

SAVREMENI BOJNI OTROVI I PROCENA GUBITAKA

Hemijska oružja, kao i atomska, jesu sredstva za masovno uništavanje i predstavljaju ozbiljnu opasnost za čovečanstvo. Ova opasnost se uvećava napretkom u nauci i tehnici i usavršavanjem ovih sredstava za eventualni rat. No, iako je u toku poslednjih godina došlo do mnogih promena na području nervnih bojnih otrova (BOT) u pogledu povećavanja broja hemijskih jedinjenja koja spadaju u njihovu kategoriju i mnogo su opasnija od sada poznatih, ipak se i dalje smatra da bi ljudstvo koje bi se našlo na prostoriji kontaminiranoj nervnim BOT imalo do 30% sanitetskih i nesanitetskih gubitaka. Da bismo razmotrili da li je ova procena realna, nužno je izvesti uporednu analizu na čemu je osnovana pređašnja i na čemu se bazira nova procena.

OPŠTI RAZVOJ NERNVIH BOT

Od početka I svetskog rata mogućnost proizvodnje i zalihe BOT su se ogromno uvećale, posebno u zemljama sa razvijenom hemijskom industrijom. Dok je u toku I svetskog rata upotrebljeno oko 40.000 tona BOT, mogućnosti proizvodnje u fašističkoj Nemačkoj uoči II svetskog rata dostigle su 184.000 tona godišnje. Masovna proizvodnja ovih otrova nastavljena je i nakon II svetskog rata, a produžilo se i sa intenzivnim radom na pronalaženju novih otrovnih ratnih sredstava, kao i na razradi metoda njihove borbene upotrebe.

U mnogim zemljama su u strogoj tajnosti izrađeni programi za razvoj hemijskih oružja koji su, zahvaljujući velikim sredstvima i angažovanju velikog broja stručnjaka, neminovno doveli do masovne proizvodnje, povećavanja efikasnosti razorne snage i napretka u tehnici upotrebe raznih vrsta hemijskog oružja. Prema raspoloživim podacima, ukupna potencijalna proizvodna mogućnost otrovnih supstancija u kapitalističkim zemljama može grubo da se proceni na 500—600 hiljada tona godišnje. Pojavljuje se i niz podataka o ogromnom ubitačnom i onesposobljavajućem dejstvu hemijskih oružja na čoveka, životinje, biljke i o prednosti njihove upotrebe u izvesnim ratnim situacijama. Sve to pruža sliku o velikoj opasnosti koju ova oružja predstavljaju. Izvesno je da su mnoge zemlje koje imaju visoko razvijenu hemijsku industriju potpuno rešile probleme sinteze organofosfornih supstancija i da imaju dobro razvijenu proizvodnju ovih materija koje služe za uništenje insekata — insekticida (paration, sistoks, malation i dr.) Najefikasniji nervni bojni otrovi nalaze se u bliskom odnosu sa insekticidima, pa se manjim hemijskim promenama može relativno neškodljiva materija preobraziti u smrtonosno ili onesposobljavajuće sredstvo

ogromne jačine. Sem toga, ni priprema hemijskih ratnih sredstava ne zahteva specijalna postrojenja: za njihovu proizvodnju može se upotrebiti i obična hemijska laboratorija, kao i ustanova koja nije usko specijalizovana za to, a instalacije su toliko slične onima za proizvodnju insekticida da bi njihova identifikacija bila vrlo teška. Iz toga sledi da se veliki broj zemalja može u potpunoj tajnosti pripremiti za proizvodnju i upotrebu hemijskog oružja.

U armiji SAD poklanja se velika pažnja istraživanjima na području BOt. U odnosu na primenu i zaštitu od BOt preovladavala je do pre nekoliko godina doktrina koja je bazirala na pretpostavci da će hemijski napadi biti pojedinačni ili neučestali. Danas se polazi od stanovišta da će napadi biti masovni i dugotrajni, sa mogućnošću trenutne realizacije efikasnih koncentracija BOt na velikim prostorima (smrtonosna koncentracija na nekoliko desetina km²). Još 1956. god. u hemijskom korpusu radilo je preko 7.000 lica (1.400 tehničara, 4.000 raznog osoblja, 260 oficira i 1.600 vojnika). U 1961. god. budžet hemijske službe oružanih snaga SAD iznosio je 125 miliona dolara. Istraživanja novih BOt, naročito nervnih, vrše se u Edžvudovom arsenalu. U tu svrhu razne industrije (hemijska, farmaceutska itd.) šalju mesečno do 400 jedinjenja na ispitivanje, među kojima ima i otrovnijih od nervnih BOt, ali im nedostaju izvesne osobine koje bi ih okvalifikovale kao potencijalne BOt¹. Sintetizovani su i neki organofosforni otrovi čije se dejstvo sastoji u uspavlivanju ljudi, a navodi se da bi proizvodnja tih BOt trebalo da otpočne 1966. godine. U Portonu, hemijskom istraživačkom centru engleske armije i u neposrednoj blizini Pariza, u hemijskom istraživačkom centru francuske armije, takođe se vrše istraživanja velikih razmera. Postoje indicije da i Savezna Republika Nemačka i Japan ponovo otpočinju istraživanja na području BOt².

