokban berillium ötvözetként neutronforrásnak is (az alfarészecskék elnyelése után a Be-9 neutron bocsát ki).

Térjünk vissza a Po-210 kémiai és fizikai tulajdonságaihoz. Hidridje (PoH₂) alacsony forráspontú folyadék. Kettő-, négy- és hatértékű halogenidjei – hasonlóan a tellúr-halogenidekhez – dipólusos, vagyis vízben jól oldható, az élő szervezetben könnyen felszívódó vegyületek, ráadásul nagyon illékonyak. Di- és trioxidjai szintén poláros vegyületek. Oxidjai egyébként a főcsoport más elemeivel (kén, szelén) polonátokat képeznek (SPoO₃ és SePoO₃) melyek szilárd halmazállapotúak. [9] A fém Po tenziója is nagyon magas, 55 °C-ra melegítve két nap alatt az anyag 50%-a szublimál.

Az élettani hatásait tekintve a Po-210 dóziszfaktora (radiotoxicitása) a tápcsatornában felszívódva 0,51 μSv/Bq, belélegezve pedig 2,5 μSv/Bq, mivel a Po-210 fajlagos aktivitása 166 TBq/g, így könnyen kiszámítható, hogy a 4,5 Gy-s félhalálos dózisterheléshez mindössze 53 nanogramnyi anyag elfogyasztása, vagy 11 nanogramnyi belélegzése szükséges. A biztos hatás érdekében a letális dózishoz (6-7 Gy) értelemszerűen ezeknél a mennyiségeknél több szükséges. Nem szabad megfeledkezni azonban arról sem, hogy a sugárzás a szervezetben csak lassan terjed szét és fejt ki pusztító hatását, és az inkorporált Po-210 mennyiség fele 30-50 nap alatt kiürül a szervezetből. Tehát a valóságban a számított értékeknél 15-20-szor nagyobb mennyiségre van szükség a halálos mérgezéshez.

A szervezetbe került Po-210 elsősorban a májat, a vesét, a csontvelőt és a lépét támadja meg, ha felhalmozódik ezekben a szervekben, akkor azokat sokkal intenzívebben károsíthatja.

Mindezek után nem véletlen, hogy a Po-210-re vonatkozó egészségügyi határértékek rendkívül alacsonyak, mindössze 6,8 pikogramm az elfogadható mennyisége az emberi testben, maximális koncentrációja a levegőben pedig köbméterenként 4,5 femtogramm lehet. [10] Ehhez képest, például az Egyesült Államokban csak a 16 Ci (592 GBq) feletti vásárlások

² A Po-nak ugyan létezik a 116-os rendszámú homológja (ununhexium – Uuh), de ez csak mesterségesen állítható elő, és felezési ideje 0,6 ms.

nyilvántartása kötelező, mely a halálos dózis 5000-szerese, és még a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlása is csupán e mennyiség tizedének tenné kötelezővé a bejelentését. Ez elég kockázatos, hiszen a Po-210 biztonságos kezelése rendkívüli elővigyázatosságot igényel és meglehetősen bonyolult.

Érdekesség, hogy a Po-210 megtalálható a dohányfüstben is, így a dohányosok bordáiban kétszeres mennyiségben mutatható ki, mint a nem dohányzókéban. [11]

A „LITVINYENKO-ÜGY” – RADIOLÓGIAI MERÉNYLET

Alexander Litvinyenko 2006 őszi londoni megmérgezése a történelem első, bizonyított alfa-sugárzóval elkövetett gyilkossága. Természetesen a Po-210 már korábban is okozott haláleseteket (Irène és Frédéric Joliot-Curie halála, laboratóriumi balesetek az ötvenes években Izraelben, illetve Po-Be forrás baleset), de ez az első ismertté vált eset, hogy szándékosan mérgezték meg valakit vele. Mivel az eset meglehetősen homályos, túlzottan átpolitizált, továbbá feltehető a dezinformációs szándék, ezért csak a tényeket tekintjük át röviden.

