AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

Ppłk dr inż. Bogdan MICHAILIUK

OCENA PODATNOŚCI WOJSK NA ZAGROŻENIA BRONIĄ MASOWEGO RAŻENIA ORAZ ICH ZDOLNOŚCI DO OBRONY PRZED RAŻĄCYM ODDZIAŁYWANIEM JEJ CZYNNIKÓW

Praca naukowo-badawcza
pk.: ORĘŻ-2

Biblioteka Główna
Akademii Sztuki Wojennej
57815
09-057815-000-0

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid.

57815

WARSZAWA 2004

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 57815
Akademii Obrony Narodowej

ppłk dr inż. Bogdan MICHAILIUK

OCENA PODATNOŚCI WOJSK NA ZAGROŻENIA BMR ORAZ ICH ZDOLNOŚCI DO OBRONY PRZED RAŻĄCYM ODDZIAŁYWANIEM JEJ CZYNNIKÓW

Praca naukowo-badawcza

pk. „ORĘŻ-2"

Praca naukowo-badawcza

WARSZAWA 2004

Recenzent: płk prof. dr hab. Czesław JARECKI

Spis treści

1. RODZAJE ZAGROŻEŃ WOJSK BRONIĄ MASOWEGO RAŻENIA 6

1.1. Zagrożenie bronią masowego rażenia – ogólny punkt widzenia 6
1.2. Czynniki rażące BMR 12
1.2.1. Broń jądrowa 12
1.2.2. Broń chemiczna 45
1.2.3. Broń biologiczna 76
1.3. Wpływ na wojska 96
1.3.1. Ogólna charakterystyka czynników rażenia bronią jądrową 96
1.3.2. Ogólna charakterystyka czynników broni chemicznej 99
1.3.3. Prawdopodobne warunki powstawania skażeń promieniotwórczych, chemicznych i biologicznych 100

2. PROBLEMY ZAGROŻENIA WOJSK LADOWYCH BMR W TOKU DZIAŁAŃ BOJOWYCH 114

2.1. Nowe oblicze działań i zagrożeń 114
2.2. Ocena podatności wojsk lądowych na zagrożenia BMR 118
2.2.1. Zagrożenie w czasie działań ofensywnych 119
2.2.2. Zagrożenie w toku działań defensywnych 122
2.3. Rola i znaczenie BMR w działaniach bojowych 123

3 OCENA MOŻLIWOŚCI OBRONNO-OCHRONNYCH W WYMIARZE TAKTYCZNYM (OPERACYJNYM) I TECHNICZNO SPECJALNYM 125

3.1. Możliwości zachowania zdolności bojowej w warunkach zagrożeń w walce 125
3.2. Potrzeby i możliwości ochronne sprzętu bojowego wojsk 136
3.2.1. Możliwości ochrony wojsk przed skażeniami promieniotwórczymi 140
3.2.2. Możliwości ochrony wojsk przed skażeniami chemicznymi 145
PODSUMOWANIE 149

SPIS LITERATURY 151

SPIS RYSUNKÓW 154

SPIS TABEL 155

WPROWADZENIE

W minionym dziesięcioleciu XX w. i w obecnym okresie obserwuje się przewartościowanie roli odgrywanej przez nowe środki masowego rażenia. Ma to wymiar ilościowy, ale przede wszystkim uwidacznia się w postaci zmian jakościowych. W uzbrojenie wojsk wprowadza się coraz nowsze, doskonalsze, bardziej skuteczne w rażeniu generacje broni. Czy wobec tego ranga broni masowego rażenia ulega obniżeniu? Okazuje się, że nie, a wręcz przeciwnie postuluje się, iż tak, jak odgrywała, tak będzie nadal odgrywać znaczącą rolę w koncepcjach działań bojowych o wymiarze operacyjnym i taktycznym, zarówno tych o charakterze ofensywnym, jak i tych o charakterze obronnym, bez względu na formę ich urzeczywistniania na potencjalnym polu walki.

O tym może świadczyć sytuacja na arenie międzynarodowej – ujawniły się państwa dysponujące BMR, Indie, Pakistan, a zwłaszcza Korea i Chiny – co powoduje, ze Polska, a z nią nasze Siły Zbrojne, może być obiektem potencjalnych uderzeń tym rodzajem oręża. Za tym wskazują treści dokumentów normatywnych, chociażby przyjęta 8 września 2003 r. Strategia bezpieczeństwa narodowego RP.

Ten sposób rozumowania i wywodzone z niego konkluzje odnoszą się również do postrzegania działań zbrojnych w obszarze tzw. frontu wewnętrznego, obejmującego terytorium naszego kraju, rozpatrywanego przez pryzmat lokalnych konfliktów zbrojnych. Jeżeli tak, to problem użycia BMR na hipotetycznym polu działań militarnych należy postrzegać jako możliwy do urzeczywistnienia, na co zresztą wskazuje się w treści „doktryny obronnej RP".

Jeżeli więc przyjmiemy, ze w potencjalnym konflikcie zbrojnym, może być użyta BMR, pojawia się pytanie o to czy nasze wojska (lądowe) są w stanie sprostać zagrożeniom jakie może ona spowodować w obszarze ich działania? To pytanie implikuje pojawienie się pytań i o charakter, i o właściwości zagrożeń

rodzajowych, i o możliwości przeciwdziałania ich skutkom, i o możliwości działań w złożonej sytuacji skażeń. To wszystko sprowadza się do podstawowego pytania: czy nasze wojska (lądowe) są podatne na oddziaływania rażących czynników broni jądrowej, broni chemicznej i broni biologicznej składających się na ogólnie pojmowana BMR?

Z tego wyłania się cel niniejszej pracy, jaki można przedstawić w postaci pytania: czy wojska (lądowe) są podatne na zagrożenia BMR? i jaki jest poziom możliwości obronno-ochronnych, czyli jaka jest zdolność tych wojsk do obrony? uwzględniająca ich możliwość do działania w skomplikowanej sytuacji zagrożeń potencjalnego pola walki. Konkludując powyższe zakłada się, że: celem niniejszej pracy studyjnej jest ocena stanu możliwości obronnych wojsk (lądowych) przed zagrożeniami BMR rozpatrywana przez pryzmat właściwości ochronnych sprzętu i obiektów infrastruktury. Przy tym ocena ta może być wyrażona przez parametry techniczne i taktyczno-specjalne opisywane wartościami liczbowymi.

Z tym wszystkim można powiązać hipotezę roboczą sprowadzoną do następującego sformułowania: zdolność wojsk do obrony przed skutkami rażącego oddziaływania czynników BMR jest wypadkową ich podatności na określoną miarę kryteriów technicznych i taktycznych opisywanych przez właściwości sprzętu i środków bojowych znajdujących się w ich uzbrojeniu i wyposażeniu.

Dla osiągnięcia celu należy udzielić odpowiedzi na następujące pytania:

1. Jakie są rodzaje zagrożeń od broni masowego rażenia?
2. Jak zagrożenia rodzajowe wpływają na wojska i jak mierzyć poziom zagrożenia?
3. Jakie są możliwości wojsk zapewniające ich zdolność do obrony przed skutkami zagrożeń BMR?

Problematyka, stanowiąca odpowiedź na te pytania stanowi treść poszczególnych rozdziałów pracy.

W rozdziale 1. rozpatrywano zagrożenia BMR wojsk lądowych uwypuklając te czynniki, jakie wywierają wpływ na obniżenie ich zdolności bojowych.

W rozdziale 2. dokonano oceny podatności wojsk na użycie BMR w toku działań operacyjnych.

W rozdziale 3. przeanalizowano możliwości zachowania zdolności obronno-ochronnych wojsk w sytuacjach zagrożeń czynnikami rażącymi BMR.

W podsumowaniu wskazano, na istotę unikania zagrożeń czemu służą uwarunkowania dotyczące utrzymania odpowiedniego poziomu obrony przed BMR.

1. RODZAJE ZAGROŻEŃ WOJSK BRONIĄ MASOWEGO RAŻENIA

1.1. Zagrożenie bronią masowego rażenia – ogólny punkt widzenia

Podpisana przez Prezydenta RP w dniu 8 września 2003 roku „Strategia bezpieczeństwa narodowego Rzeczypospolitej Polskiej", zgodna z „Konstytucją RP" oraz „Strategią obronną NATO", chociaż nie posiada mocy prawnej, zmienia dotychczas obowiązujące założenia obronności państwa oraz zasady i kryteria w tym obszarze. Stanowi jednocześnie wykładnię koncepcyjną do prac nad dokumentami doktrynalnymi, planami strategicznymi i operacyjnymi, a także szczegółowymi programami obronnymi dotyczącymi np. rodzajów wojsk. Uwzględnia przy tym aktualne uwarunkowania zewnętrzne Polski wynikające z członkostwa w Sojuszu Północnoatlantyckim oraz geopolitycznego położenia naszego kraju w Europie. Określa potencjalne zagrożenia, w tym cywilizacyjne, z którymi należy się liczyć i do których trzeba się przygotować. Chodzi głównie o możliwości wybuchu konfliktów regionalnych o różnym podłożu, przypadki łamania praw człowieka, proliferację broni masowego rażenia, różne formy terroryzmu, zorganizowaną przestępczość, dewastację środowiska naturalnego. Nie wyklucza, co oczywiste, możliwości wybuchu wojny na skalę większą niż regionalna. Jednym słowem uwzględnia wszystko co może zagrażać państwom-członkom Sojuszu Północnoatlantyckiego. Strategia nie nadaje członkostwu Polski w NATO charakteru mającego dominujący wpływ na pojmowanie i definiowanie zadań obronnych, ale integracja z NATO jest w niej jednym z głównych elementów, na którym budowany jest skuteczny system bezpieczeństwa Polski. Obrona państwa jest oparta, w myśl strategii, nie tylko na przesłankach zewnętrznych, czyli na zobowiązaniach wynikających z sojuszy międzynarodowych, ale, albo przede wszystkim, na wewnętrznych, a więc na sprawnym narodowym systemie obron-

nym. A ponieważ, w kwestii bezpieczeństwa państwa, zarówno gwarancje zewnętrzne jak i elementy wewnętrznego systemu obronnego mają znaczenie, dlatego chociaż - co wydaje się oczywiste - w niejednakowych proporcjach, muszą być spójne. Oczywiste jest też, że tylko spełnienie obu warunków pozwoli naszemu krajowi sprostać wyzwaniom dającym gwarancje integralności terytorialnej, suwerenności i niepodległości oraz demokratycznego rozwoju w XXI wieku.

Bardzo ważnym i zarazem niezwykle czułym elementem bezpieczeństwa narodowego jest system obrony przed bronią masowego rażenia. Sprawność tego systemu ma niebagatelny wpływ na zdolność bojową wojsk, ich żywotność oraz stabilność struktur dowodzenia nie tylko w naszej armii, ale również na sojuszniczy system obronny stanowiąc jego część. Innymi słowy, system obrony przed bronią masowego rażenia w Wojsku Polskim nie może odbiegać możliwościami od systemów istniejących w innych państwach NATO, również ze względu na sojusznicze zadanie zapewnienia bezpieczeństwa siłom wsparcia, w przypadku konfliktu, w roli państwa gospodarza. W strategii mówi się, że „Wzrasta zagrożenie związane z rozprzestrzenianiem się broni masowego rażenia i środków jej przenoszenia. Coraz liczniejsza jest grupa państw, w tym prowadzących politykę konfrontacyjną, bliskich wejścia w jej posiadanie. Do dysponowania tą bronią dążą również skrajne ugrupowania polityczne, religijne, a nawet grupy przestępcze. W konsekwencji należy brać pod uwagę groźbę użycia tej broni w celach terrorystycznych, tak w otoczeniu Polski jak i na jej obszarze. Należy się także liczyć z próbami tranzytu tej broni przez terytorium Rzeczypospolitej Polskiej i z wynikającymi z tego konsekwencjami"[1]

Co oznacza takie założenie i jakie wydają się być jego konsekwencje? Otóż rozwój niektórych sytuacji i zjawisk we współczesnym świecie daje wystarczające powody, (one wręcz nakazują), aby dbać o ten jakże czuły element systemu obronnego. Do tych sytuacji i zjawisk trzeba zaliczyć: nasilanie się rozprzestrzeniania materiałów i technologii w zakresie broni jądrowej, rozwój inżynierii

