

RADIOLOŠKA KONTAMINACIJA PRI NUKLEARNIM VAZDUŠNIM EKSPLOZIJAMA MALE SNAGE

U okvirima nastojanja da svoje armije opreme nuklearnim oružjem i doktrinu izgrade na principima adekvatnim materijalno-tehničkoj osnovi, može se u aktuelnoj literaturi nekih zemalja uočiti da većina autora zastupa mišljenje da će se za neposrednu atomsku podršku taktičkih, pa i operativnih jedinica u eventualnom ratu u najvećoj meri upotrebljavati projektili male i donekle srednje snage i to metodom vazdušnih eksplozija. U cilju realizacije ovakvog mišljenja zahtevaju da se stvori što veća količina raznovrsnih projektila male snage (od 0,1 do 20 KT) namenjenih za podršku osnovnih taktičkih jedinica, čemu su nuklearne sile i pristupile. Zbog toga je veoma značajno sagledati sve posledice, prednosti i slabosti koje povlači za sobom njihova upotreba kako za branioca tako i za napadača. Jedna od tih posledica jeste i problem radiološke kontaminacije.

Potrebno je odmah istaći da se radiološka komponenta dejstva atomskog oružja često uzima i razmatra više sa stanovišta neposrednih — trenutnih efekata i posledica, a u manjoj meri se sagledavaju one posledice koje u početku nisu od neposrednog uticaja na život i borbu jedinica, a vremenom postaju neposredna opasnost. Time se i objašnjava to što se u nas u mnogim razmatranjima (pa i uputstvima) kod eksplozije u vazduhu uzima u obzir samo primarno ozračivanje žive sile, a radiološka kontaminacija žive sile i zemljišta više ili manje se zanemaruje. Po pravilu bi trebalo da se u pogledu radiološkog dejstva atomskog oružja uvek sagledaju kako primarne tako i sekundarne posledice i problemi.¹ U prvom slučaju radi se o neposrednom — trenutnom izbacivanju iz borbe žive sile putem akutnog ozračivanja i kontaminacije, a u drugom — o hroničnom ozračivanju i radiološkoj kontaminaciji žive sile i životne sredine — istina u manjim intenzitetima, ali to vremenom opet dovodi do onesposobljavanja žive sile.

Radi veće jasnoće i boljeg određivanja predmeta razmatranja potrebno je prethodno objasniti šta se u članku podrazumeva pod ozračavanjem, a šta pod radiološkom kontaminacijom.

Živa sila i materijal mogu biti ozračeni, a ne i kontaminirani kada su izloženi samo dejstvu jonizujućeg zračenja (pre svega gama i neutronske), a ne i dejstvu radioaktivnih izotopa (čestica prašine — emitera zračenja) nastalih od eksplozije atomske bombe. To će biti, napr. slučaj kod izvesnih eksplozija u vazduhu na odgovarajućem uda-

¹ Pod primarnim ovde se, u operativno-taktičkom smislu, podrazumevaju neposredne-kratkotrajne, a pod sekundarnim posredne — dugotrajne posledice. Neposredne-primarne posledice ne moraju se uvek identifikovati sa kratkotrajnim: kontaminacije padavinama za nekoga će uvek biti neposredne, a spadaju u kategoriju dugotrajnih, kao što i posredne posledice uvek nastaju posredstvom nečega što je već kontaminirano. Zato ovaj termin treba uzeti u operativno-taktičkom smislu.

ljenju od NT, kod ljudstva u tenkovima, u skloništimu i sl. U odnosu na materijal, od značaja je samo neutronska zračenje. Do radiološke kontaminacije i ozračavanja dolazi kada radioizotopi kontaminiraju — dođu u dodir sa živom silom i materijalom.

Do ozračavanja, ali ne i do radiološke kontaminacije dolazi, pre svega, u momentu eksplozije od primarnog i naknadnog zračenja kada su živa sila i materijal zaštićeni od kontaminacije. Radiološka kontaminacija javlja se kao posledica primarnog zračenja (neutronske) i same eksplozije (ostaci bombe, eksploziva, fragmenti fisije) i smatra se da je osobito značajna kod površinskih i niskih vazdušnih eksplozija. Ove pojave je teško odvajati i gde postoji zračenje, postoji u većem ili manjem obimu i kontaminacija — i obratno. Značajno je da su problemi zaštite i otklanjanja posledica u jednom i drugom slučaju različiti. Time svakako nije u ovom problemu rečeno sve, već samo toliko koliko je neophodno za ova razmatranja, pošto se ne razmatra zračenje uopšte, već radiološka kontaminacija i radioaktivno zračenje kao njena manifestacija.