A mérgezésre feltehetőleg 2006. november 1-jén kerülhetett sor egy londoni étteremben. A Po-210 valamely jól oldódó sóját keverhették az ex-kém ételébe. November 17-én hajhullással, hányással, kiszáradással vették fel a londoni University College kórházba, ahol a fehérvérsejtek számának kóros csökkenését is diagnosztizálták. Az első gyanú alapján rögtön felmerült a radioizotópos mérgezés valószínűsége, majd ezt nem sokkal később cáfolták, és csak november 24-én, egy nappal Litvinyenko halála után erősítették meg újra. A halál közvetlen oka a szív szöveteinek súlyos károsodása miatt fellépő szívelégtelenség. Becslések és a boncolást követő számítások szerint a halálos dózis többszörösét (kb. 5-10-szeresét) juttatták a szervezetébe. [12]

Mivel a Po a szervezetből kiválasztással távozik, így már rövid idő elteltével kimutatható a vizeletben és a verejtékben is. Azonban a távozó testnedvek nem csak kimutatásra alkalmasak, hanem ilyen súlyos mérgezés esetén maguk is kontaminációt okoznak. Az áldozat spontán életműködésével képes elszennyezni környezetét és azokat az embereket, akikkel testi kontaktusba kerül, akár csak egy kézfogás vagy érintés erejéig. Ráadásul az elszennyezett helyszíneken megforduló olyan személyek is elszennyeződhetnek, akik személyesen nem is találkoztak az áldozattal. Ettől kezdve a további megbetegedések jóformán csak a véletlenül múlnak: történik-e inkorporálás, bejut-e valahogy a szervezetbe az alfa-sugárzó, és ha igen, milyen mennyiségben?

Az Egyesült Királyság Egészségvédelmi Ügynökségének (HPA) 2007. március 8-án kiadott sajtóközleménye szerint a vizsgált 729 emberből 712 esetében nincsenek egészségügyi következmények. Ebből 592 esetben a teljes napi vizeletben 30 mBq a Po-210 aktivitása, mely ugyan majdnem duplája a szokásos értéknek, de nem tartják valószínűnek, hogy inkorporáltak volna. 85 ember esetén ezt meghaladja a Po mennyiség, de a dózisegyenérték 1 mSv alatt marad, vagyis még nincs szükség orvosi kezelésre, bár az egyének feltehetőleg inkorporáltak a Po-210 izotópot. 35 esetben a dózisegyenérték 1 és 6 mSv közötti, tehát orvosi beavatkozásra itt sincs szükség, de egyre nagyobb a valószínűsége, hogy Po-210 került a szervezetükbe. 17 esetben a dózisegyenérték már meghaladja a 6 mSv-et, vagyis bár kis valószínűséggel, de a hosszú távú, sztochasztikus hatások előfordulhatnak³. [13]

³ Az ügygel kapcsolatos további információk találhatóak az alábbi, [13] honlapon: http://www.hpa.org.uk/hpa/news/articles/press_releases/2007/070306_polonium-210.htm Sajnos, az ügy adatai a rendőri nyomozás miatt jelenleg nem elérhetők, viszont 1-3 GBq mennyiség a becslés, aminek kb. 10%-a kerülhetett a véráramba (100-300 MBq). Ez rendkívül jól összecsend Fehér István professzor úr számításai (100 MBq – szóbeli közlés), illetve a cikkünkben implicit leírt 140-180 MBq becslésekkel. Pontos adatokat természetesen még a boncolás sem hozhat (rengeteg a bizonytalanság, csak becsülhető elem például a felszívódás, kiürülés, hatásmechanizmus stb.). A sors fintora, amely tovább növeli az alfasugárzó esetleges alkalmazásának a veszélyeit, hogy legfeljebb az elkövetőknek lehetnek hiteles információik.

Bár a volt ügynök szervezetébe a halálos dózis többszörösét juttatták gyilkosai, de ez a mennyiség még így is rendkívül csekély volt, mégis elegendő, hogy 17 másik ember számára jelentsen egészségügyi kockázatot, akik esetleg csak ugyanabban a bárban szórakoztak, ugyanazon a repülőgépen utaztak, lehet, hogy még csak nem is az áldozattal egy időben.

EGYÉB ALFA-SUGÁRZÓK

Természetesen a Po-210 mellett még számos alfa-sugárzó közül választhatnak az elkövetők. A leggyakoribbak az aktinidák közé tartoznak: urán-235 és 238, pluótónium-239, amerícium-241, kúrium-244. Kémiai és fizikai tulajdonságaik hasonlóak, az U kivételével a természetben nem fordulnak elő. Többségük amellettt hogy alfa-sugárzó, még spontán hasadásra is képes. Nehézfémek, elemi állapotban és vegyületeikben is erősen mérgezőek, bár toxicitásuk elmarad a rádiumétól. Általában hosszú felezési idejük, ez több ezer, millió, de akár milliárd év is lehet, vagyis egy támadás esetén a környezet szennyezettsége igen hosszú ideig megmarad, illetve az élő szervezetbe került anyag aktivitása is csak igen lassan csökken, tehát pusztító hatásukat változatlan erővel tudják kifejteni.