---

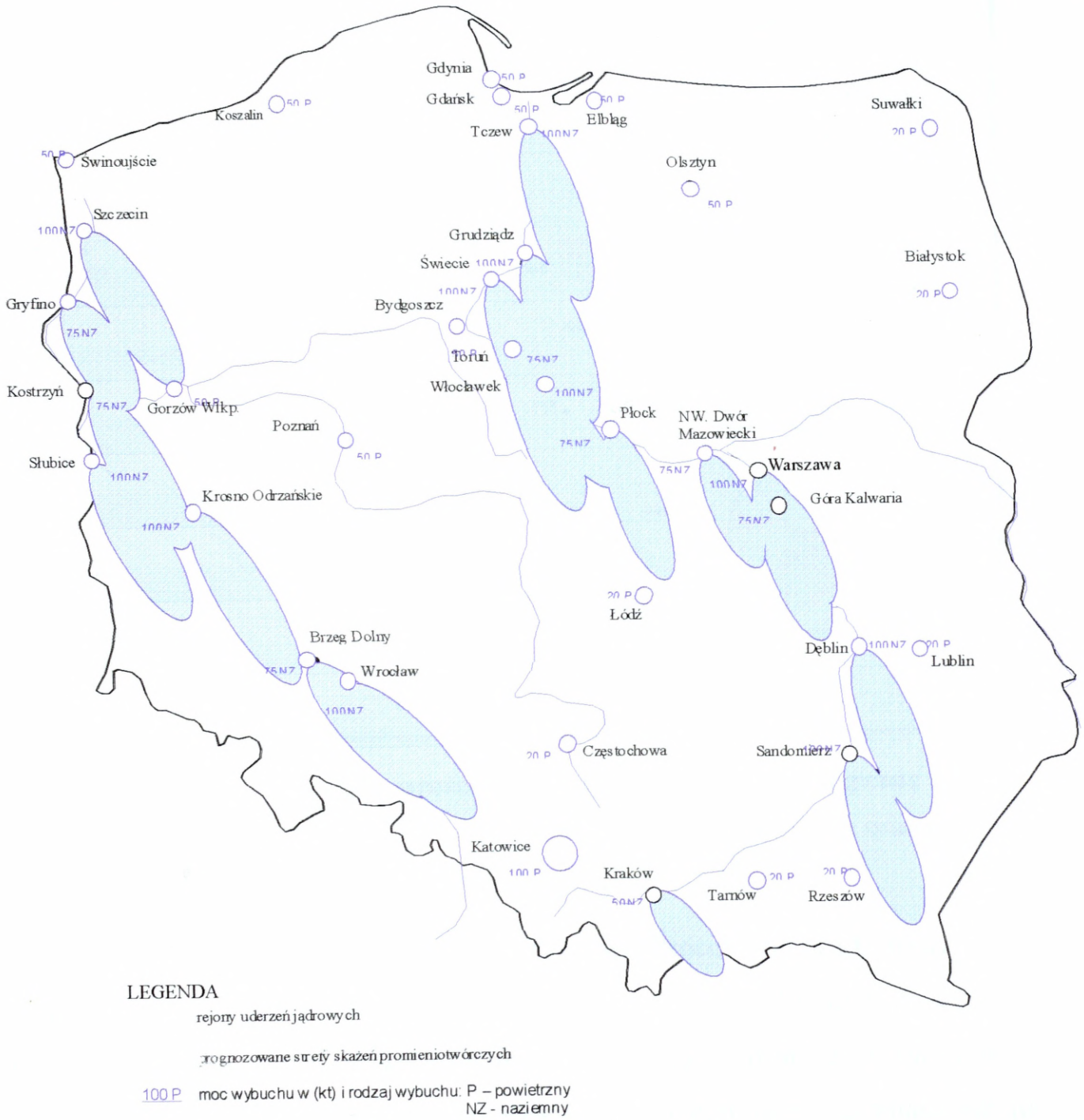
[1] Zob. „Strategia obronności Rzeczypospolitej Polskiej", wyd. AON, Warszawa 2002 r.

genetycznej prowadzący do produkcji niezwykle groźnych odmian broni biologicznej, zgromadzone zasoby i łatwość produkcji środków chemicznych.

Analizując pierwszy zakres zagrożeń należy stwierdzić, że nie ma już ekskluzywnego klubu państw- posiadaczy broni jądrowej. Dzisiaj jej posiadanie obwieszczają państwa, których jeszcze kilka lat temu nikt nie podejrzewał nawet chęć jej zdobycia np.: Indie i Pakistan, inne skrzętnie to ukrywają. To sprawia, że liczba suwerennych państw i sił aspirujących do odgrywania ról posiadaczy broni jądrowej na światowej scenie politycznej oraz tych, które czynią starania by nią władać, rośnie bardzo szybko. Zrozumiałe jest więc, że wraz wydarzeń takim rozwojem wydarzeń wzrasta zagrożenie tą bronią, a jej użycie jest możliwe nie tylko w skali globalnej i regionalnych konfliktach zbrojnych, ale również w sytuacjach, które można nazwać nietypowymi. Jak widać teraźniejszość w tej materii jest bardzo niepewna i skomplikowana. Dzieje się tak mimo wzmacniania międzynarodowych reżimów kontrolnych oraz podejmowania prób zapobiegania tym zjawiskom środkami politycznymi. Szczególnie groźne jest to, że niektóre państwa położone w bezpośredniej bliskości z krajami Sojuszu dokonują prób kupna materiałów rozszczepialnych lub nawet gotowych ładunków jądrowych, korzystając z coraz łatwiejszego dostępu do nich, a jednocześnie z utrudnionego wykrywania takich nielegalnych operacji jak i zapobiegania im.

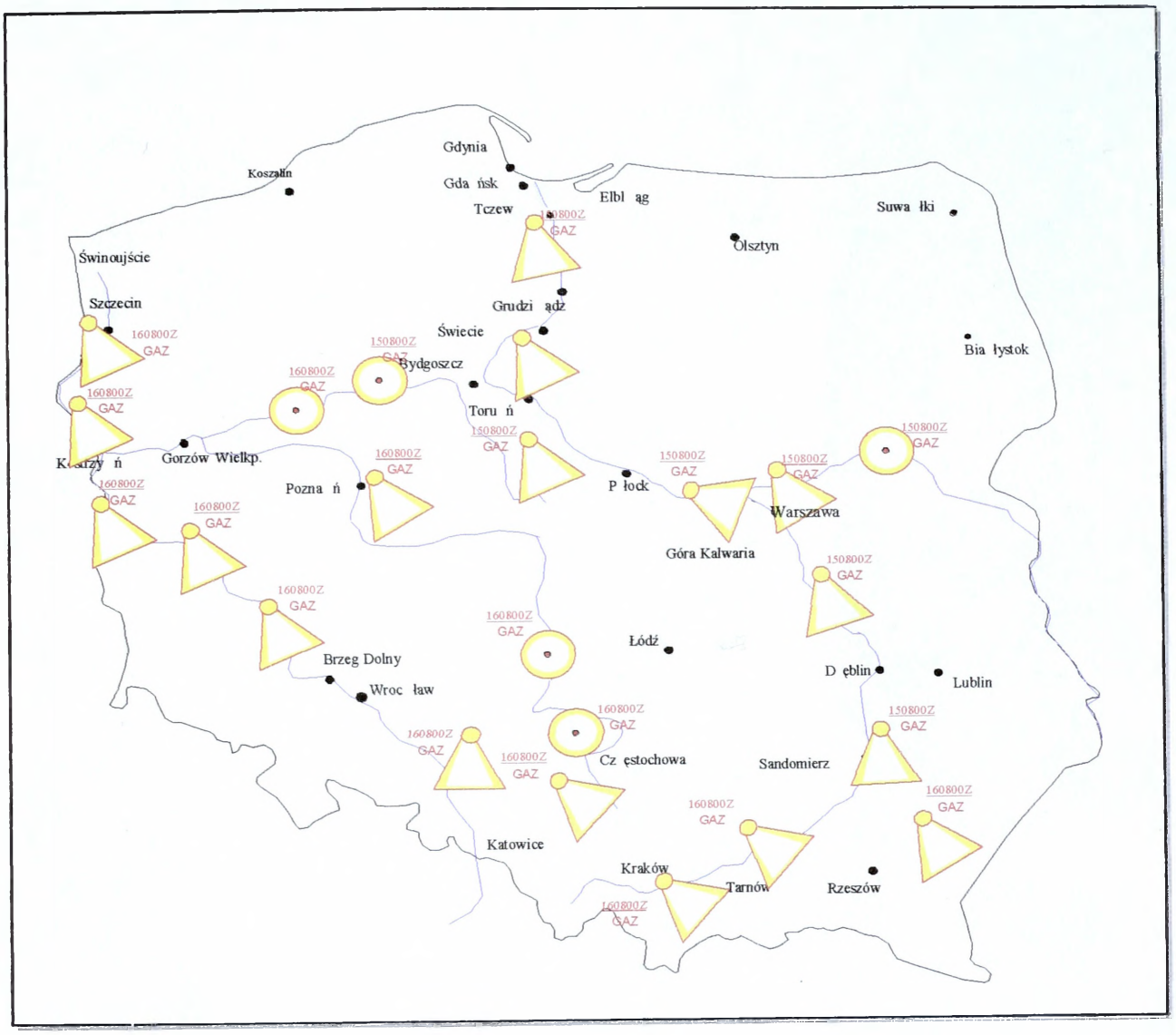
Drugi, niezwykle złożony i trudny, zarówno w kwestii kontroli, jak i przeciwdziałania obszar zagrożeń stwarza broń biologiczna. W literaturze fachowej podawane są, do publicznej wiadomości, informacje o nowych odkryciach i „wynalazkach" z tego zakresu. Z nich też dowiedzieć się można, że możliwości oddziaływania współczesnych rodzajów broni biologicznej na życie ludzi może mieć niewyobrażalne skutki. Nasuwa się pytanie - jakich informacji, z racji tajemnic, nie podaje się do publicznej wiadomości? Trzeba uwierzyć, że laboratoria nie pracują nadaremnie, że olbrzymi krok inżynierii genetycznej, dokonany w ostatnich latach, jest efektem pracy pełną parą. A jeśli wiadomo, że wyprodukowanie, przechowywanie i zastosowanie tej broni nie pociąga za sobą dużych kosztów to należy sumiennie rozważyć, możliwość skutecznego reagowania na

tego typu niebezpieczeństwo w naszej armii, podobnie jak uczyniono to w armiach sojuszniczych.



Rys. 1 Hipotetyczne zagrożenie obszaru kraju bronią jądrową

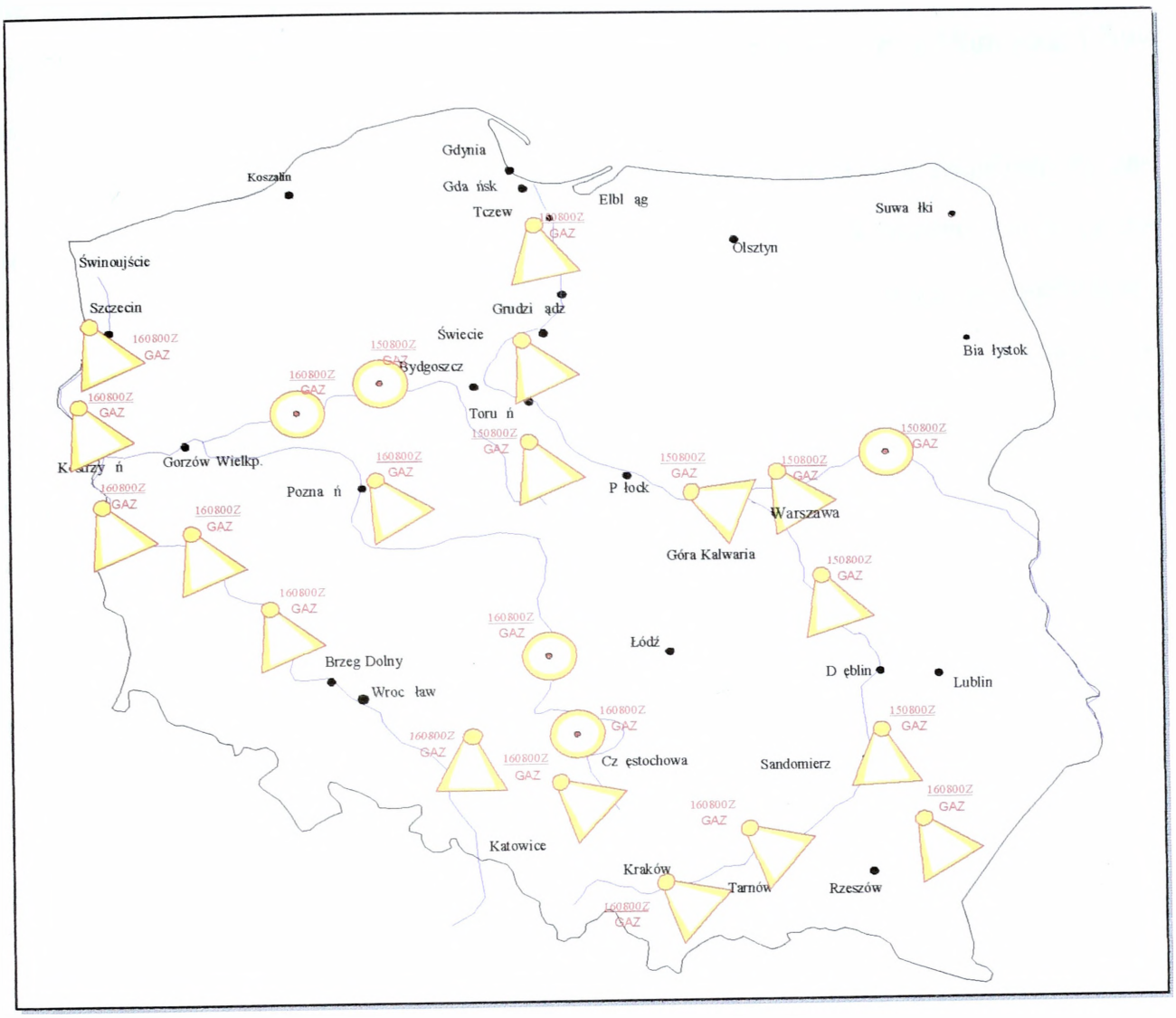
Źródło: Śladkowski S. „Środowisko pola walki a problemy wojsk przed skażeniami w sytuacjach kryzysowych" AON, Warszawa 2002r.