Radiološka kontaminacija i zračenje imaju svoje karakteristike zbog kojih predstavljaju veoma složen i teško rešiv problem. Radiološkoj kontaminaciji izložena je biosfera u celini, pa je otuda zaštita veoma složena i teška. Nikakvim sredstvima ne može se ubrzati proces dezintegracije i u vezi s tim smanjiti i eliminisati zračenje, pa je dekontaminacija veoma otežana. Otkrivanje zračenja i kontaminacije moguće je samo specijalnim i osetljivim uređajima, što i otežava problem zaštite. Ipak, zračenje kod radiološke kontaminacije je manje energije nego kod primarnog ozračavanja u momentu eksplozije, pa je i zaštita žive sile donekle olakšana.²

Razmatrajući izvesne pokazatelje dejstva nuklearnih projektila male snage može se odmah uočiti da oni pre svega dejstvuju početnim radioaktivnim zračenjem (uopšte kod atomskog oružja male snage karakteristično je to što im je najjače izraženo radioaktivno dejstvo, dok je kod oružja srednje i velike snage jače izraženo toplotno dejstvo). Ovo se vidi iz poređenja pojedinih komponenata dejstva za projektele od 0,5 do 20 KT kod eksplozije nisko u vazduhu (u tablici je razmatrano dejstvo na živu silu).

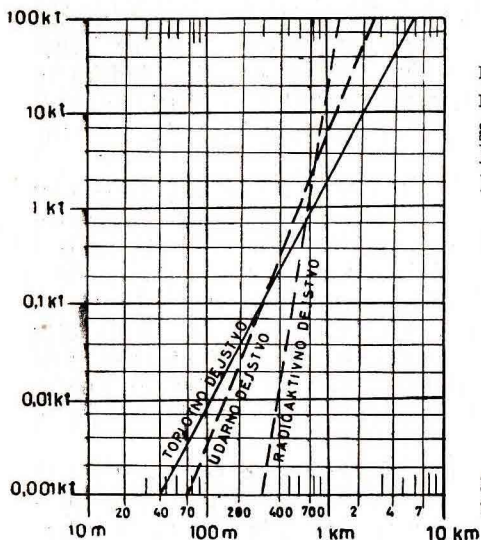
(Ove vrednosti za radioaktivno, toplotno i udarno dejstvo uzete su zbog toga što se u ovim slučajevima mogu javljati povrede kod žive sile od neposrednog dejstva atomskog oružja).

Jačina projektila	100 r na udaljenju	Opek. II step. na udaljenju	Udar. tal. jač. 0,84 kg/cm ² na udaljenju
0,5 KT	850 m	600 m	oko 180 m
1 KT	900 m	800 m	275 m
2 KT	1000 m	1000 m	346 m
5 KT	1200 m	1500 m	470 m
10 KT	1300 m	2000 m	591 m
20 KT	1600 m	2750 m	748 m

² Pored navedenog veliku opasnost kod kontaminacije predstavljaju i alfa-beta emiteri koji se javljaju kao sekundarne pojave, a u sklopu primarnog zračenja nemaju nikakvog značaja. Od njih i dolazi opasnost internih kontaminacija (preko vazduha, hrane, vode, rana i sl.).

Pored toga što projektili male snage dejstvuju pre svega početnim radioaktivnim zračenjem, kod njih je znatno jače neutronske zračenje.³ Ovo je od velikog značaja u pogledu stvaranja indukovane radijacije. Kod projektila do 1 KT neutronske zračenje učestvuje u primarnom radioaktivnom zračenju sa 60—70%, što uslovljava potencijalnu opasnost od radioaktivnog zračenja i radiološke kontaminacije. To utoliko više što su učinci tog oružja najveći kod eksplozija na malim visinama.

Do radiološke kontaminacije može doći putem indukovane radioaktivnosti na zemljištu i materijalu, kao i u radioaktivnim padavinama. Ovde će se ukratko razmotriti i jedan i drugi slučaj.



Ista pojava može se videti na grafikonu koji pokazuje zavisnost dejstva od ekvivalenta energije pri eksploziji visoko u vazduhu, i to za projektele od 0,001 do 100 KT.

Zavisnost daljine dejstva od ekvivalenta energije pri nuklearnoj eksploziji visoko u vazduhu.

INDUKOVANA RADIOAKTIVNOST NA ZEMLJIŠTU I MATERIJALNIM SREDSTVIMA

Neutronske zračenje izaziva pod određenim uslovima nuklearne procese kod izvesnih elemenata u zemlji, vodi i materijalnim sredstvima kao što su: natrijum, kalijum, hlor, mangan, gvožđe, cink, bakar, silicijum, jod itd. Zbog toga dolazi u rejonu NT do radioaktivnog zračenja i radiološke kontaminacije. Za intenzitet ovog zračenja veoma je značajan geološki sastav zemljišta, tj. količina i vrsta elemenata podložnih veštačkom radioaktivisanju i njihova svojstva kao radioizotopa (bitna sa stanovišta radiološke kontaminacije), a u prvom redu poluživot i radiotoksičnost.⁴ Sve to već predstavlja jedan veoma značajan element kod svih procena u vezi sa upotrebom atomskog oružja.

³ Kao što je poznato, početno radioaktivno zračenje sastoji se od neutronske i gama-zračenja.