Természetesen igen nagy különbségek mutatkoznak a hozzáférhetőségük tekintetében is. Bár az U és a Pu rendkívül gyakori, hiszen óriási tömegekben használja a nukleáris ipar, illetve keletkezik a reaktorokban, ennek ellenére viszonylag nehezen hozzáférhetőek, hiszen szigorú nemzetközi ellenőrzés alatt állnak, mint a nukleáris fegyverek alapanyagai. Az Am viszont meglehetősen hétköznapi alfa-sugárzó, radiográfiás műszerekben, neutron-forrásokban, füstérzékelőkben is megtalálható. Komoly gondot okozhatnak a használaton kívülé vált források, hiszen ezek könnyen gazdátlaná válhatnak, elveszhetnek, tehát könnyen illetéktelenek kezébe kerülhetnek.

Az U átalakítása, dúsítása, illetve a Pu reprocesszálása miatt igen kiterjedt vegyipar áll mögöttük. A kémiai átalakítás fázisában nitrát és oxid, a dúsításban pedig rendkívül illékony halogén vegyületeiket állítják elő. Az élő szervezetben különösen a nitrát és a halogénid szívódik fel könnyen, az oxidok és karbonátok oldékonysága kisebb. A többi aktinida hasonló tulajdonságú vegyületeket képez.

Ugyan nem tartozik az aktinidák közé, de szintén jelentős alfa-emitter a Ra-226. Ez az alkáliföldfém rendkívül toxikus, több mint ezer év felezési idejű, jól oldódó vegyületeket (sókat) képez, melyekből könnyen lehet igen finom eloszlású diszperz rendszereket előállítani. A múltban igen nagy számban használtak Ra-forrásokat, sajnos a használaton kívüliek egy jelentős része mára veszélyeztetett forrássá vált és komoly problémát jelent tárolása, nyilvántartása és ellenőrzése.

ALFA-SUGÁRZÓK A PISZKOS BOMBÁBAN

Az eddigiekben bizonyítottuk, hogy az alfa-emitterek biológiai hatásai az élő szervezetbe kerülve igen súlyosak, már rendkívül kis mennyiségnél is végzetesek. Ha tehát a terroristák célja az áldozatok számának maximalizálása és nem pusztán a pánikkeltés, vagyis ha igazán „tömegpusztító” fegyverre szeretnének szert tenni, akkor az alfa-sugárzók felhasználása kézenfekvőnek tűnik. A továbbiakban azokat az „előnyöket” tekintjük át, melyek még vonzóbbá tehetik az alfa-emittereket a merénylők számára.

Az alfa-sugárzók, különösen azok, melyek nem rendelkeznek jelentős gamma-sugárzással (pl. Po-210), remekül elrejtethetők, hiszen az észlelés feltétele, hogy az árulkodó sugárzás eljusson a detektorba. Mivel az alfa-sugárzás áthatoló képessége rendkívül csekély, már néhány centiméteres légoszlop is termikus szintre lassítja, így a detektálása a szokásos eszközökkel (sugárkapuk, sugárfelderítő, monitorozó mobil készülékek) gyakorlatilag lehetetlen, azt is hozzá téve, hogy az alfa-sugárzás detektálása nem is feladata ezeknek az eszközöknek.

Természetesen az alfa-sugárzás is detektálható, pl. a felületi szennyezettség mérőkben használt ionizációs-kamrával. A sikeres kimutatáshoz azonban elengedhetetlen, hogy a detektor és a forrás távolsága a lehető legkisebb legyen, vagyis csak alapos, célzott vizsgálattal fedezhetők fel.

Még a kis távolság sem feltétlenül elegendő az észleléshez, ha az elkövetők árnyékolást is használnak. Az alfa-részecskék árnyékolása is lényegesen egyszerűbb, mint a gamma-fotonoké, nem igényelnek vastag, nehézfém árnyékolást. Ezáltal az árnyékolt forrás nem lesz feltűnő, viszont könnyen szállítható, elrejthető.