U poslednje vreme u vojnostručnoj literaturi sve češće se pominju tzv. VX (ve-iks) otrovi, jedna nova grupa organofosfornih jedinjenja koja po svojoj otrovnosti daleko nadmašuje danas već »klasične« nervne BOt: tabun, sarin i soman. Radi se o slabo isparljivim tečnostima, bez mirisa i ukusa, koje su, navodno, 100 do 1.000 puta toksičnije od dosad poznatih nervnih BOt. U tečnom, parnom ili aerosolnom stanju imaju veliku sposobnost dejstva kroz kožu: samo jedna kapljica dovoljna je da izazove smrt. Ovi otrovi mogu da zatruju živu silu čak i kad je pod zaštitnom maskom. U aerosolnom stanju naročito su opasni kad dejstvuju preko organa za disanje. Dejstvuju mnogo sporije od sarina. Osim njih pominju se i tzv. BOt tipa F (F-1, F-2, F-X), otkriveni u Švedskoj. U američkoj armiji nalaze se u grupi nervnih BOt — osim GA, GB i GD (tabun, sarin i soman) — još GF (neobjavljene konsti-

¹ Tako, na primer, jedan aril karbamat ima toksično dejstvo 30 puta jače od sarina, sa izraženim antiholinesteraznim osobinama, ali je veoma otežana sinteza. Među sulfanijumnim organofosfornim jedinjenjima ima i takvih koja su i do 100 puta toksičnija od sarina, ali je otežano njihovo uskladištenje.

² U 1962. god. zapadna štampa je objavila da je bivši glavni farmakolog Vermahta Wolfgang Virt, koji je neposredno rukovodio istraživanjima sa tabunom, sarinom i somanom, u pregovorima sa predstavnicima Bundesvera o radu na proizvodnji i istraživanjima toksičnih materija.

tucije) i VX otrovi³. (Prema izjavi generala Krisija od postojećih nervnih BOt moguće je napraviti do 20 raznih kombinacija).

Do danas u svetskoj literaturi nije objavljen ni jedan podatak koji bi pobliže objasnio hemijsku strukturu VX otrova. Bez sumnje, današnji razvoj tehnike omogućuje njihovu primenu kako u gasovitom tako i u aerosolnom stanju. Karakteristike su im takve da se mogu primenjivati i u napadu i u odbrani, za dejstvo po živoj sili i za kontaminaciju zemljišta. Smatra se da VX otrovi kod žive sile pod zaštitnim maskama, ali bez zaštitnog odela, mogu izazvati isti efekat kao sarin kod potpuno nezaštićenog ljudstva.

Poznato je da su tabun, sarin i soman veoma otrovna jedinjenja, pa se može postaviti pitanje — kakve praktične svrhe imaju istraživanja u svrhu pronalazačenja još otrovnijih jedinjenja. Čisto teoretsko sagledavanje problema ukazuje na to da ne postoji tako savršen BOt da ne bi trebalo tražiti još savršeniji, bez obzira na mogućnosti upotrebe ili cenu proizvodnje. Praktično gledano, da bi BOt mogli da deluju, tj. da izazovu određeni efekat na bojnopolju, potrebna je određena koncentracija otrova; što je veća toksičnost, potrebna je manja količina BOt da se postigne određena koncentracija (efekat). Na području nervnih BOt poznato je da »klasični« otrovi dejstvuju preko organa za disanje. Sa vojnog stanovišta, mnogo veći efekat bi se postigao jedinjenjima koja deluju i preko kože, jer zaštitna maska predstavlja savršenije sredstvo zaštite od bilo kakve odeće, pa i specijalne zaštitne.

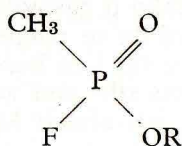
NOVINE NA PODRUČJU SINTEZE ORGANOFOSFORNIH OTROVA

Poslednjih 10 godina objavljeni su u svetskoj literaturi podaci o celom nizu organofosfornih jedinjenja čija toksičnost prevazilazi i toksičnost somana. Sigurno je da sva ta jedinjenja ne predstavljaju potencijalne BOt zbog svojih fizičko-hemijskih osobina, skupe proizvodnje itd., ali je najverovatnije da među njima (ili njima sličnim jedinjenjima) treba tražiti i VX i F otrove. Iz tih razloga korisno je dati kratak prikaz o tim jedinjenjima, njihovim svojstvima i otrovnosti kako bi se predočile sve neslućene mogućnosti koje leže na području sinteze potencijalnih nervnih BOt i, u vezi s tim, koliki zadaci čekaju vojnu toksikologiju i vojnu medicinu na području zaštite od otrova koji su već sintetizovani.

³ Nervni BOt za potrebe oružanih snaga SAD proizvodili su se do pre nekoliko godina u Roki Mauntin arsenalu, u Koloradu (uglavnom sarin), a poslednje 4 godine u Njuportu (Indijana). Na terenu gde se nalazio jedan atomski reaktor proizvodi se nervni BOt tipa VX. Proizvodnja je po uzoru na sarin i veoma je jeftina, tako da ceo pogon (radi se u 3 smene) godišnje košta manje od proizvodnje jednog strategijskog bombardera. Preko sistema cevi dugog 60 km i automatizovanog pogona, BOt se u tečnom stanju puni u rakete, mine i artiljerijska zrna. Kontrola punjenja ostvaruje se rendgenskim postrojenjem. Mere zaštite u proizvodnji provode se veoma striktno: najveći deo otpadnih produkata spaljuje se, a ono što preostaje sipa se u granitne rezervoare i potapa u okean na dubinu veću od 1.500 m; u toku proizvodnje radnici svakih 90 min. kontrolišu svoje zaštitne maske i zaštitnu odeću.