⁴ Poluživot je vreme koje je potrebno da se radioaktivnost date količine nekog radioaktivnog elementa smanji na polovinu svoje prvobitne vrednosti. Radiotoksičnost je stvaranje toksičnih materija u organizmu usled dejstva jonizujućeg zračenja.

Opseg i daljina neutronskog zračenja zavisne su od energije, tj. od jačine atomskog oružja. Često se ističe da je domet tog zračenja 800—1.000 m, iz čega bi se moglo zaključiti da projektili koji eksploziraju na tim visinama mogu da u rejonu NT izazovu indukovanu kontaminaciju. Ovome treba dodati i to da sposobnost izazivanja ove kontaminacije i zračenja nije uslovljena samo dometom neutronskog zračenja, već i energijom koju ono poseduje jer je sposobno da kod elemenata na zemlji i na sredstvima izazove nuklearne procese samo kod određene energije. To znači da se mogućnosti kreću u granicama dometa neutronskog zračenja, a zavisne su od jačine projektila i visine eksplozije.

Radiološke kontaminacije mogle bi se izbeći podizanjem centra eksplozije na veću visinu, ali u tom slučaju se, pogotovo kod oružja male snage, postižu i manji ostali efekti. Može doći i do toga da se eksplozija planira visoko u vazduhu, ali usled skretanja po visini ona postane niska. Iz svih tih razloga kod oružja koja ovde razmatramo možemo očekivati pre svega eksplozije nisko u vazduhu i mogućnost radiološke kontaminacije. S obzirom na visine eksplozija i domet neutronskog zračenja, ona je kod pojedinih oružja mogućna i kod eksplozija visoko u vazduhu. To se može uočiti u navedenom pregledu visina eksplozija za pojedine projektile.

Ako prednje podatke uporedimo sa domašajem neutronskog zračenja (oko 800—1.000 m) očitno je da oni ukazuju na to da se kod ovih oružja može očekivati indukovana radiološka kontaminacija uvek kod svih eksplozija nisko u vazduhu, a kod visokih moglo bi do nje doći u smanjenom obimu. Prema tome možemo zaključiti da će kod atomskog oružja male snage postojati indukovana radiološka kontaminacija i zračenje u svim slučajevima, te na iste treba da računaju obe strane — i ona koja upotrebljava atomsko oružje, i ona koja je njime tužena — radi zaštite sopstvenih snaga i ograničavanja posledica.

Koliki je obim ove kontaminacije, gledano po prostoru i intenzitetima, pokazuju podaci za neke od navedenih projektila:

Projektil	Visina atomskog oblaka	Polupreč. atomskog oblaka
0,5 KT	2700 m	700 m
1 KT	3300 m	900 m
2 KT	4600 m	1200 m
5 KT	7000 m	1700 m
10 KT	8200 m	2300 m
20 KT	10000 m	3100 m

Kontaminirane prostorije su kružnog oblika sa intenzitetima zračenja (u $H + 1$)⁵ od 1.000 r i više u sredini i 1—2 r na periferiji kruga. One po veličini, intenzitetu i vremenu trajanja predstavljaju značajne radiološke prepreke i ne mogu se ničim eliminisati.

Jačina projektila	Polupreč. kontamin.	Kontaminirana površina
1 KT	300 m	0,28 km ²
2 KT	400 m	0,5 „
5 KT	500 m	0,78 „
10 KT	700 m	1,5 „
20 KT	900 m	2,5 „

Da bismo sagledali kolika može biti ova kontaminacija po obimu uzećemo nekoliko jedinica raznih stepena u odbrani i određen broj eksplozija projektila od 10 KT nisko u vazduhu.

⁵ $H+1$ označava vreme jedan čas posle eksplozije; sve vrednosti u vezi sa radioaktivnošću u literaturi date su uglavnom u $H+1$.

Jedini- ca u odbr.	Broj pro- jekt. od 10 kt. kojima je tučena	Veličina kon- taminirane prostorije
pbr	1-3	1,5-4,5 km ²
pd	3-5	4,5-7,5 km ²
korpus	10-15	15-22,5 km ²
armija	20-25	30-37,5 km ²

(U ovom primeru je broj projektila uzet proizvoljno i podrazumeva se da bi pored navedenih mogli biti upotrebljeni i drugi projektili sa eksplozijama visoko u vazduhu, kod kojih možda ne bi bilo kontaminacije).

Iz navedenog primera može se videti da kontaminirane površine predstavljaju značajan element. Treba imati u vidu da će se kontaminirani rejonii nalaziti na važnijim pravcima i prostorijama, jer će se tu nalaziti i najznačajniji ciljevi, što samo povećava njihov značaj.

No, radiološka kontaminacija nije značajna samo zbog svojih dimenzija i lokacije, već i zbog svoje prirode i trajnosti. Već je rečeno da se proces opadanja zračenja ne može ničim ubrzati, a i radiološka dekontaminacija je veoma težak i složen proces (zemljište je gotovo nemoguće dekontaminirati), pa se kontaminirani rejonii i sredstva moraju ostaviti da radioaktivnost prirodnim putem padne na tolerantne intenzitete. Međutim, to je dosta dug proces, što se može videti iz sledećih podataka.