Rys. 2 Hipotetyczne zagrożenie obszaru kraju bronią biologiczną

Źródło: Śladkowski S. „Środowisko pola walki a problemy wojsk przed skażeniami w sytuacjach kryzysowych" AON, Warszawa 2002r.

Kolejne zagrożenie – to broń chemiczna. Proces zapoczątkowany w połowie lat 90-tych „Konwencją o zakazie broni chemicznej" należy zaliczyć do historycznych osiągnięć ludzkości. Istnieją jednak słabe strony tego zakrojonego na wielką skalę międzynarodowego działania. Po pierwsze, zgromadzone na wszystkich kontynentach zapasy bojowych środków chemicznych będą niszczone, w myśl postanowień konwencji, kilkanaście lat, a więc ciągle są i będą dostępne. Po drugie, broń chemiczna ma to do siebie, że jej produkcję można wznowić niemalże z dnia na dzień, na dużą skalę, w bardzo prymitywnych wa-



Rys. 3. Hipotetyczne zagrożenie obszaru kraju bronią chemiczną

Źródło: Śladkowski S. „Środowisko pola walki a problemy wojsk przed skażeniami w sytuacjach kryzysowych" AON, Warszawa 2002r.

runkach. Tutaj też tkwi niebezpieczeństwo, które tak naprawdę wcale nie ustało i w najbliższych latach nie ustanie.

Przykładem w tym kontekście może być stanowisko Rosji, która na skutek braku środków finansowych już nie dotrzymała wynikającego z konwencji terminu pierwszego etapu niszczenia zgromadzonych zapasów broni chemicznej (1% w ciągu pierwszych 3 lat). Kolejnym argumentem za tym, że broń chemiczna jeszcze długo pozostanie w arsenałach środków walki jest to, że niemal wszystkie państwa świata mogą sobie pozwolić na produkcję bojowych środków trujących modyfikując nieznacznie, dozwolone konwencją procesy technologiczne, w oparciu o istniejące instalacje przemysłowe, kiedy uznają za konieczne.

Nie należy też pomijać faktu, że akt ten przyjęło 173 państwa, a do 1.10. 2000 r. ratyfikowało 140. Nie przyjęły go do dziś np. Libia, Egipt, Korea Północna i Syria.[2]

W strategii położono nacisk na współcześnie istniejące możliwości zastosowania tych broni, które dzisiaj mogą przyjąć, na skutek bardzo wielu czynników, także formy trudne do przewidzenia. W tym tkwi największe niebezpieczeństwo. Należy się z nim liczyć, mając chociażby na względzie, realizację pokojowych zadań przez jednostki wojsk lądowych, w ramach sojuszniczych misji, w niespokojnych rejonach świata. Można mu przeciwdziałać m.in. przez budowę efektywnego systemu obrony przeciwchemicznej. A skoro tak, to aktualne jest pytanie jak wygląda jej stan?

1.2. Czynniki rażące BMR

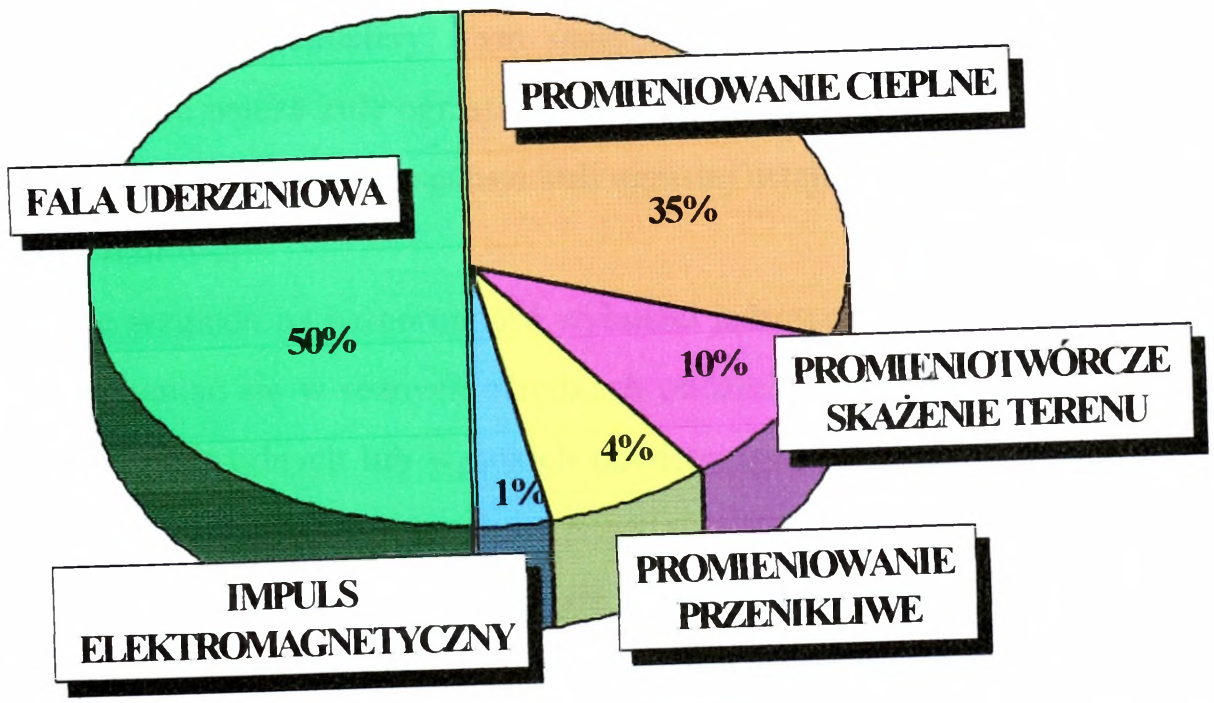
1.2.1. Broń jądrowa

Broń jądrowa od początku swojego istnienia zajmowała poczesne miejsce w arsenałach bojowych wielu państw. Skutki wybuchu jądrowego są bowiem tysiące razy większe od skutków największych nawet bomb burzących. Rażące działanie opiera się na wykorzystaniu energii wyzwalanej podczas reakcji jądrowych. Energia ta przejawia się w postaci kilku czynników rażenia, których procentowy udział w ogólnej energii, wydzielanej podczas wybuchu może być różny, zależny od mocy ładunku, jego rodzaju, sposobu wykonania eksplozji oraz warunków zewnętrznych. Jedne z tych czynników, takie, jak: impuls elektromagnetyczny, promieniowanie przenikliwe oraz promieniotwórcze skażenie terenu zarezerwowane są tylko dla wybuchów jądrowych. Kolejne dwa, czyli fala uderzeniowa oraz promieniowanie świetlne są charakterystyczne nie tylko dla wybuchów jądrowych, lecz również dla zwykłych ładunków wybuchowych. W obu przypadkach fala uderzeniowa oraz emisja ciepła wywiera destrukcyjny wpływ na ludzi, sprzęt i otoczenie. Fala uderzeniowa i promieniowanie cieplne działają

---

[2] Na podstawie danych Instytutu Przemysłu Organicznego – za zgodą autorów.

na ludzi prawie natychmiast, wywołując widoczne efekty w postaci silnych uszkodzeń ciała czy oparzeń. Podobnie wygląda oddziaływanie na sprzęt i wyposażenie, gdzie dochodzi do zniszczenia domów, przewrócenia pojazdów, zapalenia lasów, budynków, itp. Jednak olbrzymia siła niszcząca wybuchu jądrowego jest niewspółmiernie większa od jakichkolwiek znanych wybuchów konwencjonalnych. Ogólny schemat przedstawiający rozkład energii po wybuchu jądrowym ilustruje rysunek. Podstawową cechą, odróżniającą wybuch jądrowy od konwencjonalnego jest występowanie promieniowania jądrowego, czyli promieniowania emitowanego z jąder atomów podczas reakcji ich rozszczepienia lub syntezy. Dla kontrastu, promieniowanie jądrowe nie manifestuje swojego działania przez długi okres po wybuchu. Co ciekawe, to właśnie fakt, że nasze zmysły nie reagują na promieniowanie i nie sygnalizują jego istnienia stanowi tą zasadniczą różnicę.



Rys. 4. Ogólny podział energii wybuchu jądrowego

Fala uderzeniowa

Podczas wybuchu jądrowego, w ciągu ułamków sekundy wydziela się ogromna energia cieplna, która powoduje, że temperatura dochodzi do dziesiątek milionów stopni Celsjusza. W tak wysokiej temperaturze wszelkie resztki ładun-

ku jądrowego wraz z jego powłoką wyparowują przechodząc w stan plazmy[3]. Jednocześnie, uwalniana jest energia w postaci miękkiego promieniowania rentgenowskiego, jakie będąc absorbowane przez otaczającą atmosferę, doprowadza do bardzo silnego wzrostu temperatury i sformowania świecącej sfery gorących gazów zwanej kulą ognistą. Na tym etapie, bardzo intensywnie emitowane jest promieniowanie świetlne, natomiast jasność kuli ognistej jest wielokrotnie większa niż słońca. Kula ognista bardzo szybko się rozszerza, wznosząc się jednocześnie w tempie około 100 m/s. Przykładowo, dla wybuchu jądrowego o mocy 1 Mt, w ciągu kilku milisekund średnica kuli ognistej dochodzi 150 m, a po upływie 10 sekund osiąga swoje maksimum wynoszące 2200 m. Wraz z ekspansją kuli ognia następuje jej ochłodzenie, co powoduje, że energia emitowana w postaci promieniowania świetlnego znacznie maleje. W tym momencie główną rolę przejmuje energia kinetyczna szybko poruszających się jonów, które przekazują ją do otaczającej atmosfery. Tym samym tworzy się silnie sprężona warstwa ośrodka, która otacza kulę ognistą i przemieszcza się pod wpływem ciśnienia kuli. W pewnym momencie ekspansja kuli ognistej ustaje i następuje oddzielenie się fali uderzeniowej.

Ze względu na różnorodność wybuchu jądrowego fala uderzeniowa może rozprzestrzeniać się w różnych ośrodkach oddzielnie (np. przy wybuchach podziemnych, podwodnych lub wysokich powietrznych), a także w dwóch – trzech ośrodkach łącznie. Dzieje się tak na przykład przy niskich wybuchach powietrznych, gdzie fala uderzeniowa styka się z ziemią lub lustrem wody. W efekcie, oprócz powietrznej fali uderzeniowej, powstają także fale w wodzie i w ziemi. Zjawisko rozchodzenia się fali uderzeniowej charakteryzuje się zmiennym rozkładem ciśnienia w zależności od czasu i odległości od punktu zerowego wybuchu. Na początku, wokół centrum wybuchu, powstaje kulisty obszar bardzo silnie sprężonego powietrza, rozchodzącego się z prędkością wielokrotnie przekracza-

---

[3] *Plazma to silnie zjonizowany gaz, w którym koncentracja elektronów i jonów dodatnich jest w przybliżeniu równa, wskutek czego gęstość ładunku przestrzennego jest bliska zeru (powstaje zwykle w bardzo wysokich temperaturach lub podczas wyładowań elektrycznych w rozrzedzonych gazach), Leksykon naukowo – techniczny, Warszawa, NT, 1972.*

jącą prędkość dźwięku. Prędkość ta jest przy tym proporcjonalna do ciśnienia panującego w czole fali uderzeniowej. Przykład zależności ciśnienia[4] i prędkości czoła fali uderzeniowej przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Prędkość fali uderzeniowej w zależności od ciśnienia

Szczyt nadciśnienia*						
w Kpa	10	20	50	100	200	500
w psi	1.45	2.90	7.25	14.5	29.0	72.5
Prędkość fali uderzeniowej						
w m/s	354	367	405	462	545	777
w km/h	1270	1321	1458	1663	1962	2797

UWAGA:

** Nadciśnienie traktowane jest jako różnica pomiędzy ciśnieniem maksymalnym a ciśnieniem atmosferycznym.*

Źródło: Grace Ch., S., Nuclear weapons Principles, Effects and survivability, Brassey's 1994.