Od novosintetizovanih organofosfornih otrova ovde su izdvojene četiri osnovne grupe.

Prva grupa: fluorofosforilholini (po pronalazaču nazvani Tamelinovi otrovi) opšte formule



Do sinteze ovih jedinjenja došlo se u laboratorijama švedske armije u Sindbergu (B. Holmstet, L. Larson i L. E. Tamelin, pod rukovodstvom G. Ljungrena, sintetizovali su i ispitali ceo niz supstanci). Nije isključeno da među ovim jedinjenjima treba tražiti ona koja se u vojnoj literaturi obeležavaju kao F otrovi. Pronalaskom ove grupe organofosfornih otrova treba računati sa mogućnošću pojačane kombinovane primene zbog sinergističkog efekta (pojave kad dva jedinjenja, primenjena zajedno, ispoljavaju veću otrovnost nego kad se zbroje pojedinačna dejstva). Prema onome što se do sada zna, izglda da bi primena smese somana i fluorofosforilholina mogla da ispolji izvanredan toksičan efekat. Sinteza ovih jedinjenja ista je kao kad se sintetizuju sarin i soman.

Toksičnost ovih jedinjenja veoma je velika, što se vidi iz ovog pregleda:

Zanimljivo je to što ova jedinjenja ne deluju samo putem inhibicije holinesteraze (ChE)⁴, već imaju i druga direktna dejstva na organizam. Inače, sva ova jedinjenja su veoma osetljiva na hidrolizu (rastvaranje u vodi) i hidrolizuju mnogo brže od sarina (pri pH=8, gde je pH negativni logaritam koncentracije vodonikovih jona, čak i 35 puta brže). Inhibiranu ChE nije moguće reaktivirati pomoću oksima.⁵

O svim tim jedinjenjima do sada nisu objavljeni podaci kako dejstvuju na ljude. Međutim, objavljeni podaci o fizičko-hemijskim osobinama, farmakološki i toksikološki podaci ukazuju na to da se radi o krajnje otrovnoj grupi organofosfornih jedinjenja na koju se mora računati kad se razmatraju potencijalni nervni BOT. Njihova neotpornost prema hidrolizi nije činjenica koja bi smela zavesti u oceni mogućnosti njihove primene. Poznato je da je cijanovodonična kiselina bila smatrana neupotrebljivom kao BOT sve dok nije pronađen način

jedinjenje	miš	zamorce
A	0,1	0,01
B	0,07	0,008
C	0,05	0,006

(Data je količina otvora u mg, preračunata na 1 kg telesne težine koja se opitnoj životinji ubrizgava u trbušnu duplju — intraperitonealno, i. p. — i od koje uginu 50% životinja — LD₅₀, oznake A, B i C su za 3 predstavnika iz ove grupe organofosfornih otvora).

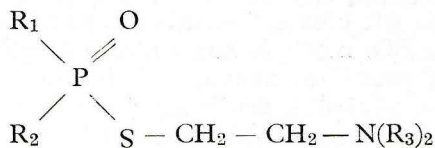
⁴ Holinesteraze (ChE) su enzimi koji u organizmu razaraju acetilholin. Inhibicija (inhibitio — lat.) je kočenje, sprečavanje neke organske radnje — funkcije voljom ili spontanom — nevoljnom fiziološkom radnjom. Usled dejstva nervnih BOT dolazi do inhibicije holinesteraze i usled toga do nagomilavanja acetilholina (vrlo otrovna materija koja nastaje pri prenošenju nervnih impulsa), što predstavlja osnovni mehanizam delovanja nervnih BOT.

⁵ Oksimi — grupe organskih jedinjenja od kojih su se neka pokazala neobično efikasnim u lečenju trovanja nervnim BOT. Osnovni mehanizam njihovog dejstva sastoji se u ponovnom uspostavljanju (reaktivaciji) aktivnosti holinesteraze.

kako da se primenjuje u ratnim uslovima, a danas se na nju, kao BOT, i te kako računa. S obzirom na to da je od objavljivanja sinteze fluorofosforilholina proteklo već nekoliko godina, vrlo je verovatno da je problem njihove stabilizacije takođe rešen na zadovoljavajući način.