Pro- jekttil	Intenziteti zračenja na 250 m od NT u					
	H+1	H+6	H+12	H+24	H+48	H+72
1 KT	12'R	8,7 R	6,8 R	3,6 R	1 R	0,27 R
2 KT	60 R	44 R	34 R	18 R	5,1 R	1,5 R
5 KT	300'R	219 R	171 R	90 R	25,5 R	6,9 R
10 KT	450'R	328,5R	256,5R	135 R	38 R	10 R
20 KT	600'R	438 R	342 R	180 R	51 R	14 R

Ovde je uzeto udaljenje od 250 m, što pretpostavlja unutar toga kruga veće, a izvan njega manje intenzitete. Iz toga proizlazi da će za pojedine projekte i nakon 3 dana unutar pomenotog kruga radioaktivnost biti znatna,

pa će ta prostorija i tada predstavljati prepreku.

Postavlja se pitanje: kakve posledice i probleme stvaraju kontaminirani rejonii strani koja upotrebljava ove projekte i onoj koja je izložena njihovim udarima, kao i kakve mere zaštite treba preduzimati (imajući u vidu kako trenutne, neposredne posledice, tako i one dugotrajnije).

Kao neposredne, trenutne posledice javljaju se eventualni gubici u kontaminiranim rejonima, kontaminacija zemljišta i materijalno-tehničkih sredstava i u vezi s tim stvaranje prepreka koje mogu biti u datoj situaciji od velikog značaja, pogotovo ako je došlo i do rušenja.

Prostorija koja bi mogla biti kontaminirana indukovanom radioaktivnošću (kod svakog projektila) nešto je manja od zone teških gubitaka kad je ljudstvo na otvorenom prostoru, a trenutno nešto veća od one kad je ljudstvo u rovovima (kasnije se zona teških gubitaka povećava). Može se uzeti da će na kontaminiranoj prostoriji zahvaćena živa sila pretrpeti teške gubitke pre svega od primarnog dejstva eksplozije. Radiološka kontaminacija mogla bi imati uticaja jedino na periferiji te prostorije i to u tom smislu što bi preživeli bili izloženi kontaminaciji i naknadnom zračenju, a pomoć i evakuacija bili bi otežani. U takvoj

situaciji osnovno je da se povređeni što pre zaštite pomoću ličnih zaštitnih sredstava od radiološke kontaminacije, da se što pre izvuku iz kontaminiranih rejlona i da tako prime što manju dozu zračenja.

Naoružanje i materijalno-tehnička sredstva koja se budu našla u zoni indukovanе radioaktivnosti biće uništeni ili teško oštećeni. Pošto ta sredstva imaju elemente (gvožđe i dr.) koji, kad su izloženi neutronskom zračenju, postaju radioaktivni, biće potrebno njihovo »odležavanje«. To znači da se u izvesnim situacijama neće moći pristupiti evakuaciji, opravci i korišćenju ove tehnike, već se mora čekati da radioaktivnost prirodnim putem opadne na tolerantnu meru. U toku izvođenja borbenih dejstava ovi rejloni (zone), kao prepreke koje treba savladivati ili obilaziti, odnosno izvlačiti se iz njih, mogu da predstavljaju poseban problem.

Ako napadač planira atomski udar po braniočevom prednjem kraju odbrane projektilima male snage i eksplozijama nisko u vazduhu, pred njega se uvek postavlja problem eksploatacije udara. Problem je kako se naći što bliže mestu udara (da ga od njega razdvaja što manji prostor i vreme) i kako sopstvene jedinice osposobiti da eksploatišu samu »brešu« stvorenu atomskim udarom (da se kreću u samom rejlonu eksplozije). Napadač može najviše približiti svoje snage cilju atomskog udara preuzimanjem većeg rizika i većim stepenom zaštite (upotrebom oklopnih jedinica). Isto tako se i jedinice mogu uputiti u rejlou NT uz preuzimanje izvesnog rizika i uz određenu zaštitu. Ukoliko je zaštita veća, rizik je manji. Za upućivanje u rejlou indukovanе radioaktivnosti opet su najpodesnije oklopne jedinice.

Za naša razmatranja zanimljiv je problem neposredne eksploatacije, tj. kretanje u kontaminiranom rejlou, našto će napadač biti upućen kako zbog otpora branioca na ivici »breše«, tako i radi što brže eksploatacije udara. Prema podacima, indukovanа radioaktivnost za projektil od 10 KT u $H + 1$ iznosi:

na 200 m od NT⁶ — 1.000 r; na 250 m — 450 r; na 300 m — 230 r; na 400 m — 51 r; na 500 m — 12 r; na 600 m — 3 r; na 700 m — 1 r.

Površina te prostorije iznosi oko 1,5 km², a dužina, odnosno širina 1.400 m.