Chwilę później wysokie ciśnienie utrzymuje się już tylko w zewnętrznej warstwie strefy, natomiast z tyłu gwałtownie maleje, spadając w pobliżu centrum poniżej poziomu ciśnienia atmosferycznego. W końcu ciśnienie w pobliżu środka wybuchu wraca do poziomu ciśnienia atmosferycznego, kończąc niejako cały cykl przechodzenia fali uderzeniowej przez wybrany punkt. Tak duże zmiany ciśnienia powodują, że cały obszar, w którym porusza się fala uderzeniowa dzieli się na dwie strefy: strefę nadciśnienia (sprężania) oraz strefę podciśnienia (rozrzedzenia). Spotyka się czasem opinie[5], że fala uderzeniowa to tylko obszar sprężenia wraz z jego czołem uderzeniowym, który rozprzestrzenia się w jakimś

---

[4] *Zgodnie z układem SI ciśnienie wyraża się przy pomocy jednostki zwanej Pascalem (Pa). Jest to ciśnienie jednego niutona na metr kwadratowy (1 Pa = 1 N/m2). Czasami jednak w publikacjach angielskich jednostką ciśnienia jest psi czyli funt na cal kwadratowy (pound per square inch). Dla ułatwienia przedstawiono wzajemne relacje tych jednostek: 1 kPa = 0,145 psi; 1 psi = 6,895 kPa. Dawniej ciśnienie wyrażano w kG/cm2; a 1 kG/cm2 = 98,0655 Pa; 1 kPa = 0,098 kG/cm2 – przyp.aut.*

[5] *Por. Głuszko A., Markow L., Pigulin L., Broń atomowa i obrona przeciwatomowa, Warszawa, MON 1959*

ośrodku z prędkością naddźwiękową. Nie rozpatruje się przy tym fazy podciśnienia, tłumacząc to jej niewielkim wpływem na przeszkody. Stąd też czas fazy nadciśnienia utożsamiany jest często z czasem działania fali uderzeniowej.

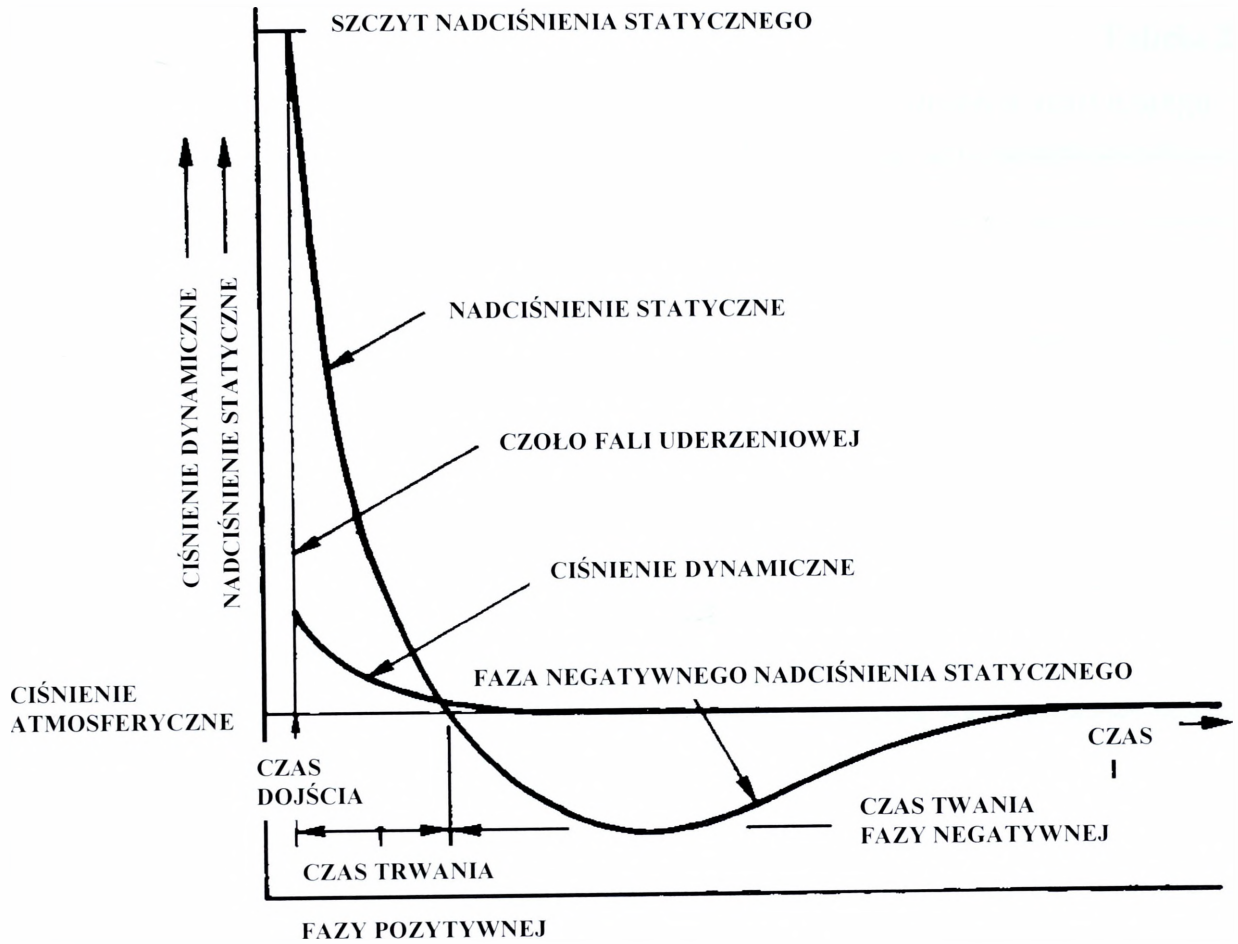
Podczas opisywania parametrów fali uderzeniowej zmuszeni jesteśmy do używania wielu pojęć dotyczących ciśnienia. Są to: *ciśnienie całkowite* czyli maksymalne ciśnienie występujące na czole fali uderzeniowej, *ciśnienie atmosferyczne* czyli typowe ciśnienie otaczającego nas powietrza[6] oraz tzw. *nadciśnienie statyczne*, jakie jest różnicą pomiędzy ciśnieniem całkowitym a ciśnieniem atmosferycznym. Dodatkowo, szczególnie w literaturze zachodniej, wymienia się takie zjawisko jak *ciśnienie dynamiczne* lub inaczej *wiatry podmuchu*. To ostatnie jest spowodowane tym, iż przechodząca w atmosferze fala uderzeniowa przekazuje część swojej energii molekułom otaczającego powietrza, wprawiając je w ruch zgodnie z kierunkiem rozchodzenia się fali uderzeniowej. Ruch molekuł powietrza objawia się w postaci dość silnych, lecz przemijających wiatrów zwanych czasem „wiatrami podmuchu". Podobnie jak każdy wiatr wytwarzają swoje własne ciśnienie zwane dynamicznym, które odgrywa istotną rolę podczas rażącego działania fali uderzeniowej, zwłaszcza na ludzi i inne obiekty o niewielkich wymiarach. Zależności pomiędzy nadciśnieniem statycznym a ciśnieniem dynamicznym fali uderzeniowej ilustruje wykres przedstawiony na rysunku 5 oraz tabeli 2.

Z przedstawionych danych wynika, że pomiędzy nadciśnieniem statycznym a ciśnieniem dynamicznym istnieje pewna stała zależność. Okazuje się, że przy małych wartościach nadciśnienia statycznego ciśnienie dynamiczne jest wielokrotnie mniejsze (np. dla nadciśnienia 10 kPa ciśnienie dynamiczne jest prawie 30 razy mniejsze). Jednak, gdy nadciśnienie statyczne wzrośnie np. pięciokrotnie (do 50 kPa), to ciśnienie dynamiczne wzrośnie jeszcze bardziej, bo aż 23 razy. Wielkości obu ciśnień wyrównują się przy ciśnieniu równym 482 kPa (70 psi).

---

[6] Wartość ciśnienia atmosferycznego określa się jako ciśnienie 760 mm słupa rtęci lub 101,3 kPa – przypis autora.

Powyżej tej wartości ciśnienie dynamiczne jest już większe niż nadciśnienie statyczne.



Rys. 5. Ciśnienie dynamiczne i nadciśnienie statyczne w funkcji czasu

Źródło: Grace Ch., S., Nuclear weapons Principles, Effects and survivability, Brassey's 1994.

Ze względu na stały charakter tej zależności, do analizy wpływu fali uderzeniowej wybuchu jądrowego na możliwość porażenia poszczególnych systemów wojskowych, wykorzystuje się ściśle określone wielkości nadciśnienia. Zgodnie z tym, do porażenia aparatów latających wystarczy nadciśnienie 10 kPa, do porażenia statków 20 kPa, aby zaś zniszczyć lub uszkodzić obiekty lądowe potrzebne jest nadciśnienie rzędu 50 – 200 kPa. Wielkość tego nadciśnienia zależeć będzie od wielu czynników takich jak: odległość od punktu zerowego wybuchu, wysokości wybuchu, jego mocy, a także od ukształtowania terenu (liczby i charakteru przeszkód terenowych) oraz warunków meteorologicznych. Czas

trwania fazy nadciśnienia w zależności od odległości i mocy wybuchu przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Ciśnienie dynamiczne i prędkość wiatru w stosunku do nadciśnienia statycznego

Szczyt nadciśnienia						
w Kpa	10	20	50	100	200	500
w psi	1.45	2.90	7.25	14.5	29.0	72.5
Szczyt ciśnienia dynamicznego						
w Kpa	0,35	1,37	8,26	31,0	110	516
w psi	0,05	0,20	1,20	4,5	16,0	74,8
Maksymalna prędkość wiatru						
w m/s	23	44	100	176	292	524
w km/h	89	158	360	633	1051	1886

Źródło: Grace Ch., S., Nuclear weapons Principles, Effects and survivability, Brassey's 1994.

Tabela 3

Czas trwania fazy nadciśnienia w zależności od odległości i mocy wybuchu

Moc	Odległość (m)			
	300	1000	3000	10 000
Szczyt nadciśnienia statycznego				
1 kt	87 kPa 12,5 psi	11,9 kPa 1,7 psi	2,1 Kpa 0,3 psi	0,29 kPa 0,043 psi
1 Mt	*	908 kPa 130 psi	87 kPa 12,5 psi	11,9 kPa 1,7 psi
Czas trwania fazy nadciśnienia				
1 kt	0,22 s	0,47 s	0,75 s	0,97 s
1 Mt	*	0,73 s	2,2 s	4,7 s

Źródło: Grace Ch., S., Nuclear weapons Principles, Effects and survivability, Brassey's 1994.

Podczas wybuchu ładunku jądrowego w powietrzu fala uderzeniowa rozchodzi się we wszystkich kierunkach z jednakową szybkością. Proces ten trwa dopóty, dopóki fala uderzeniowa nie dosięgnie ziemi, gdzie ulega odbiciu. Cha-

rakter odbicia może być bardzo różnorodny, a jego najprostszym przypadkiem jest odbicie fali uderzeniowej od powierzchni prostopadłej do kierunku jej rozchodzenia tzw. odbicie regularne.[7] W momencie dojścia do powierzchni ziemi fala zostaje gwałtownie zatrzymana, co powoduje znaczny wzrost ciśnienia, pierwotnie przy powierzchni ziemi, a później także w górnych warstwach powietrza. W ten sposób tworzy się fala odbita. Jednocześnie zanika pionowy wektor prędkości ruchu powierza, wektor poziomy zaś, na skutek odbicia fali, zwiększa się. Ciśnienie fali odbitej jest kilkakrotnie większe niż ciśnienie fali padającej toteż na dużych odległościach od punktu zerowego fala odbita dopędza falę padającą i nakłada się na nią. Opisane zjawisko nosi nazwę odbicia nieregularnego.

W wyniku nakładania i zlewania się fal padającej i odbitej powstaje czołowa fala uderzeniowa, która rozprzestrzenia się wzdłuż powierzchni ziemi. W pewnej odległości od punktu zerowego jej wysokość jest już na tyle duża, że wszystkie obiekty naziemne znajdą się w jej strefie działania. Wynika z tego, że ciśnienie fali czołowej jest zwykle większe (zwykle od 1,5 do 3 razy) niż ciśnienie fali padającej.[8] Z tego powodu lotnictwo wykonujące zadania w rejonie wybuchu (ponad falą czołową) jest mniej narażone na silne działanie fali uderzeniowej w porównaniu z obiektami naziemnymi, rażony miczołową falą uderzeniową, przy takiej samej odległości od punktu zerowego wybuchu. W przypadku wybuchu naziemnego czoło fali uderzeniowej przyjmuje kształt półkuli, której środek położony jest na powierzchni ziemi w punkcie zerowym wybuchu. Schemat rozprzestrzeniania się fali uderzeniowej naziemnego wybuchu jądrowego przedstawia rysunek 6.