Druga grupa: fosforiltioholini (ponegde se nazivaju i amitonima) opšte formule

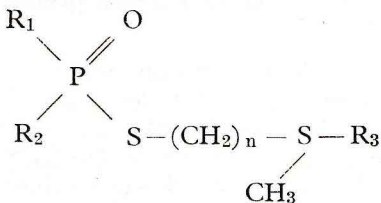
Neka jedinjenja iz ove grupe imaju još jače izražena toksična svojstva od prve. Tako, na primer, dok tetram-amiton izaziva kod miševa smrt u 50% slučajeva u koncentraciji od 0,5 mg/kg,



metiletoksisfosforiltioholin ima isto dejstvo već kod 0,03 mg/kg. To je ujedno i derivat iz te grupe jedinjenja (od objavljenih) sa najvećom toksičnošću. Sva ta jedinjenja brzo prodiru kroz kožu i jako su otrovna kada tako dejstvuju. 100% smrtnost (LD₁₀₀) za čoveka je 2 mg/kg. Svi oni su snažni inhibitori ChE. Simptomi trovanja javljaju se 5—10 puta kasnije nego kod sarina. Reaktivacija inhibirane ChE sa oksimima je mogućna, što je veoma važno u terapiji trovanja tim jedinjenjima. Sva ova jedinjenja su vrlo otporna prema hidrolizi i ispod pH-10 praktično ne hidrolizuju. Pod normalnim vremenskim uslovima zadržavaju se dugo na terenu.

Imajući u vidu do sada objavljene podatke o toj kategoriji organofosfornih jedinjenja, naročito njihovu izrazitu toksičnost i veliku postojanost, postoje i izgledaju verovatnim mišljenja da upravo među njima treba tražiti VX otrove, jer je jedna od objavljenih karakteristika tih otrova i njihovo snažno delovanje preko kože, čime je zaštita i ostalih delova tela, pored disajnih organa, ušla u prvi plan.

U treću grupu organofosfornih otrova spadaju jedinjenja opšte formule



Sinteza tih jedinjenja se odvija slično grupi I i II.

Ta jedinjenja su uljaste materije, u vodi su praktično nerastvorljive i imaju veoma mali napon para. Kod najtoksičnijeg jedinjenja iz ove grupe LD₅₀ iznosi (kad se pacovu ubrizga uvenu) 0,006 mg/kg. Sva

ova jedinjenja su snažni inhibitori ChE, a reaktivacija pomoću oksima je mogućna. Detaljniji podaci o antidotnoj (protivotrovnoj) terapiji trovanja ovim jedinjenjima pomoću oksima, koliko je nama poznato, za sada nisu objavljivani.

U ovoj seriji jedinjenja kriju se neslućene mogućnosti, jer relativno netoksični proizvodi hidrolizom u vodenim rastvorima (pa i pri dužem stajanju) mogu da se transformišu u jedinjenja vanredne toksičnosti. Verovatno se zbog toga u toj grupi jedinjenja kriju ogromne mogućnosti za razvoj novih nervnih BOT, s obzirom na moguće mnogobrojne varijacije u molekuli i samotransformaciji koje dovode do jedinjenja ogromne otrovnosti.

Zajedno sa stvaranjem novih, vrlo efikasnih otrovnih materija i organizovanjem masovne proizvodnje, tražena su i nalažena sve savremenija sredstva za njihovo lansiranje. U tom pravcu veliki napredak postignut je upotrebom višecevnog raketnog minobacača koji za 10—20 sekundi može da stvori opasnu koncentraciju sarina na nekoliko hektara zemljišta. Rakete sa hemijskom bojevom glavom mogu da proizvedu isti efekat. Jedan savremeni teški avion sa teretom od 10 do 15 tona BOt može da kontaminira prostor koji je približno velik kao i onaj koji može da zahvate atomske bombe srednje ili velike snage. Vrlo velik napredak postignut je i u diseminaciji (rasprostiranjju, rasprskavanju) BOt pomoću rezervoara montiranih na avione nadzvučne brzine.

Kao posledica povećane otpornosti jedinjenja i usavršenih sredstava primene, moguće je osetno smanjiti i količinu otrova potrebnu da se izazove određeni efekat, i vreme da se postigne određena koncentracija, i ekspoziciju (vreme izloženosti ljudi) potrebnu za određeni efekat. To znači da primena nervnih BOt može biti rentabilna nezavisno od vremenskih uslova, a upotreba celishodna i protiv pokretnih i nepokretnih ciljeva.

ZAŠTITA

Detekcija. Na području detekcije BOt u vazduhu učinjen je znatan napredak. Za razliku od starih tipova automatskih detektora, gde je bilo potrebno najmanje pola minuta da bi se dobili zvučni ili svetlosni signali, to vreme je novim automatskim detektorima skraćeno na samo nekoliko sekundi. Stari detektor je mogao poslužiti samo da signalise prestanak opasnosti, odnosno da odobri skidanje zaštitnih maski, a novi služi i da da uzbunu za stavljanje maske u zaštitni položaj. U odnosu na detekciju BOt u vodi, na namirnicama i zemljištu, osetljivost metoda je donekle uvećana, ali neka kvalitativna razlika između pređašnjih i sadašnjih metoda i sredstava ne postoji.

Dekontaminacija. Klasične metode dekontaminacije koje su bile veoma uspešne kod tabuna, sarina i somana, ni izdaleka nisu tako efikasne kod VX otrova. To se odnosi na sve objekte koji podležu dekontaminaciji (ljudi, voda, namirnice, zemljište, naoružanje, MTS itd.). U odnosu na ljude važno je istaći da treba računati sa kontaminacijama u mnogo većem obimu nego dosad, jer se VX otrovima mogu kontaminirati velike površine takvim koncentracijama da bi onaj ko takvim terenom prođe samo nekoliko metara, na svojoj odeći mogao akumulirati smrtonosne doze otrova. S druge strane, za dekontaminaciju materijala, a naročito ljudi, veoma otežavajuću okolnost predstavlja to što se ti otrovi ne razlažu ispod $\text{pH}=10$, što znači da je potrebna primena veoma drastičnih sredstava za dekontaminaciju. Dosadašnje norme i sredstva za dekontaminaciju morali bi pretrpeti osetne izmene.