Ove se vrednosti odnose na vreme $H + 1$. To znači da u vremenu između H i $H + 1$ u rejlou za $r = 700$ m vladaju mnogo veći intenziteti. U tom smislu nam gornje vrednosti mogu poslužiti samo kao orijentacija. Po prestanku primarnih učinaka atomskog oružja — (to je nekoliko minuta posle eksplozije) napadač bi krenuo u »brešu« kada u tom rejlou vladaju veoma visoki intenziteti. Očigledno je da se pešadija ne bi smela uputiti u taj rejlou; ako bi je uputili u $H + 1$ i približili se NT na 200 m, a taj prostor savlada za 1/2 časa primila bi 250 r. Pod istim uslovima ljudstvo u tenkovima primilo bi 7,5 r jer je zaštićeno i brže bi savladalo taj prostor. Znači, pešadija se bez zaštite ne sme upu-

⁶ Ove vrednosti se u stvari odnose na udaljenja od centra eksplozije; međutim, kod ovih projektila razlike su tako neznatne da ih uzimamo kao udaljenja od NT, bez prethodnih proračunavanja.

titi neposredno u »brešu«, tj. u zonu teških gubitaka, već bi eksploatisala udar dejstvujući na periferiji ove prostorije. Oklopne jedinice mogle bi se uputiti u ovu prostoriju odmah posle udara i prestanka primarnih učinaka, mada izgleda da bi i u ovom slučaju, s obzirom na visoke intenzitete, trebalo izbegavati uži rejon NT (oko 250—300 m).

Pre upućivanja u taj rejon jedinice bi trebalo u svakom pogledu zaštititi. Na čelu prvih ešelona morali bi se uputiti izviđači u tenkovima i oklopnim kolima sa specijalnim aparatima za merenje radioaktivnosti; oni bi u pokretu obavljali odgovarajuća merenja i odmah predavali podatke jedinicama, regulisali kretanje i organizovali kontrolno-zaštitnu službu. Pored toga, jedinice koje se upućuju u »brešu« moraju imati na sebi zaštitna sredstva, bez obzira na to da li su na vozilima, u tenkovima ili se kreću peške. Poželjno je da su oklopna vozila hermetizirana.

Sličan je slučaj kada se radi o atomskim udarima po dubini borbenog poretka, odnosno iste su posledice, problemi i način njihovog rešavanja. Drukčiji su samo borbeni uslovi, jer se otklanjanje posledica i postupci jedinica ne odvijaju neposredno pod borbenim dejstvima neprijatelja. Zbog toga je olakšano izvlačenje preživelih iz kontaminiranih rejona koje će jedinice veoma retko savlađivati, već će ih po pravilu obilaziti. Ukoliko se takvi rejoni usled raznih razloga (karaktera zemljišta, npr.) ne bi mogli obići, a pokreti jedinica i materijala preko tih rejona su neophodni, njihovo savlađivanje organizovalo bi se na isti način kao u prethodnom slučaju. Ako bi taktička situacija i raspoloživa tehnička sredstva omogućavali, to se zemljište može dekontaminirati skidanjem i uklanjanjem kontaminiranog sloja ili nasipanjem zemlje. Ovakvu dekontaminaciju mogle bi sprovesti inženjerske jedinice raspoloživom mehanizacijom. U pogledu zaštite ljudstva, izviđanja zemljišta i mera zaštite uopšte, prilikom kretanja po tim rejonima sve što je rečeno napred treba primeniti i u ovom slučaju.

Udari atomskim projektilima po naseljenim mestima, raskrsnicama puteva, pošumljenim rejonima, tesnacima i sl. mogu imati za posledicu rušenja i zaprečavanja. Operativno-taktička situacija će ponekad iziskivati najhitniju opravku i raščišćavanje. Međutim, kod eksplozija na malim visinama u rejonu rušenja javiće se i indukovana radioaktivnost koja će u početku onemogućiti, a kasnije otežavati radove na raščišćavanju i opravkama.⁷ Ovi radovi su u takvim uslovima veoma teški i složeni. Ovde se ukazuje samo na neke probleme, jer ova pitanja zašlužuju posebnu obradu.

Prvo se postavlja pitanje kada započeti radove. U mnogo slučajeva to neće biti moguće odmah. Kod odlučivanja moraju se proceniti ovi faktori: operativno-taktička situacija; intenziteti zračenja i njihovo opadanje; stepen tehničke opremljenosti i zaštićenosti ljudstva.

⁷ Ranije su dati podaci o intenzitetima u $H + 1$ na pojedinim udaljenjima za projektil od 10 KT, a na drugom mestu podaci o opadanju indukovane radioaktivnosti za različite projekte na 250 m od NT. Iz tih podataka vidimo da u $H + 1$ kod projektila od 10 KT na 200 m od NT intenzitet zračenja iznosi 1.000 r, a na 250 m 450 r. Ako je u tom rejonu komunikacija porušena ili zaprečena, očigledno je da se ne može odmah raščistiti, uprkos raspoloživim snagama i sredstvima. Pomenuti podaci pokazuju da je kod istog projektila još u $H + 24$ na udaljenju od 250 m zračenje još 135 r.