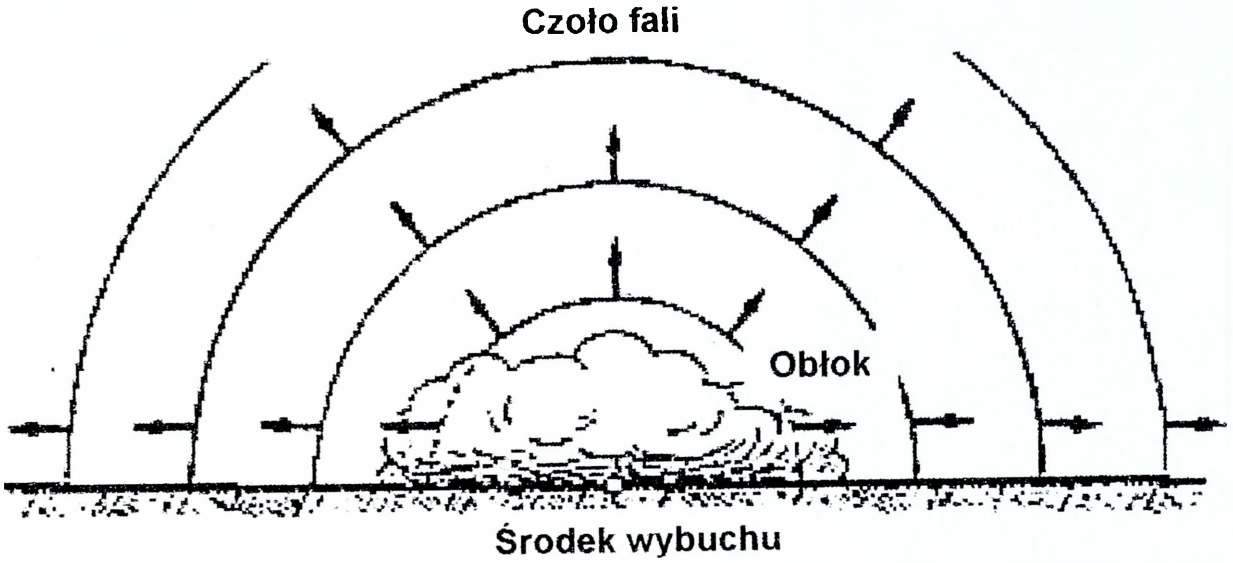
Z rysunku wynika, że naziemny wybuch jądrowy można rozpatrywać jako przypadek wybuchu powietrznego, gdzie nie ma strefy odbicia regularnego, czyli fala padająca i fala odbita od powierzchni ziemi pokrywają się. W rezultacie kon-

---

[7] *Takie odbicie występuje, gdy fala uderzeniowa uderza w powierzchnię ziemi w pobliżu punktu zerowego wybuchu (w strefie bliższej).*

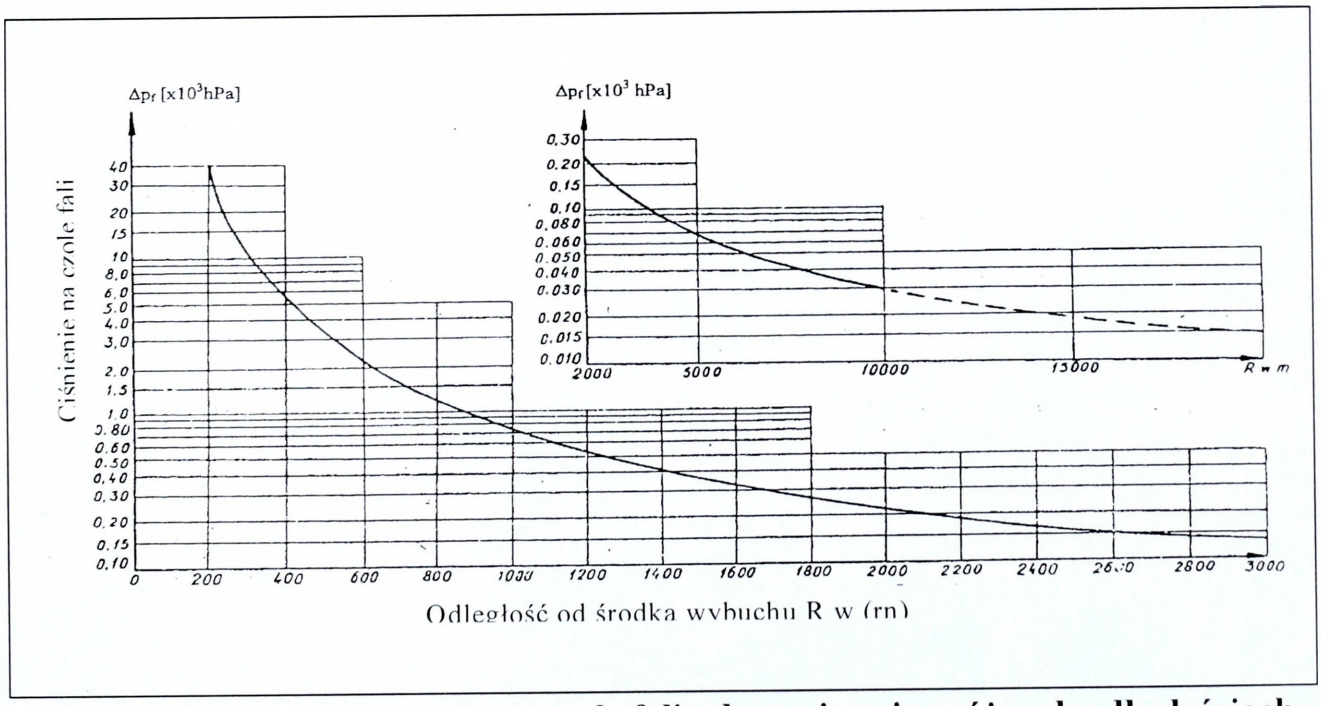
[8] *Największy wzrost ciśnienia występuje w sytuacji gdy kąt pomiędzy czołem fali padającej a odbijającą ją powierzchnią mieści się w granicach $40^0 - 70^0$ (zależnie od nadciśnienia w czole fali padającej) – Iwanow A., Rybkin G., Działanie rażące wybuchu jądrowego, Warszawa, MON 1962.*

centracja energii w objętości powietrza objętego falą uderzeniową jest około dwa razy większa niż przy wybuchu powietrznym.[9] Wielkość nadciśnienia, na czole fali uderzeniowej w różnych odległościach od środka wybuchu naziemnego i powietrznego przedstawiono na rysunkach 7 i 8.



Rys. 6. Schemat rozprzestrzeniania się fali uderzeniowej naziemnego wybuchu jądrowego

Źródło: A. Głuszko, L. Markow, L. Pilugin Broń atomowa i obrona przeciwatomowa, Warszawa MON 1959

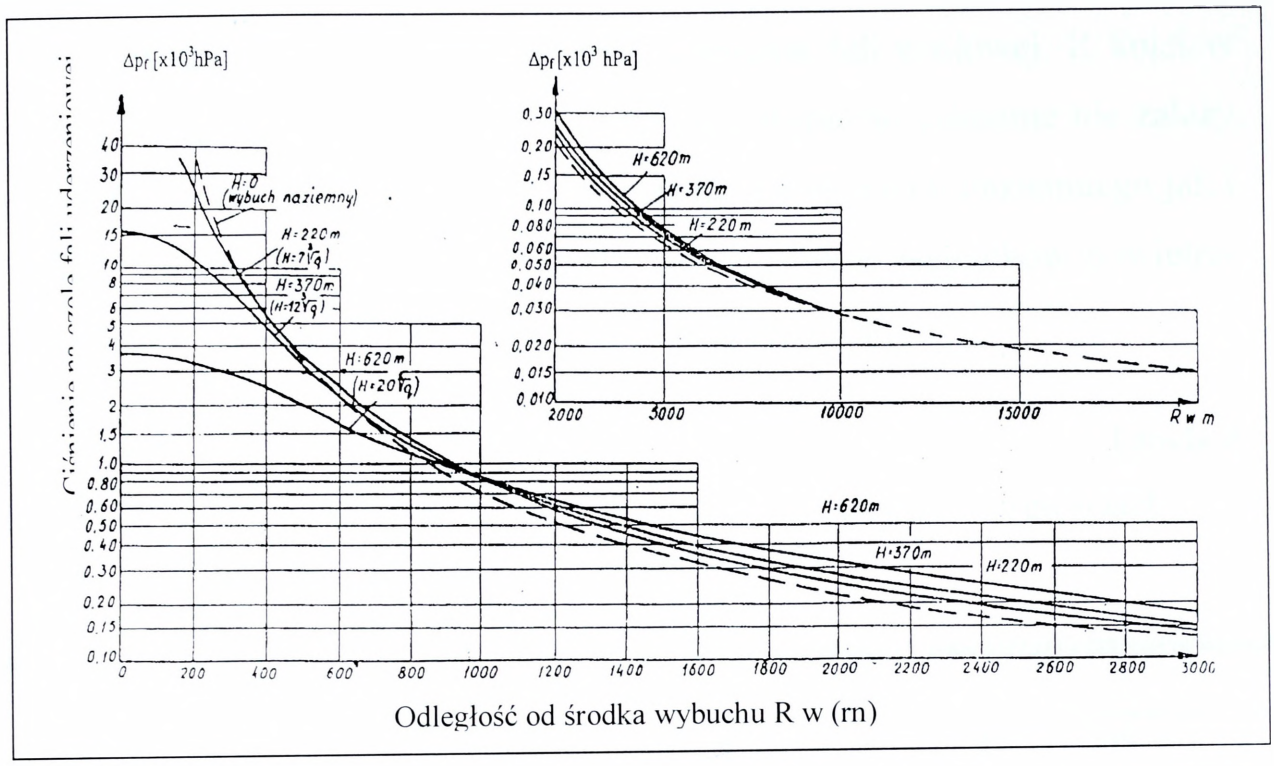


Rys. 7. Wielkość nadciśnienia na czole fali uderzeniowej w różnych odległościach od środka wybuchu naziemnego o mocy 30 kt

Źródło: Jaśtak Z., Informator o skutkach działania broni jądrowej, Warszawa MON 1971

---

[9] *Zob. A. Głuszko, L. Markow, L. Pilugin Broń atomowa i obrona przeciwatomowa, Warszawa MON 1959*



Rys. 8. Wielkość nadciśnienia na czole fali uderzeniowej w różnych odległościach od środka wybuchu naziemnego o mocy 30 kt

Źródło: Jaśtak Z., Informator o skutkach działania broni jądrowej, Warszawa MON 1971

Okazuje się, że największe nadciśnienie, wynoszące kilkadziesiąt tysięcy hektopaskali, znajduje się tylko w pobliżu środka wybuchu i w miarę oddalania się od niego gwałtownie spada. Wielkość ciśnienia na czole fali uderzeniowej w tej strefie jest odwrotnie proporcjonalna do odległości od środka wybuchu podniesionej do potęgi trzeciej. W większych odległościach, gdzie występuje znacznie niższe ciśnienie, jego wielkość jest odwrotnie proporcjonalna do odległości od środka wybuchu. W strefie najsłabszych ciśnień, występujących w odległości powyżej 10 km od środka wybuchu, wielkość ciśnienia w znacznej mierze zależy od warunków w przyziemnej warstwie powietrza i dlatego wcześniejsze zależności nie mają tu zastosowania.

Na powyższych rysunkach przedstawiono wykresy wielkości ciśnienia dla trzech wybuchów powietrznych (na wysokości 220m, 370m oraz 620m) i jednego naziemnego o takiej samej mocy 30 kt. Wynika z nich, że największe ciśnienie na powierzchni ziemi występuje w rejonie punktu zerowego naziemnego wybuchu jądrowego. Zwiększanie wysokości wybuchu powoduje zmniejszanie ciśnienia w

tej strefie. W odległości większej od wysokości wybuchu, zwiększenie wysokości eksplozji powoduje nieznaczne zwiększenie ciśnienia fali czołowej. Z kolei w odległości 10 - 15 krotnie większej od wysokości wybuchu ciśnienie nie zależy od wysokości i można przyjąć, że jest takie same dla wybuchu naziemnego jak i powietrznego. Porównanie nadciśnienia fali uderzeniowej wybuchów powietrznego i naziemnego o różnej mocy przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 4

Wielkość nadciśnienia na czole fali uderzeniowej w różnych odległościach od punktu zerowego wybuchu

Nadciśnienie fali uderzeniowej [kPa]	Moc wybuchu							
	1 kt		10 kt		100 kt		100 kt	
	rodzaj wybuchu							
	naziemny	powietrzny	naziemny	powietrzny	naziemny	powietrzny	naziemny	powietrzny
2 000	0,08	0,05	0,17	0,11	0,36	0,23	0,77	0,5
1 000	0,1	0,07	0,22	0,15	0,46	0,32	1,0	0,7
500	0,13	0,9	0,29	0,18	0,62	0,4	1,35	0,9
100	0,27	0,21	0,59	0,46	1,25	1,0	2,7	2,1
30	0,54	0,54	1,15	1,15	2,5	2,5	5,4	5,4
10	1,1	1,4	2,4	3,0	5,2	6,5	11,0	14,0

Źródło: Trojanowski ,J., Broń jądrowa [w:] Zeszyty popularnonaukowe TWO, Warszawa 1980

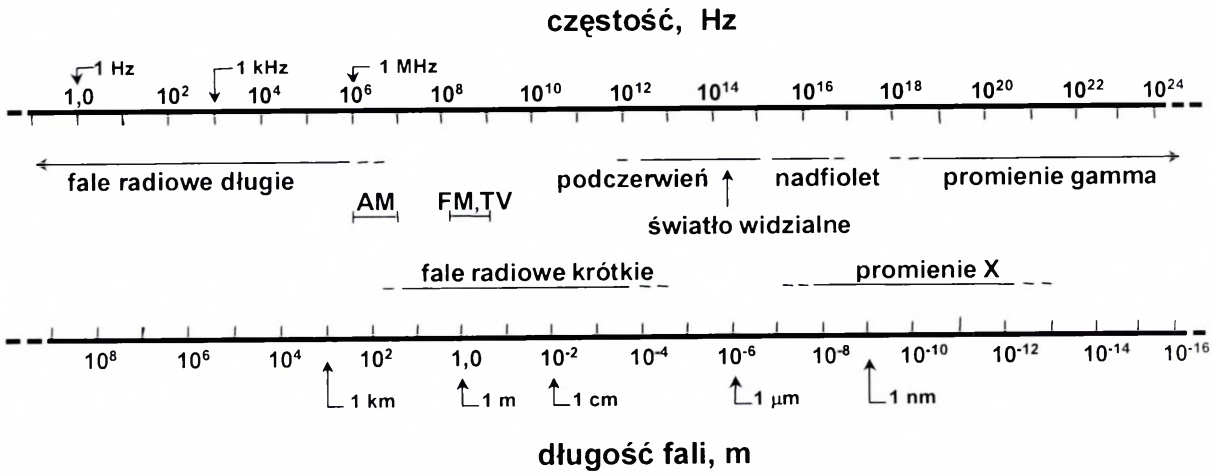
Dane zamieszczone w tabeli potwierdzają fakt, że zasięg obszaru silnego nadciśnienia jest większy w przypadku wybuchów naziemnych (średnio o 1/3). Jednak, gdy ciśnienie czoła fali uderzeniowej spadnie do wielkości 30 kPa oba zasięgi (dla wybuchu powietrznego i naziemnego) się wyrównują. Poniżej tej wartości większym zasięgiem dysponuje wybuch powietrzny.