Az eszköz összeszerelésekor a terroristának „csupán” az inkorporálás elkerülésére kell ügyelnie, a külső sugárterheléssel azonban nem kell számolnia, vagyis nem csak mindenre elszánt öngyilkos merénylők próbálkozhatnak meg az elkészítésével.

Piszkos bomba felrobbantásakor elkerülhetetlen, hogy a hatósugáron belül tartózkodók belelegezzék az alfa-sugárzót, emellett a szájüreg kontaminációja miatt biztosan le is nyelnek belőle. A robbanás okozta sérülések szintén lehetővé teszik az izotópok bekerülését a szervezetbe.

Az alfa-emittereknek számos illékony vegyülete ismert (pl. halogenidek) melyek hidrofil jellegüknel fogva kiválóan felszívódnak az élő szövetekben. Az alfa-sugárzók illékony vegyületeinek felhasználásával akár a piszkos bomba „csendes” változatát is bevethetik a terroristák. Ebben az esetben a radiológiai terrorizmus egy sokkal alattomosabb, veszélyesebb és pusztítóbb változatával állunk szemben. Ilyenkor a sugárzó anyagot nem egy látványos robbanás teríti szét, hanem a sugárzó anyag illékony vegyületeit valamely emberekkel zsúfolt zárt tér (bevásárlóközpont, sportcsarnok, metró) szellőztető, levegő keringető rendszerébe juttatják. Az ilyen támadás nem csak váratlan, de észrevétlen is marad, lassan, alattomosan fejtvé ki pusztító hatását akár emberek százain, ezerein is.

Rendkívüli toxicitásuk miatt az alfa-sugárzók határozott rokonságot mutatnak a vegyi harcanyagokkal, azzal a különbséggel, hogy a vegyi harcanyagok általában gyorsan kifejtik hatásukat, hiszen céljuk éppen az ellenség élőerejének mielőbbi, gyors leküzdése (megsemmisítése vagy harcképtelenné tétele), addig az alfa-sugárzók esetén a hatások késleltetve, lassan jelentkeznek, mikor már az elváltozások többnyire visszafordíthatatlanok.

A késleltetett, elhúzódó hatásmechanizmus pedig a biológiai fegyverekkel mutat rokonságot, akárcsak az a tény, hogy a „fertőzött” személy képes a szennyezés továbbadására olyan személyeknek, akik a támadásban nem voltak érintettek, sőt, olyanoknak is, akikkel nem is került személyes kontaktusba.

ÖSSZEGZÉS

Írásunkban bebizonyítottuk, hogy az alfa-sugárzók felhasználása radiológiai merényletekben nem fantazmagória, hanem reális veszély. Ezek az anyagok hatásmechanizmusukat tekintve nem egyszerűen sugárzó anyagok, hanem a tömegpusztító fegyverek két másik fajtájával is rokonságot mutatnak. Az elkövetők számára felhasználásuk számos előnnyel kecsegtet a többi izotóphoz képest. Egy esetleges támadás volumene, következményei katasztrofálisak lehetnek, tehát egy alfa-sugárzó hatóanyagú radiológiai fegyver valóban tömegpusztító fegyverként viselkedhet.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Solymosi József: Nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettsége – előadás a „Tudomány, honvédelem, reform” MTA Konferencián, Budapest, 2006. november 27.
- [2] <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/dirty-bombs.html>
- [3] Molnár Kolos – Solymosi József – Vincze Árpád: A nukleáris fegyverek elterjedését megakadályozó nemzetközi rendszerek működési tapasztalatainak alkalmazása, Haditechnika 2006/6, 10-17. oldal
- [4] http://www.ddkkk.pte.hu/alkfiz/konyvtar/atomfizika/3/a3_ea.htm
- [5] <http://toxnet.nlm.nih.gov/>
- [6] <http://www.fas.org/ssp/docs/030602-kellytestimony.htm>
- [7] Security of Radioactive Sources – Interim Guidance for Comment (IAEA-TECDOC-1355) – June 2003, Vienna, Austria
- [8] Categorization of Radioactive Sources (IAEA-TECDOC-1344) – July 2003, Vienna, Austria
- [9] <http://www.answers.com/polonium>
- [10] <http://periodic.lanl.gov/elements/84.html>
- [11] <http://en.wikipedia.org/wiki/Polonium>
- [12] http://www.sg.hu/cikkek/48790/egy_ex_kem_halala
- [13] http://www.hpa.org.uk/hpa/news/articles/press_releases/2007/070308_polonium-210.htm