Operativno-taktička situacija može uticati u tom smislu da se s radovima otpočne odmah ili što pre, uz veći ili manji rizik i najviši stepen zaštite ljudi; isto tako ta situacija može omogućiti da se s radom počne što kasnije uz manji rizik i veći efekat. Intenzitet zračenja usloviće organizaciju i tempo radova, kao i organizaciju zaštite; ukoliko se s radovima otpočne što pre, kada postoje visoki intenziteti, moći će se izvoditi samo pomoću mašina, buldožera i sl., uz veoma čestu smenu posada. Problem zaštite ljudstva je osobito složen: sve ljudstvo bi moralo celo vreme nositi zaštitna sredstva, što znatno umanjuje efekat rada i traži češću zamenu ekipa; pešak je znatno više izložen zračenju od, recimo, vojnika na buldožeru, pa zbog toga sve radove treba izvoditi pomoću mehanizacije, koju treba prethodno adaptirati — osposobiti za maksimalnu zaštitu od radiološke kontaminacije i zračenja.

Sve što je dosad rečeno odnosi se na neposredne posledice radiološke kontaminacije kod vazdušnih eksplozija atomskih projektila male snage. Razmatrajući ovaj problem, treba ukazati i na one posledice koje su trajnijeg karaktera, a takođe utiču na borbena dejstva jedinice. One su dugotrajne, veoma složene i njihov uticaj na život i borbena dejstva danas je u celini veoma teško sagledati.

Ovakvi kontaminirani rejonu ostaju dugotrajne prepreke i izvori kontaminacije životne sredine. Iznetim podacima o opadanju intenziteta (do 72 časa) treba dodati i to da radioaktivnost u početku opada brzo, a posle sve sporije. To upućuje na zaključak da će se izvesna kontaminacija, slabih intenziteta, zadržati duže vreme. S obzirom na niske intenzitete, takav rejon ne bi bio značajna prepreka za kretanje i komuniciranje, ali zbog opasnosti od radiološke kontaminacije o njemu bismo morali voditi računa. Mnogo opasniji će biti ovakvi rejonu kao žarišta kontaminacije životne sredine. Vetar može podići radioaktivni materijal u atmosferu i taložiti ga po ljudima, stoci, ljudskoj i stočnoj hrani. Atmosferski talozi takođe mogu taj materijal uneti u vodene izvore, stočnu hranu i sl. i njihovim posredstvom kontaminirati živu silu. Ako uzmemo da je na teritoriji armije u određenom vremenskom periodu izvršeno 20—25 takvih atomskih udara, imamo za posledicu 20—25 žarišta radiološke kontaminacije životne sredine ukupne površine 30—37,5 km².

Koje bi mere trebalo preduzeti da se ublaže posledice ove kontaminacije? Likvidacija tih žarišta putem dekontaminacije veoma je teška, ali je ipak ne bi trebalo isključiti. Verovatno je da bi bilo moguće, u određenim uslovima, skidanjem gornjeg sloja i deponiranjem radioaktivnog materijala kao i nasipanjem kontaminirane površine nekontaminiranim materijalom smanjiti i kontrolisati stepen kontaminacije. Osnovna mera zaštite bila bi evidencija i stalna radiološka kontrola tih rejonu. Trebalo bi vršiti stalna merenja i pratiti proces opadanja radioaktivnosti. Kod svih rejonu neophodno je organizovati kontrolno-zaštitnu službu radi regulisanja kretanja. Radiološka kontrola rejonu obuhvata kontrolu neposredne okoline — pre svega vodenih tokova, atmosfere, ljudske i stočne hrane. Ovo svakako pretpostavlja organizovanje radiološkog izviđanja i osmatranja čitave teritorije. Na osnovu stalnih merenja i kontrole životne sredine preduzimale bi se i mere zaštite kao što su: zabrana korišćenja vode, dekontaminacija vode i

hrane, zabrana upotrebe stočne hrane, upotreba zaštitnih sredstava, evakuacija određenih rejona i sl. Kao što se vidi, sve to traži stalnu kontrolu i posebnu organizaciju. Naglašavamo da se ovim verovatno ne iscrpljuju svi problemi, već su naznačeni samo neki.

RADIOAKTIVNE PADAVINE KAO IZVOR RADIOLOŠKE KONTAMINACIJE

Kada je reč o eksplozijama svih vrsta projektila u vazduhu, najčešće se uzima da radioaktivnih padavina nema. Ako se radi o eksplozijama na malim visinama (pre svega kod projektila male snage i pri atmosferskim padavinama) kod većine stranih izvora predviđaju se lokalne radioaktivne padavine. Treba primetiti da neki izvori predviđaju izvesne lokalne padavine kod svih eksplozija nisko u vazduhu, dok drugi to predviđaju samo u određenim atmosferskim uslovima. Izgleda da ovo pitanje još nije u dovoljnoj meri razjašnjeno, pa se ova razmatranja zasnivaju na slobodnim procenama i pretpostavkama.