Lična zaštitna sredstva. Savremene zaštitne maske odgovaraju i kad se očekuju masovni i dugotrajni napadi BOt jer su, u odnosu na ranije tipove, udobnije i lakše se podnose, tako da ih je moguće dugo nositi. Osim toga, savremena zaštitna maska potpuno štiti od svih BOt, uklju-

čujući XV i F otrove. Ona po svojim svojstvima omogućuje vojniku da pod njom živi, spava i bori se u kontaminiranoj atmosferi ne samo satima, već i danima. Prema nekim shvatanjima, permanentno nošenje zaštitnih maski trebalo bi prekinuti samo za kratko vreme (dok se uzimaju voda i hrana), u koju svrhu treba predvideti izradu specijalnih skloništa neposredno na bojnopolju.

Zaštitna odeća (impregnirana) ne pruža zaštitu od VX otrova, ali je poznato da u SSSR i SAD postoji zaštitna odeća koja potpuno štiti od nervnih — uključujući VX otrove. U SAD se intenzivno radi na proučavanju takve odeće koja bi ne samo štitila od svih nervnih BOt već bi, uporedo sa dekontaminacijom, signalizirala njihovu prisutnost. Problem je zaista veoma značajan, jer je teško pretpostaviti da bi vojnik mogao neprekidno da živi i bori se u specijalnoj zaštitnoj odeći i pod zaštitnom maskom.

Individualni protivhemijski paket. Zasad se još u opremi većine armija, kao sredstvo prve pomoći i lečenja, nalaze sirete punjene atropinom i nije poznato da su nova zaštitna sredstva (oksimi) ili savršeniji oblik sirete (autoinjektor) već ušli u opremu. Razlozi su što je, s jedne strane, teško stabilizovati lekoviti pripravak (nemoguće je dugogodišnje stokiranje) i, sa druge, autoinjektori, kao masovno sredstvo za aplikaciju lekova, skupi su. Međutim, uvođenje VX i F jedinjenja u grupu BOt neminovno će dovesti u prvi plan rešavanje ovog pitanja. Iz naučnoistraživačkih laboratorija švedske armije već su najavljena rešenja za oba ova problema.

Što se tiče sredstva za dekontaminaciju kože (bilo da se radi o mastima, praškovima ili tečnostima), nije provereno da odgovaraju za uspešnu dekontaminaciju VX otrova (s obzirom na potrebu $pH=10$). Dalji razvoj će sigurno ići u pravcu stvaranja preventivnih sredstava za dekontaminaciju, tj. takvih koja će sprečiti da kap koja dospe na kožu prodre u nju i ispolji svoje dejstvo.

PROCENA GUBITAKA

U dosadašnjim razmatranjima o gubicima od nervnih BOt osnovu su predstavljale količine otrova koje čovek udahne, dok je trovanje preko kože bilo razmatrano tek uzgred. Pri proceni gubitaka treba imati u vidu neke osnovne parametre koji omogućuju da se lakše pristupi detaljnijem razmatranju ovog problema.

Dejstvo jednog otrova (intenzitet dejstva — Q), koji dejstvuje preko disajnih organa, zavisno je od proizvoda koji se dobija kad se koncentracija BOt u vazduhu (C) pomnoži sa volumenom (V) udahnutog vazduha ($Q = C \cdot V$), a pošto je volumen udahnutog vazduha jednak volumenu udahnutog vazduha u jedinici vremena (v) pomnoženog sa trajanjem ekspozicije (t), to je

$$Q = C \cdot v \cdot t$$

III — intenzitet dejstva zavisi od količine BOt u jedinici zapremine vazduha, volumena udahnutog vazduha u jedinici vremena i trajanja ekspozicije.

Umesto simbola Q u toksikologiji BOt obično se upotrebljavaju izrazi:

LC₅₀ — koncentracija BOt u vazduhu koja posle 1-minutne ekspozicije pri normalnom disanju izaziva 50% smrtnih slučajeva,

LC₁₀₀ — najmanja koncentracija BOt u vazduhu koja posle 1-minutne ekspozicije, pri normalnom disanju, izaziva 100% smrtnih slučajeva,

IC₅₀ — koncentracija BOt u vazduhu koja posle 1-minutne ekspozicije pri normalnom disanju dovodi do 50% izbačenih iz stroja.

Sve ove vrednosti izražavaju se obično u mg/m³ vazduha.

Pod pretpostavkom da čovek u minuti normalno udiše 16 x 1/2 l vazduha, izvedeni sledeći proračuni gubitaka u odnosu na razne koncentracije sarina u vazduhu (ekspozicija je 1 minut):

Prema ovoj tablici LC₅₀ bi iznosila 100 mg/m³, LC₁₀₀ 200 mg/m³, a IC₅₀ između 20 i 40 mg/m³ (oko 35 mg/m³).