Promieniowanie świetlne

Promieniowanie świetlne jest typem promieniowania elektromagnetycznego, które charakteryzuje się ruchem falowym powodowanym oscylacją ładunków

elektrycznych i towarzyszącym im pól magnetycznych. Wszystkie rodzaje promieniowania elektromagnetycznego rozchodzą się w powietrzu ze stałą prędkością równą 300 000 km/s. Zakres wszystkich rodzajów promieniowania tego typu nazywamy spektrum lub widmem elektromagnetycznym. Przedstawia je rysunek.

Każda substancja posiada swoją własną energię wewnętrzną, na jaką składa się suma wszystkich energii w określonej substancji, tzn. energia kinetyczna ruchu postępowego cząstek, energia ruchu obrotowego cząstek, energia kinetyczna drgań wewnętrznych cząstek oraz energia potencjalna oddziaływania między cząstkami. Energia ta może być przekazywana w postaci ciepła[10], lecz do tego konieczne jest dostarczenie energii.



Rys. 9. Widmo elektromagnetyczne

Halliday D., Resnick R., Fizyka, PWN, Warszawa 1999, s.372

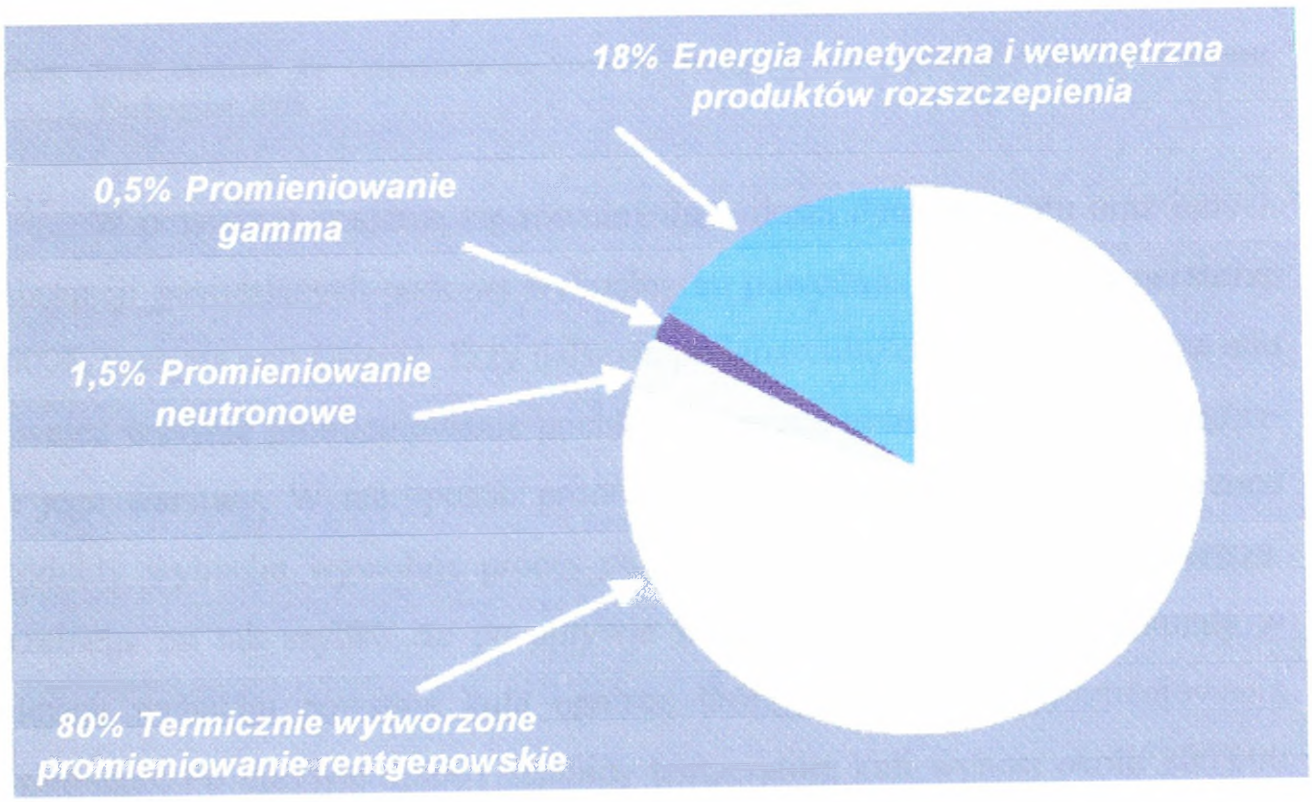
Po podgrzaniu substancji (lub przepuszczeniu prądu) następuje wzrost intensywności ruchu atomów[11], jakie zderzając się doprowadzają się do stanu wzbudzenia, a ponieważ atomy nie mogą trwać w takim stanie toteż oddają energię w postaci kwantów promieniowania elektromagnetycznego. Istnieje przy tym

---

[10] *Ciepło jest formą przekazu energii z ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze. Jego jednostkami są dżul i kaloria (1 cal = 4,184J) – przyp. aut.*

[11] *Miarą średniej energii kinetycznej ruchu postępowego cząstek jest temperatura stąd im większy ruch cząstek tym większa temperatura i na odwrót – przyp. aut.*

zależność, ze im większa energia tym mniejsza długość fali danego promieniowania[12]. Reakcje jądrowe zaistniałe podczas wybuchu ładunku jądrowego prowadzą do wytworzenia olbrzymich ilości energii w bardzo krótkim czasie i w niewielkiej objętości, co prowadzi do wytworzenia temperatury o wartości milionów stopni. W rezultacie obudowa, produkty reakcji oraz inne elementy ładunku ulegają wyparowaniu. W ciągu jednej milionowej części sekundy od chwili wybuchu, niezwykle gorące resztki bomby i pary wypromieniowują duże ilości energii głównie w postaci miękkiego promieniowania rentgenowskiego, które jednak natychmiast zostaje pochłonięte przez otaczające masy powietrza przylegającego do miejsca wybuchu bomby znacznie je ogrzewając. Pierwotny podział energii wybuchu przedstawia rysunek 10.



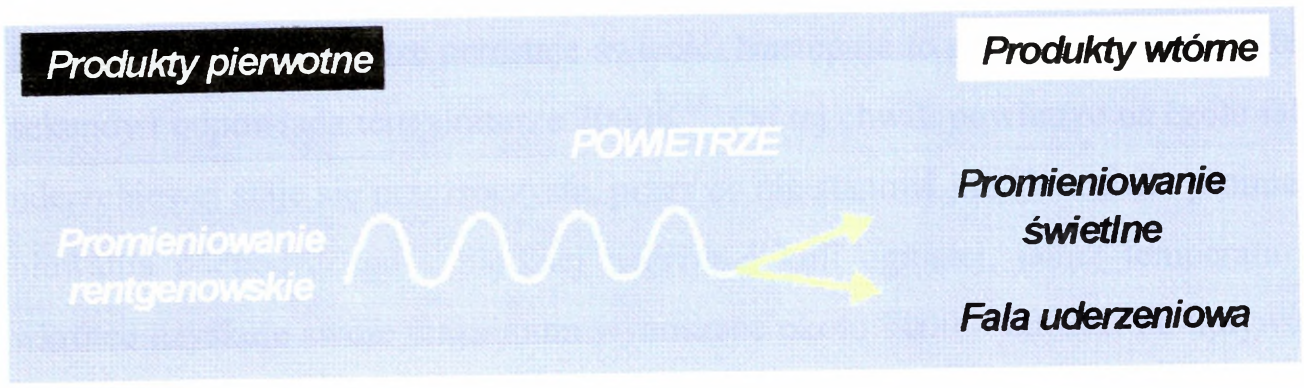
Rys. 10. Pierwotny podział energii wybuchu

Źródło: Joint Doctrine for Operations In Nuclear, Biological and Chemical (NBC) Environment, Washington 2000

---

[12] *Oprócz długości fali drugą cechą charakterystyczną promieniowania elektromagnetycznego jest jego częstotliwość. Przyjęło się jednak, że częstotliwością posługujemy się w przypadku fal radiowych natomiast dla fal świetlnych, gamma i rentgenowskich mówi się raczej o długości fali – przyp. aut.*

W efekcie w ułamku sekundy promieniowanie rentgenowskie zanika przekształcając się we wtórne produkty wybuchu jądrowego – promieniowanie świetlne[13] i falę uderzeniową. Przedstawia to rysunek 11.



Rys. 11. Zamiana promieniowania rentgenowskiego na falę uderzeniową i promieniowanie świetlne

Źródło: Joint Doctrine for Operations In Nuclear, Biological and Chemical (NBC) Environment, Washington 2000

W powietrzu znajdują się również duże ilości tlenków azotu oraz innych substancji powstających podczas wybuchu, co powoduje, że już w temperaturze 2000K zaczyna ono świecić. Przy dalszym podnoszeniu temperatury zaczyna ono również wysyłać promieniowanie pochłaniane przez następne jeszcze nie ogrzane jego warstwy. W ten sposób promieniowanie wydzielane przez rozżarzone produkty wybuchu wywołuje proces nagrzewania kolejnych warstw powietrza. Przebiega on tak szybko, że po upływie kilku milionowych części sekundy w miejscu wybuchu powstaje kula ognista, która jest źródłem promieniowania świetlnego. Po upływie 0,0001 sekundy temperatura kuli wynosi około 300 000 stopni i to we wszystkich jej miejscach[14]. Równocześnie ogromne ciśnienie gazów wewnątrz niej tworzy falę sprężenia zwaną falą uderzeniową. W pewnym momencie czoło fali uderzeniowej wysuwa się przed powierzchnię kuli homo-

---

[13] *Czasami w literaturze (zwłaszcza zachodniej) zamiast promieniowania świetlnego występuje termin promieniowanie cieplne, który sugeruje, że jest to energia przekazywana w formie ciepła. Autor przyjął jednak termin promieniowanie świetlne, gdyż widmo tego promieniowania obejmuje zakres ultrafioletu, światła widzialnego oraz podczerwieni – taki sam jak światło słoneczne – przyp. aut.*

[14] *Taką kulę o temperaturze jednakowej we wszystkich miejscach nazywa się kulą homotermiczną.*

termicznej emitując przy tym intensywne promieniowanie świetlne. Oprócz tego stanowi również swoisty ekran zatrzymujący większość promieniowania z wnętrza kuli homotermicznej. W miarę rozszerzania się czoła fali uderzeniowej, zarówno ciśnienie jak i temperatura, znacznie się obniżają doprowadzając do momentu, w jakim powietrze przestaje świecić. Następuje to po upływie około 0,01 sekundy i odpowiada temperaturze 2000K[15]. Od tej chwili powietrze na czole fali uderzeniowej staje się przezroczyste, przez co nie stanowi już ekranu dla promieniowania pochodzącego z bardziej nagrzanej kuli ognistej, jakiej temperatura wkrótce uzyskuje swoje maksimum wynoszące około 7000 – 8000K. Po upływie 0,2 – 0,3 sekundy od wybuchu[16] utrata energii na promieniowanie oraz ochładzanie się kuli ognistej w trakcie jej powiększania powoduje znaczny spadek temperatury; po 1 sekundzie od wybuchu osiąga wartość 5000K. W tym czasie promień kuli ognistej wynosi około 150 m. Po upływie kolejnych dwóch sekund jej promień powiększa się do 200m, a sama kula przestaje intensywnie świecić. W następstwie znacznego rozrzedzenia gazów następuje szybkie jej wznoszenie, jakiego prędkość początkowo wynosi 100 m/s. Po 10 sekundach od wybuchu kula ognista znajduje się już na wysokości 450 m i gaśnie zupełnie. Warto przy tym dodać, że jej wymiary oraz inne parametry zależą w głównej mierze od wielkości równoważnika trotylowego. Dla porównania kula ognista wybuchu o mocy 1 Mt po 10 sekundach znajduje się na wysokości 2,2 km, natomiast gaśnie zupełnie dopiero po upływie minuty na wysokości około 7 km.