Kada se tvrdi da kod vazдушnih eksplozija nema radioaktivnih padavina, misli se na one koje se javljaju odmah posle eksplozije, u većem obimu i intenzitetu, sa posledicama koje se javljaju odmah i imaju određen operativno-taktički značaj (u literaturi imaju naziv: lokalne radioaktivne padavine). Takve su pre svega padavine koje nastaju kod površinskih eksplozija, a po našem mišljenju mogu se ponekad javiti i kod eksplozija nisko u vazduhu. Međutim, padavina ima kod svake eksplozije, ali se one zbog malih količina, velikih visina na kojima se nalaze i dejstva vetrova zanemaruju. Uzrok tome je pre svega činjenica da one ne ispoljavaju odmah svoje dejstvo, pošto se talože u malim količinama i sa slabim intenzitetima. Međutim, pogrešno bi bilo zanemariti ih. Pri intenzivnoj upotrebi atomskog oružja na relativno malom prostoru, vremenom bi verovatno došlo do ozbiljne kontaminacije.

Već u miru, u vreme intenzivnih opita nuklearnim oružjem, radioaktivnost atmosfere je mnogostruko porasla i u najudaljenijim delovima sveta. Prema nekim podacima, u 1958. godini je stvoreno kao rezultat atomskih opita 4,5 t fisionog radioaktivnog materijala. Te eksplozije su se odvijale u toku čitave godine najčešće na velikim visinama, pa ipak je došlo do znatne kontaminacije životne sredine. Prema nekim podacima, na 1 KT eksplodiranog atomskog projektila dolazi 50 gr fisionog radioaktivnog materijala. Ako uzmemo naš prethodni slobodni proračun da je u zoni armije bilo 25 eksplozija atomskih projektila od 10 KT, dobili bismo 12,5 kg radioaktivnog materijala. Kakva je vrednost ovih količina najbolje govori podatak objavljen u stranoj literaturi da je za radiološku kontaminaciju 1 km² dovoljno do 300 gr radioaktivnog materijala. Ako bi ti projektili bili upotrebljeni u toku jedne armijske operacije u trajanju do 20 dana, sa eksplozijama na malim i srednjim visinama, vetrovi i padavine bi relativno brzo »oborili« taj materijal pa bi na toj prostoriji i u to vreme moglo doći do znatne i opasne kontaminacije životne sredine. Bez namere da se ovde taj problem detaljnije razmatra, može se uzeti da će verovatno kod svih eksplozija u vazduhu, pogotovo na malim i srednjim visinama, radioaktivne padavine i kontaminacija predstavljati (gledano u dužem

vremenskom periodu) ozbiljan problem i da će se veoma brzo odraziti na život i borbena dejstva jedinica.

Ovde bi se ukratko razmotrile mogućnosti i verovatnoća lokalnih radioaktivnih padavina (koje po obimu i intenzitetu imaju neposredan uticaj na dejstva jedinica) kad se upotrebe atomski projektili male snage na malim visinama. Postavljaju se pitanja: da li može doći do takvih padavina češće, a ne samo u određenim atmosferskim uslovima; da li ih predviđati uvek u tim uslovima; koliki bi bio verovatan obim i stepen kontaminacije; da li treba predviđati mere i postupke za dejstvo u uslovima kontaminacije i potrebne kapacitete za dekontaminaciju. Iz niza činjenica može se pretpostaviti da će ovakve padavine u navedenim uslovima biti verovatne i moguće i da ih treba *uvek predviđati* i preduzeti sve potrebne mere. Ove pretpostavke zasnovane su na sledećem:

— Centar eksplozije na malim visinama kod ovih projektila je tako blizu površini zemlje da svako malo odstupanje po visini dovodi do toga da vatrena lopta dodirne zemlju i povuče veće količine radioaktivnog materijala u atmosferu i kasnije taloži na zemlju.

— S obzirom na malu visinu eksplozije, vatrena lopta se dosta približi zemlji i, usled potpritiska koji u njoj vlada, verovatno dolazi do usisavanja kontaminiranog materijala sa zemlje, kontaminacije u vazduhu i mešanja tog materijala sa fragmentima fisije i radioaktivnim ostacima atomskog projektila. Ovaj se materijal iz atomskog stuba oblaka taloži na zemlju u širem rejonu NT. Pored toga, vetrovi verovatno raznose radioaktivni materijal od indukovane radijacije.

Visina penjanja atomskog stuba i oblaka ne prelazi troposferu, što se vidi iz sledećih podataka.

Iz ovih podataka bi se moglo zaključiti da će na radioaktivni materijal imati uticaja vetrovi u nižim slojevima atmosfere što će usloviti brže taloženje i na manjem prostoru, a sve to zajedno daje i veći stepen kontaminacije. Uzima se da je prosečna brzina taloženja (padanja čestica) 3 km/č, što znači da bi se kod projektila do 2 KT istaložile za 1 čas i čestice koje bi se našle u vrhu atomskog oblaka. Na osnovu toga moglo bi se zaključiti da bi taloženje kod projektila iznad 5 KT bilo dugotrajnije i na većem prostoru.