Koncentracija sarina u mg/m ³	Količina inhaliranog sarina	Laki oblici trovanja u %	Srednji oblici trovanja u %	Teški oblici trovanja u %	Smrtonosni oblici trovanja u %
20	0,16	95	5	—	—
40	0,32	45	50	5	—
60	0,48	10	60	25	5
80	0,64	5	30	40	25
100	0,80	—	10	40	50
120	0,06	—	5	25	70
140	1,12	—	—	10	90
160	1,28	—	—	5	95
200	1,60	—	—	—	100

Najnoviji eksperimenti, izvedeni u laboratorijama hemijske službe SAD, pokazali su da proračun od 8 l udahnutog vazduha za minut nije realan. Konstatovano je da se pri različitim vidovima borbениh dejstava troši i različita količina vazduha i to: kod bivakovanja 11 l, u odbrani 24 l, a u jurišu 77 l. Ako bi se ti podaci uzeli u obzir, navedena tablica bi pretrpela korekciju, jer bi podatke navedene u rubrici »količina inhaliranog sarina« trebalo pomnožiti sa faktorom 1,375 za bivakovanje, 3 za odbranu, a 9,625 za juriš. Prema toj korekciji bitno bi se menjao dati odnos, slika gubitaka bila bi drugačija, a koncentracija otrova bi iznosila:

pri bivakovanju: LC₅₀ — oko 75 mg/m³, LC₁₀₀ — oko 145 mg/m³, a IC₅₀ — oko 30 mg/m³;

u odbrani: LC₅₀ — oko 35 mg/m³, LC₁₀₀ — oko 70 mg/m³, a IC₅₀ — oko 15 mg/m³;

u jurišu: LC₅₀ — oko 10 mg/m³, LC₁₀₀ — oko 20 mg/m³, a IC₅₀ — samo 4 mg/m³.

Ti podaci jasno pokazuju da nezaštićena, odnosno neobučena jedinica, nema praktično nikakvih izgleda da preživi napad sarinom čak ni pri bivakovanju.

Sasvim je drugačija situacija ako ljudstvo ima zaštitne maske i zna njima rukovati. Svojevremeno je napravljena sledeća tabela, pod pretpostavkom da je vojnik obučen da stavi zaštitnu masku za 15 se-

kundi, a da pri tom udahne samo 1 l vazduha — 2 udisaja po 1/2 l (vreme ekspozicije — 15 sekundi):

Pod tim uslovima LC₅₀ bi iznosila 800 mg/m³, LC₁₀₀ — 1.600 mg/m³, a IC₅₀ — 320 mg/m³.

Osim toga, smatralo se da vojnik koji maršuje udiše oko 2,5 puta više vazduha od onog koji miruje, a onaj koji trči čak 5—6 puta više, pa da u tim uslovima LC₅₀ vojnika koji maršuje iznosi 320 mg/m³, a za onog koji trči oko 130 mg/m³.

Ekspperimentima izvršenim u okviru hemijske službe armije SAD ustanovljeno je da se vojnici mogu istrenirati tako da

stave zaštitnu masku u roku od 10 sekundi i da za to vreme udahnu u simuliranim uslovima bivakovanja, odbrane i juriša 0,3, 0,4 i 3,7 l vazduha. Međutim, u terenskim opitima udahnute količine iznosile su 2,5, 1,6 i 7,8 l vazduha.

Za realnu procenu situacije treba pretpostaviti da svaki vojnik stalno nosi sa sobom zaštitnu masku, jer u obratnom slučaju takvog vojnika treba smatrati nepovratnim gubitkom.

Po našem mišljenju realno je očekivati tri kategorije vojnika:

a) nije vešt u stavljanju zaštitne maske i zaustavljanju disanja, pa mu je potrebno 20 sek. da je stavi i pri tome diše kao obično, tj. ne zaustavlja disanje;

b) odlično je obučen u stavljanju maske (10 sek.), ali u nedovoljnoj meri zaustavlja disanje (kao što je nađeno u terenskim opitima);

c) odlično je obučen u stavljanju maske i potpuno je savladao tehniku disanja (laboratorijski opit).

Pri proceni gubitaka trebalo bi u tom slučaju imati u vidu da će navedene grupe vojnika udahnuti sledeće količine vazduha u intervalu od uzbune do stavljanja zaštitne maske:

grupa »a«: za 20 sekundi u bivakovanju vojnik udahne 3,67, u odbrani 8, a u jurišu 22,3 l vazduha;

grupa »b«: za 10 sekundi u bivakovanju udahne 2,5, u odbrani 1,6, a u napadu 7,8 l vazduha;

grupa »c«: za 10 sekundi u bivakovanju udahne 0,3, u odbrani 0,4, a u jurišu 3,7 l vazduha.