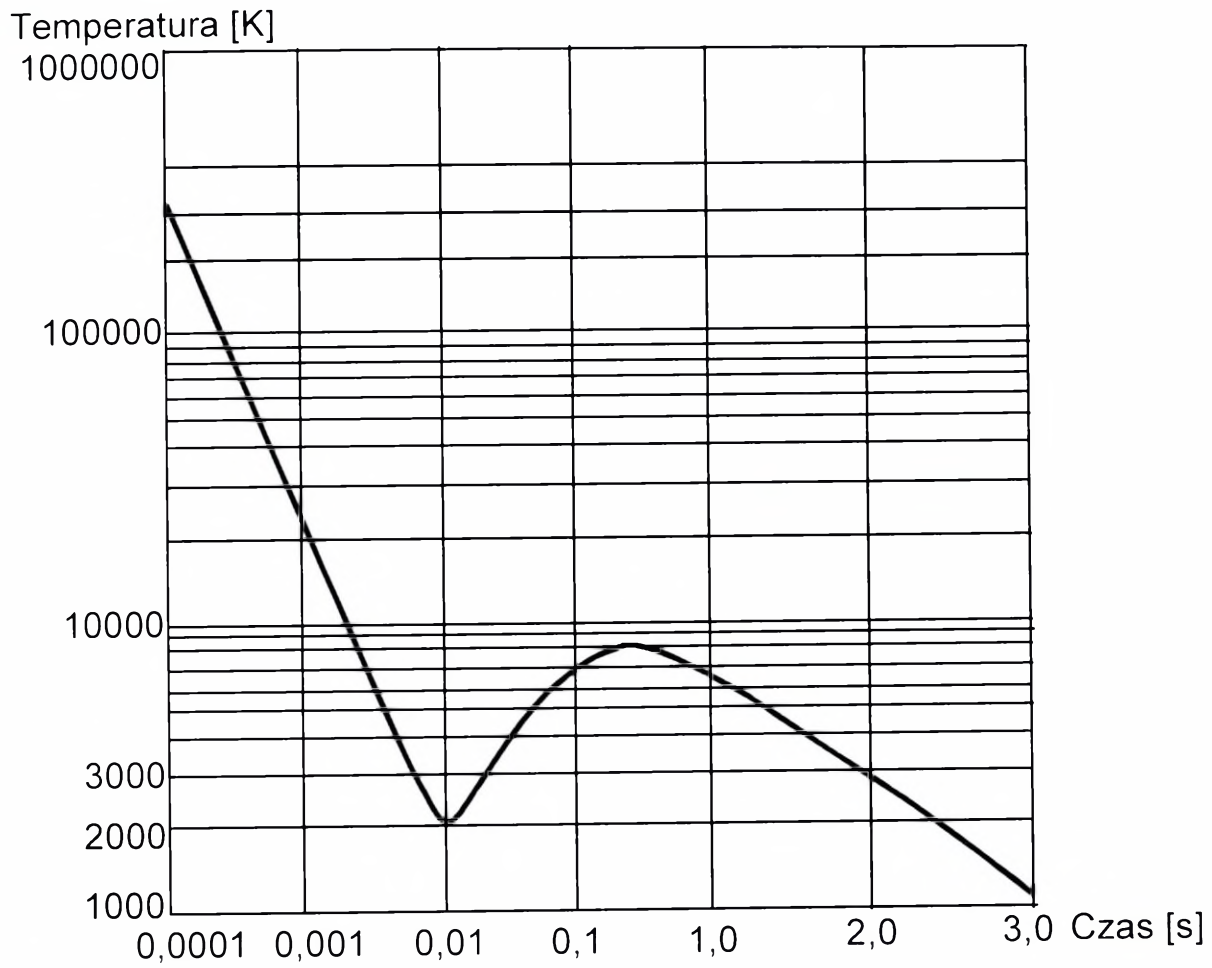
Z przytoczonych informacji wynika, że rozwój kuli ognistej i emisja promieniowania świetlnego następuje w dwóch fazach. W pierwszej, bardzo krótkiej (0 – 0,01s) temperatura jest bardzo wysoka, sięgająca kilkadziesiąt tysięcy stopni, lecz ilość wypromieniowanej energii świetlnej jest mała i wynosi zaledwie 1%. Druga faza, (0,01 – 3s) to okres, w którym kula ognista emituje 99% promieniowania świetlnego, z czego 80 – 85% już w ciągu pierwszej sekundy, a pozostała

---

[15] Jest to tzw. minimum temperaturowe oddzielające pierwszy okres rozwoju kuli ognistej od drugiego – przyp. aut.

[16] Wszystkie kalkulacje są prawdziwe dla wybuchu powietrznego o mocy 20 kt.

część 20 -15% - w okresie pomiędzy pierwszą i trzecią sekundą po wybuchu. Temperatura w tym okresie waha się od 2000K do 8000K. Zmiany temperatury w zależności od czasu po wybuchu ilustruje rysunek 12.



Rys. 12. Zmiany temperatury w zależności od czasu po wybuchu o mocy 20kt

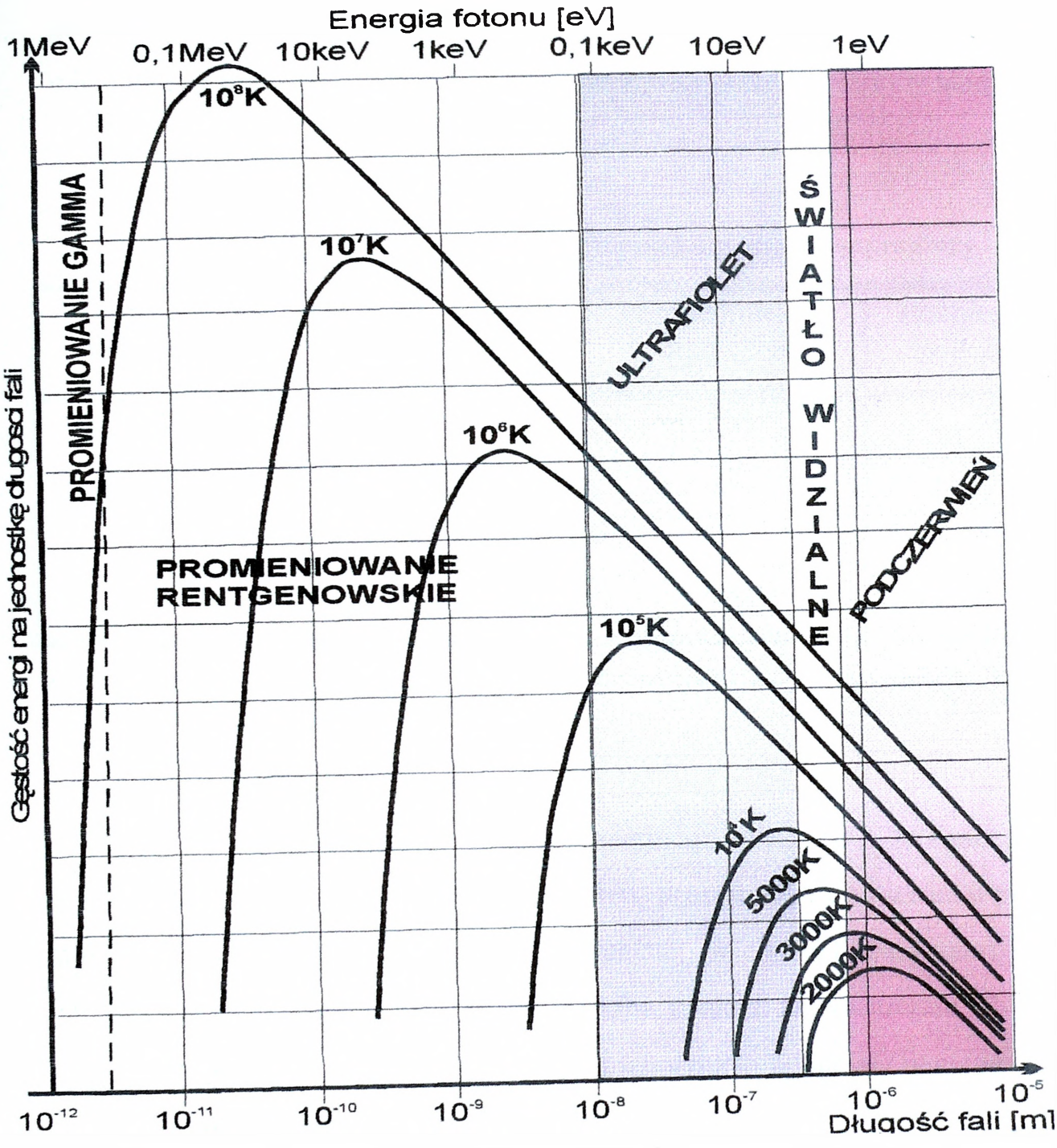
Źródło: Opracowanie własne na podstawie Glasstone S., The Effects of Nuclear Weapons, Washington 1977

Z powyższego rysunku wynika, że rozkład widma promieniowania zależny jest od temperatury kuli ognistej[17]–im jest ona wyższa, tym większa część energii wypromieniowywana jest w postaci promieniowania o małej długości fali. Zgodnie z tym dla temperatur 8000K i więcej, istniejących w pierwszej fazie jej rozwoju prawie cała wyemitowana energia świetlna leży w ultrafioletowej części widma.

---

[17] *Jest tak gdyż promieniowanie świetlne wybuchu jądrowego praktycznie nie różni się pod względem widma od promieniowania emitowanego w określonej temperaturze przez ciało doskonale czarne – przyp. aut.*

W drugiej fazie rozwoju temperatura obniża się, powodując wzrost długości emitowanego promieniowania oraz przesunięcie widma w kierunku zakresu widzialnego i podczerwonego. Zależność długości fal określonego rodzaju promieniowania od temperatury przedstawia rysunek 13.



Rys. 13. Zależność długości fal różnych rodzajów promieniowania od temperatury dla ciała doskonale czarnego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Glasstone S., The Effects of Nuclear Weapons, Washington 1977

Z danych zawartych na rysunku wynika, że w pierwszej fazie rozwoju kuli ognistej, gdy temperatura sięga dziesiątek lub nawet setek tysięcy stopni głów-

nym rodzajem promieniowania jest promieniowanie ultrafioletowe, jakiego długość jest mniejsza niż 0,186 μm[18]. Ten rodzaj promieniowania jest jednak całkowicie pochłaniany przez otaczające powietrze, dlatego jego udział w rażącym działaniu promieniowania świetlnego jest nieistotny. Zupełnie inaczej jest w drugiej fazie rozwoju kuli ognistej, gdzie procentowy udział różnych rodzajów promieniowania jest różnorodny. Powyższe zależności przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5

Widmo promieniowania świetlnego w zależności od temperatury

Temperatura powierzchni [K]	Promieniowanie ultrafioletowe	Promieniowanie widzialne	Promieniowanie podczerwone
2000	-	2%	98%
4000	2%	28%	70%
6000	13%	45%	42%
8000	32%	43%	25%

Źródło: Archipow M.P., Promieniowanie świetlne wybuchu atomowego, MON, Warszawa 1957.

Rażące działanie promieniowania świetlnego zależne jest od ilości energii świetlnej padającej na jednostkę powierzchni, prostopadłej do kierunku promieniowania przez cały okres świecenia kuli ognistej. Wielkość tą nazywamy impulsem świetlnym[19]. Zależy on szeregu czynników, z jakich najważniejsze to:

- Ilość energii świetlnej wydzielanej przez kulę ognistą w ciągu całego okresu świecenia;[20]
- Odległość oświetlanej powierzchni od centrum wybuchu;
- Warunki atmosferyczne w czasie emisji promieniowania;

---

[18] *Na przykład już w temperaturze 30 000K energia tego rodzaju promieniowania stanowi około 70% całkowitej emisji. W wyższych temperaturach jest jeszcze większy – przyp. aut.*

[19] *Jednostką impulsu świetlnego jest kJ/m^2 (dawniej cal/cm^2), 1 cal/cm^2 = 41,84 kJ/m^2 – przyp. aut.*

[20] *Całkowita ilość energii zależy od rodzaju i mocy wybuchu, więc również ilość energii świetlnej od tego zależy (zwykle 35% całkowitej energii wybuchu przypada na promieniowanie świetlne) – przyp. aut.*

• Wysokość wybuchu[21].