Na osnovu izloženog može se smatrati da će kod eksplozija ove vrste veoma često doći do lokalnih radioaktivnih padavina manjeg ili većeg intenziteta, koje mogu biti od neposrednog taktičkog značaja. Zato je dužnost odgovarajućih organa da u svojim procenama uvek predvide i preduzmu sve potrebne mere obezbeđenja i zaštite. Razume se da će kontrola i merenja po izvršenom udaru pokazati da li ih ima i u kom obimu, ali se uvek mora biti spreman na najtežu situaciju.

Drugo je pitanje koliki bi bio mogućan obim te kontaminacije, pa u vezi s tim koje bi jedinice mogle biti kontaminirane, kao i kakve mere i sredstva treba predvideti za otklanjanje posledica. Verovatno je da bi sve jedinice zahvaćene takvom eksplozijom bile i kontaminirane.

Jačina projektila	Eksplozija nisko u vazduhu	Eksplozija visoko u vazduhu
0,5 KT	43-120 m	121-240 m
1 KT	56-120 m	151-300 m
2 KT	74-190 m	191-385 m
5 KT	106-259 m	260-520 m
10 KT	139-329 m	330-655 m
20 KT	183-412 m	413-827 m

To znači da će preživela živa sila (u zoni teških i lakih gubitaka) biti kontaminirana i da će se, pre ili kasnije, morati da podvrgne dekontaminaciji. To se odnosi i na materijalno-tehnička sredstva. Do kontaminacije bi došlo odmah nakon eksplozije usled podizanja indukovanog radioaktivnog materijala u rejonu NT i padanja radioaktivnog materijala iz stuba atomskog oblaka. Verovatno je da bi još neko vreme posle eksplozije moglo doći do padavina koje bi se taložile u pravcu duvanja vetra. Moglo bi se uzeti da bi se 1 čas posle eksplozije nataložile najopasnije padavine. Prema tome prostorija, koja bi mogla biti kontaminirana, obuhvatila bi rejon eksplozije atomskog projektila u širem smislu i određenu prostoriju niz vetar koja bi bila uslovljena brzinom njegovog duvanja (npr. 9 km ako je brzina vetra 9 km/č.). Koliki bi bio stvarni stepen i obim kontaminacije pokazala bi merenja po izvršenom udaru, a ovo su samo predviđanja. Smatra se da su ljudstvo i tehnička sredstva kontaminirani ako je stepen kontaminacije 10—100 m r/č (milirentgena na čas), a opasno ako iznosi preko 100 m r/č; za zemljište se smatra da je kontaminirano kod 0,1 r/č, jako kod 5 r/č i opasno kod 100 r/č. Nema osnova da se tvrdi da će do ovakve kontaminacije radioaktivnim padavinama uvek doći, ali treba uzeti da su one, iz navedenih razloga, veoma verovatne i česte te da se mere zaštite moraju zasnivati na pretpostavci da će do njih uvek dolaziti.

U rejonu NT radioaktivne padavine bi, zajedno sa indukovanom radijacijom, kontaminirale zahvaćenu živu silu, zemljište i materijalno-tehnička sredstva. Zahvaćene jedinice, koristeći zaštitna sredstva, morale bi se što pre izvlačiti iz takvih rejona, dok bi ih druge jedinice obilazile. Zavisno od taktičke situacije i stepena kontaminacije, takve jedinice i njihovo naoružanje bi trebalo što pre dekontaminirati. Takođe bi trebalo izvršiti radiološko izviđanje rejona padavina, zajedno sa rejonima indukovane radijacije i čitav rejon obeležiti i organizovati kontrolno-zaštitnu službu. U taktičkom smislu čitav rejon mogao bi biti neko vreme prepreka, a duže vreme izvor kontaminacije životne sredine sa svim posledicama.

Prednja izlaganja mogli bismo rezimirati sledećim *zaključcima*:

Atomski projektili male snage, pored pojačanog primarnog radioaktivnog dejstva, prouzrokuju radiološku kontaminaciju zemljišta, žive sile i životne sredine uopšte.

Do radiološke kontaminacije će doći usled indukovane radijacije u širem rejonu NT izazvane neutronske zračenjem, kao i radioaktivnim padavinama u širem rejonu atomskog udara i u pravcu duvanja vetra.

Neposredna posledica takve radijacije je kontaminacija žive sile, zemljišta, materijalno-tehničkih sredstava i stvaranje kontaminiranih rejona kao prepreka, koji u kasnijem periodu postaju značajni izvori kontaminacije životne sredine.

Osnovne mere zaštite su: potpuna lična i kolektivna zaštita; blagovremeno i potpuno radiološko izviđanje i merenje na zemljištu, živjoj sili i sredstvima; prognoziranje radiološke opasnosti, njenog prostiranja i trajanja; dekontaminacija žive sile i materijalnih sredstava; organizacija kontrolno-zaštitne službe na kontaminiranim rejonima i stalna radiološka kontrola životne sredine na širem području.

Pukovnik
Ivan FRANKO