Na temelju ovih podataka moguće je izvesti sledeće proračune, uzimajući kao osnovu navedene tablice:

Koncentracija sarina u mg/m ³	Količina inhaliranog sarina u mg	Laki oblici trovanja u %	Srednji oblici trovanja u %	Teški oblici trovanja u %	Smrtonosni oblici trovanja u %
do 160	0,16	—	—	—	—
160	0,16	95	5	—	—
320	0,32	45	50	5	—
480	0,48	10	60	25	5
640	0,64	5	30	40	25
800	0,80	—	10	40	50
960	0,96	—	5	25	70
1.120	1,12	—	—	10	90
1.280	1,28	—	—	5	95
1.600	1,60	—	—	—	100

	LC ₅₀			LC ₁₀₀			IC ₅₀		
	„a“	„b“	„c“	„a“	„b“	„c“	„a“	„b“	„c“
Na bivakovanju	220	400	3.000	450	800	6.000	80	145	1.100
U odbrani	100	500	2.000	200	1.000	4.000	44	220	880
U jurišu	36	100	216	72	200	532	16	45	120

Iz tih proračuna proizlazi da protiv dobro obučениh vojnika u bivakovanju i odbrani ne bi bilo rentabilno primeniti sarin, jer bi morale biti upotrebljene suviše velike količine da bi izazvale željeni efekat. S druge strane, nije verovatno ni da bi protiv jedinica u jurišu sarin bio primenjen zbog neposredne blizine obeju strana, iako se ne sme isključiti ni ta mogućnost kod povoljnih vremenskih uslova. Međutim, već kod ljudstva koje ne zna da zaustavlja disanje bile bi veoma efikasne srednje letalne (LC₅₀) i onesposobljavajuće (IC₅₀) koncentracije.

Možda će zaključak biti još očigledniji ako se uporedi kakve bi posledice izazvala ista koncentracija sarina (100 mg/m³) pod raznim uslovima kod ove tri grupe vojnika:

	Na bivakovanju			U odbrani			U jurišu		
	„a“	„b“	„c“	„a“	„b“	„c“	„a“	„b“	„c“
Laki oblici trovanja u %	60	80	—	5	95	—	—	5	45
Srednji oblici trovanja u %	40	20	—	30	5	—	—	30	50
Teški oblici trovanja u %	—	—	—	40	—	—	—	40	5
Smrtonosni oblici trovanja u %	—	—	—	25	—	—	100	25	—

Iako su pokazatelji veoma očigledni, ipak treba istaći da ova koncentracija, koja se može realno očekivati u borbenim uslovima, kod dobro obučениh jedinica na bivakovanju i u odbrani uopšte nema efekta, a kod slabo obučениh praktično izbacuje jedinicu iz stroja.

Teoretski gledajući, vojnici jedinica koje su iznenadno napadnute trebalo bi da stave zaštitnu masku gotovo trenutno i za to vreme da ne dišu. To je moguće ako se vojnik odmara ili se fizički ne napreže. Međutim, ako trči ili slično, to je veoma teško. Ipak, može se postići da se rad sa zaštitnom maskom dovede do automatizacije, što zahteva perfektno poznavanje njene konstrukcije i dugotrajno uvežbavanje.

Prilikom ovih razmatranja, sarin je uzet kao standardni nervni BOT. Međutim, imajući u vidu toksičnost ostalih nervnih BOT, uključujući VX i F otrove, navedene koncentracije za sarin bi u slučaju primene tabuna trebalo množiti faktorom 1,4, somana 0,5, F otrova 0,03 a VX sa 0,01—0,02. To bi značilo da je situacija, kad se primenjuje tabun, povoljnije kod primene somana dosta nepovoljnija, iako još nema kvalitativne razlike, dok se kod primene VX i F otrova situacija kvalitativno menja u odnosu na delovanje primenjenih koncentracija, pošto samo savršeno obučeno ljudstvo ima izgleda da jednim delom preživi.

Da bi se bolje razumelo šta znači uvođenje VX i F otrova u naoružanje, prikazujemo njihovu uporednu toksičnost:

Pod pretpostavkom da se sa 3.000 kg sarina može neutralisati živa sila na površini od 8 km², odnosno uništiti na površini od 4 km², isti rezultat postigao bi se sa približno 5.000 kg tabuna ili 1.500 kg somana. Za isti efekat bilo bi potrebno samo 100—200 kg VX ili F otrova. Ukoliko bi se primenila ista količina VX ili F otrova kao i sarina, postigle bi se takve koncentracije da bi posle samo jednog udisaja nastupila sigurna smrt.

Naziv BOt	LC ₅₀	LC ₁₀₀ (p. c.) ⁶
Tabun	250	—
Sarin	150 ⁷	100—200
Soman	75	—
F otrovi	5	2—10
Metiletoksifosforil-holin	5	2

Kod razmatranja primene ovih jedinjenja javlja se još jedan momenat: udisanje pare sarina je smrtonosno pri ekspoziciji od 1 do 2 min. u koncentraciji 100—300 mg/m³ (pri koncentracijama od 2000—4000 mg/m³ dovoljan bi bio jedan udisaj), ali je malo verovatno da bi se takve koncentracije ostvarivale na bojnopolju.

Postojanje visokotoksičnih VX i F otrova postavlja, pored ostalog, nove probleme i zbog toga što se njima mogu kontaminirati velike površine, a moguće ih je koristiti i u kombinaciji s drugim BOt (npr. sa sarinom ili somanom). Pri ovome bi bitnu ulogu odigrala dva momenta: kombinovano dejstvo preko disajnih puteva i kože i redosled javljanja simptoma trovanja, odnosno umiranja zatrovanih.

Naime, iako i »klasični« nervni BOt predstavljaju izvesnu opasnost i delovanjem preko kože, ona je više-manje zanemarljiva u odnosu na disajne puteve. S druge strane, oko 15 minuta posle primene tabuna, sarina ili somana znalo bi se ko je zatrovan, ko će umreti ili ostati nepovređen, tj. koji deo jedinice je sposoban da nastavi borbena dejstva. Međutim, produženo dejstvo VX ili F otrova dovelo bi do permanentnog viščasovnog ispadanja iz stroja i usled toga do veoma otežanog rukovođenja jedinicama.⁸

Postoji, međutim, jedan vid medicinske zaštite, o kome se pri opštevojnim procenama ne vodi uvek dovoljno računa, a naročito je važan u odnosu na VX ili F otrove. Na području prve pomoći i lečenja od trovanja nervnim BOt učinjen je znatan napredak. Poznato je da se kombinovanom upotrebom atropina i oksima (PAM-2, TMB-4, toksogonin) odmah po trovanju može spasti lice otrovano sa nekoliko smrtnih doza tabuna i sarina (kod somana je taj zaštitni efekat slabiji). Imajući u vidu da se na bojnopolju može realno očekivati koncentracija od 5 LD₅₀ m³/1' sarina, savremena sredstva prve pomoći (aplicirana u vidu rastvora u siretama ili autoinjektorima) omogućuju da prežive i vojnici koji nisu pravovremeno stavili zaštitnu masku, ili je

⁶ Količina u mg koja preko kože prouzrokuje 100% smrtnost.

⁷ Podaci za sarin se razlikuju od onih koji su ranije pomenuti, jer razni stručnjaci daju različite vrednosti za LC₅₀; te razlike, međutim, ne utiču bitno na razmatranje problema.

⁸ Ovde neće biti reči o teškom psihološkom pritisku koji bi konstantno ispadanje iz stroja ispoljavao na ljudstvo, kao ni o uticaju na rad sanitetske službe u odnosu na pružanje prve pomoći, trijaž i evakuaciju.

nisu pravilno namestili. To posredno znači da je u uslovima efikasne lične zaštite vojnika potrebno u većoj meri povećati koncentracije nervnih Bot na bojnopolju ukoliko se želi postići smrtonosni efekat, a to dovodi u pitanje ekonomičnost primene određenog otrova. Pošto se sa znatno manjim količinama VX ili F otrova postiže takva koncentracija koja bi dovela do trovanja protiv kojih su dosad poznata sredstva zaštite nemoćna, nameće se zaključak da će uvođenje VX i F otrova osetno pomeriti odnos između napadnih sredstava i zaštite u korist prvih.

Imajući u vidu sve te činjenice, očito je da rešenje cele problematike leži na terenu medicinske i profilaktičke zaštite ljudi.

Savremena sredstva omogućuju efikasnu zaštitu od nekoliko smrtonosnih doza tabuna i sarina, dok je ta zaštita još neizvesna za soman, VX ili F otrove — bar u odnosu na koncentracije koje na bojištu treba očekivati. Ako se sredstva zaštite primene profilaktički, tj. pre dejstva otrova, mogu i kroz nekoliko sati (2—4) da štite i od višestrukih smrtnih doza otrova. Dalja istraživanja su usmerena na to da se produži delovanje tih i njima sličnih jedinjenja i na mogućnost da budu primenjena u vidu tableta. Jasno je da takvo sredstvo ni nakon dugotrajnog stalnog uzimanja ne bi smelo da ispoljava štetna nuzdejstva. Tek kad bude postojao lek koji će vojnik uzimati svakodnevno ili u dužim vremenskim intervalima, a koji će ga štititi od trovanja, moći će se govoriti o ravnoteži između napada i odbrane od Bot ili čak o prevazi odbrane.

Rezimirajući sve što je izneto, ne izgleda realna sadašnja procena pa kojoj bi jedinica, spremna da dočeka napad bojnim otrovima sa savršeno obučanim ljudstvom, imala oko 30% gubitaka — od čega oko 25% mrtvih, 50% teško i 25% lako zatrovanih, ako se ima u vidu samo sledeće: aparatima za detekciju potrebno je najmanje 5 sek. da daju signal za uzburu, a za postizanje smrtonosnog efekta potrebne su minimalne koncentracije nervnih Bot (narочito VX i F otrova).

Realnost gornje procene mogla bi se obezbediti kad bi postojali sledeći faktori:

da deo jedinice, na smenu, bude stalno pod zaštitnim maskama i tako se osigura od dejstva Bot (osim jednog manjeg dela te smene koji neće imati dobro stavljen masku ili će biti kontaminiran preko kože); da se predvidi da u najskorije vreme u ličnu zaštitu vojnika uđe autoinjektor, punjen smešom atropina i oksima. Uz takvu medicinsku zaštitu, situacija bi i nadalje ostala veoma teška, ali ne i katastrofalna.

Na kraju treba istaći da ovaj kratak, letimičan prikaz problematike savremenih nervnih Bot, bez definitivnih stavova ili ocena, želi samo da ukaže na široke mogućnosti koje leže na području vojnohemijskih materija, posebno s obzirom na gotovo neograničene mogućnosti koje danas vladaju na području sintetske organske hemije. Svakako da oružje koje po svom ubitačnom dejstvu može da se uporedi s atomskim, zahteva da se s punom ozbiljnošću razmotri iz svih aspekata njegove moguće primene i zaštite.

Pukovnik
dr mr ph. Zlatko BINENFELD