Promieniowanie świetlne rozprzestrzenia się po liniach prostych równomiernie we wszystkich kierunkach od kuli ognistej. Zgodnie z tym w dowolnej odległości r od środka wybuchu na każdy jednakowy kawałek powierzchni kuli przypada jednakowa ilość energii. Dlatego wielkość impulsu świetlnego jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości od środka wybuchu. Przedstawiona zależność jest jednak prawdziwa tylko przy założeniu, że otaczająca atmosfera nie będzie miała wpływu na rozchodzenie się promieniowania świetlnego. Atmosfera to warstwa gazów otaczająca Ziemię, którą stanowi złożona mieszanina o prawie niezmiennym składzie podstawowych składników (azot, tlen, argon, dwutlenek węgla) oraz bardzo niestałej ilości różnych domieszek (woda, pył, dym, sadza, itp.). To właśnie dzięki tym domieszkom promieniowanie świetlne ulega w atmosferze osłabieniu poprzez rozpraszanie i pochłanianie. Rozpraszanie to zjawisko polegające na zmianie prostoliniowego kierunku promieni światła przez cząstki znajdujące się w atmosferze. Istnieje przy tym zależność, że im więcej pyłu, dymu i kropelek wody tym większe rozproszenie[22]. Taka zmiana kierunku rozchodzenia się promieniowania świetlnego może być w pewnych warunkach bardzo niebezpieczna prowadząc do porażenia ludzi w otwartych transzejach. Drugim zjawiskiem jest pochłanianie energii świetlnej przez cząstki pyłu, pary wodnej, cząsteczek tlenu, ozonu, dwutlenku węgla, itp. W tym przypadku pochłoniecie energii powoduje przekazanie całego ciepła nowemu obiektowi prowadząc do jego nagrzania. W atmosferze znane są liczne pasma pochłaniania promieniowania świetlnego. Okazuje się przy tym, że w zależności od długości fali jedne promieniowanie jest pochłaniane mniej a inne bardziej.

---

[21] *Wybuchy na bardzo dużych wysokościach (kilkadziesiąt, sto i więcej kilometrów) charakteryzują się coraz mniejszym udziałem promieniowania świetlnego i fali uderzeniowej na korzyść promieniowania rentgenowskiego – przyp. aut.*

[22] *Rozpraszanie zależy od stosunku promienia cząsteczki do długości fali światła. Zgodnie z tym istnieją trzy warianty: gdy promień cząstki jest znacznie mniejszy od długości fali, gdy jest w przybliżeniu jej równy lub gdy jest znacznie większy. W pierwszym przypadku rozpraszane jest głównie promieniowanie ultrafioletowe, w drugim tylko fale od długości równej promieniowi cząstki, natomiast w trzecim przypadku wszystkie rodzaje promieniowania świetlnego (ultrafiolet, światło widzialne i podczerwień) są rozpraszane prawie jednakowo – przyp. aut.*

Wiadomo na przykład, że promieniowanie ultrafioletowe o długości do 0,186μm jest w całości pochłaniane przez tlen atmosferyczny. Dlatego w widmie promieniowania świetlnego po wybuchu jądrowym tego promieniowania nie ma. Z kolei promieniowanie ultrafioletowe o długości do 0,29μm jest silnie pochłaniane przez ozon,[23]

Z powyższych rozważań wynika, że rażące działanie promieniowania świetlnego wybuchu jądrowego polega głównie na oddziaływaniu promieniowania w zakresie światła widzialnego i podczerwieni. Jednak dokładne określenie stopnia osłabienia promieniowania świetlnego przez atmosferę jest niezwykle trudne. Toteż wprowadzone zostało pojęcie zasięgu widzialności definiowane, jako największa odległość w kilometrach, przy jakiej w ciągu dnia na tle nieba można odróżnić zarysy dużych ciemnych przedmiotów. Powyższe pojęcie wykorzystujemy do określenia współczynnika osłabienia promieniowania (K), wyliczanego z wzoru:

$$K = \frac{4}{D}$$ **gdzie D = zasięg widzialności**

Wielkość impulsów świetlnych, występujących w miarę powiększania się odległości od punktu zerowego wybuchu, w zależności od współczynnika osłabiania promieniowania świetlnego, przy wybuchu jądrowym o mocy 20kt przedstawia tabela 7.

Z powyższej tabeli wynika, że w czasie złej pogody, w tej samej odległości od epicentrum wybuchu porażenie promieniowaniem świetlnym może być znacznie mniejsze niż podczas dobrych warunków atmosferycznych. Jednocześnie okazuje się, że w złych warunkach rażące działanie promieniowania świetlnego jest słabsze niż fali uderzeniowej i promieniowania przenikliwego. Z kolei przy dobrej pogodzie to właśnie ten czynnik rażenia może osiągać największy zasięg.

---

[23] *Ilość ozonu znajdująca się ciągle w atmosferze jest zbyt mała, aby można było poważnie mówić o pochłanianiu promieniowanie ultrafioletowego o tej długości fali, lecz podczas wybuchu jądrowego powstają ogromne ilości ozonu, który z powodzeniem spełnia to zadanie – przyp. aut.*

Dodatkowym czynnikiem wpływającym na wartość impulsu świetlnego jest zachmurzenie. W przypadku, gdy dojdzie do eksplozji poniżej warstwy chmur promieniowanie świetlne emitowane w górę odbije się częściowo od nich zwiększając tym samym ilość energii świetlnej docierającej do ziemi. Powiększaniu się impulsu świetlnego sprzyja także ta ilość energii świetlnej, jaka dociera do powierzchni ziemi, odbija się od niej, pada na chmury, znowu się odbija i powraca na ziemię. O zdolności chmur do odbijania promieniowania świetlnego decyduje ich grubość. Stwierdzono, że warstwa chmur o grubości 700 – 800 metrów jest w stanie doprowadzić do odbicia około 75 – 80% promieniowania świetlnego.

Tabela 6

Zasięg widzialności oraz współczynnik osłabienia w zależności od stanu atmosfery

Warunki atmosferyczne	Zasięg widzialności D [km]	Współczynnik osłabienia K [km^{-1}]
Widzialność wyjątkowo dobra	200	0,02
Widzialność bardzo dobra	100	0,04
Widzialność dobra	50	0,08
Widzialność zadowalająca	20	0,2
Słabe zapylenie	10	0,4
Silne zapylenie	4	1
Bardzo silne zapylenie	2	2
Lekka mgła	1	4
Mgła	0,5	8
Gęsta mgła	0,1	40

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Archipow M.P., Promieniowanie świetlne wybuchu atomowego, MON, Warszawa 1957

Tabela 7

Wielkość impulsów świetlnych [kJ/m^2]w różnych odległościach od wybuchu w zależności dla różnych wartości współczynnika osłabiania [K] promieniowania świetlnego

	0km	0,18km	0,25km	0,4km	0,5km	0,75km	1km	1,5km	2km	2,5km	3km	3,5km
K=0					4184	3054	2301	1130	670	376	272	167
K=0,2				3766	2970	1840	1297	670	326	167	84	46
K=2	2384	2090	1675	1130	1046	502	260	75				

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Iwanow A., Rybkin G. Działanie rażące wybuchu jądrowego, MON, Warszawa 1962

Przedstawiane do tej pory wartości impulsów świetlnych wyliczone zostały dla ładunku jądrowego o mocy 20kt. Oczywiste jest jednak, że wzrost mocy ładunków jądrowych spowoduje wzrost wielkości impulsów świetlnych. Zależność tą przedstawia tabela 8.

W tabeli przedstawiono wartości impulsów świetlnych tylko dla dwóch wielkości ładunków jądrowych. Nie oznacza to jednak, że nie można określić wartości odpowiednich impulsów dla innych mocy wybuchów jądrowych. Do tego celu wykorzystuje się poniższy wzór:

$$U_2 = U_1 \frac{q_2}{q_1}$$

gdzie: U_2, U_1 to wartości impulsu świetlnego, natomiast q_1, q_2 to moce odpowiednich ładun-

Tabela 8

Wielkość impulsów świetlnych [kJ/m^2] w różnych odległościach od środka powietrznego wybuchu jądrowego dla wybuchów o mocy 20kt i 100kt

Odległość od środka wybuchu [km]	q = 20kt			q = 100kt		
	K=0	K=0,08	K=0,2	K=0	K=0,08	K=0,2
1	2300	2218	1966	11715	10878	10042
2	586	502	402	2929	2552	2050
3	260	201	146	1297	1046	753
4	146	109	67	720	545	347
5	92	63	-	460	318	180
6	-	-	-	322	205	105
7	-	-	-	238	138	63
8	-	-	-	180	100	-
9	-	-	-	130	-	-
10	-	-	-	117	-	-
11	-	-	-	96	-	-
12	-	-	-	79	-	-

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Archipow M.P., Promieniowanie świetlne wybuchu atomowego, MON, Warszawa 1957

Na przykład biorąc z tabeli impuls świetlny o wartości 109 kJ/m^2 (w odległości 4km od wybuchu 20kt, K=0,08) obliczamy impuls dla wybuchu o mocy 100kt (109 x 100/20 = 545kJ/m^2).

Promieniowanie przenikliwe

Eksplozja jądrowa powoduje emisję promieniowania, jakie przechodząc przez określoną materię wywołuje jonizację jej atomów. Wymienia się przy tym,

zarówno promieniowanie cząsteczkowe, np. alfa, beta i neutronowe, jak również promieniowanie elektromagnetyczne, takie, jak gamma i rentgenowskie. Ogólnie przyjmuje się, że podczas wybuchu jądrowego na promieniowanie jądrowe przypada około 15% energii. Z tego 5% stanowi początkowe promieniowanie jądrowe, zaś 10% to promieniowanie resztkowe lub opóźnione[24], pochodzące głównie z promieniotwórczych produktów rozszczepienia emitowanych przez długi czas po wybuchu i powodujące skażenie promieniotwórcze terenu.

Za umowną granicą rozdzielającą promieniowanie początkowe od resztkowego (opóźnionego) przyjęto czas jednej minuty[25] po wybuchu. Zgodnie z tym promieniowanie początkowe (initial radiation) działa w czasie pierwszej minuty po wybuchu natomiast resztkowe (residual radiation) dopiero później. W chwili, gdy promieniotwórcze produkty wybuchu są skupione wewnątrz kuli ognistej, w otaczającej przestrzeni rozchodzą się tylko promienie gamma i neutrony, jakie, mając dużą zdolność przenikania, pokonują duże odległości. Oprócz tego emitowane są promieniowanie alfa i beta, jednak ze względu na bardzo ograniczony zasięg[26] nie wydostające się poza granice kuli ognistej. W rezultacie, w pierwszej chwili wybuchu jądrowego na zewnątrz kuli ognistej działa tylko promieniowanie, mające dużą zdolność przenikania, a więc promieniowanie gamma i neutronowe. Z tego powodu, zaczęto je nazywać promieniowaniem przenikliwym. Składa się ono zarówno z promieniowania wydzielanego momentalnie, podczas reakcji łańcuchowej, jak i w pewnej części z opóźnionego promieniowania gamma i neutronów emitowanych przez radioaktywne produkty rozszczepienia i inne substancje promieniotwórcze znajdujące się w kształtującym się obłoku promieniotwórczym.

---

[24] *W przypadku eksplozji termojądrowych udział promieniowania resztkowego może być inny – przyp. aut.*

[25] *Dostępna literatura dość zawile tłumaczy te ustalenia. Jedna z koncepcji mówi, że ciągłe osłabianie promieniowania gamma w powietrzu dla wybuchu 20 kt wyznacza jego zasięg na 3,2 km. Oznacza to, że promieniowanie obłoku, który wzniósł się wyżej niż 3 km nie będzie miało znaczenia na powierzchni ziemi. Stąd, biorąc pod uwagę czas wznoszenia się obłoku na tą wysokość – około minuty otrzymujemy koniec oddziaływania promieniowania początkowego – zob. Glasstone S., Skutki działania broni jądrowej, 1963- przyp. aut.*

[26] *Maksymalny zasięg promieniowania alfa wynosi kilka centymetrów a promieniowania beta kilka metrów – przyp. aut.*

Promieniowanie gamma to rodzaj promieniowania elektromagnetycznego skojarzonego z przemianą alfa lub beta, o długości fali poniżej 1 Å[27]. Jest to promieniowanie bardzo zbliżone do promieniowania rentgenowskiego o większej jednak przenikliwości i krótszej długości fali.[28] Zgodnie z prawami fizyki każde promieniowanie elektromagnetyczne (w tym także gamma) składa się z tzw. fotonów. Każdy foton rozporządza określoną porcją energii zwaną kwantem i z tego względu fotony nazywane są często kwantami. Kwanty gamma są wypromieniowywane przez jądro atomu wówczas, gdy jądro nowoutworzone w wyniku rozpadu alfa lub beta[29] uzyskuje nadmiar energii. Takie jądro przechodząc do stanu o mniejszym zasobie energii uwalnia ten nadmiar energii w postaci jednego lub kilku kwantów. W powietrzu promieniowanie to rozprzestrzenia się podobnie jak światło – prostoliniowo i z tą samą prędkością 300 000 km/s. Promieniowanie gamma dzieli się zależnie od posiadanej energii na twarde i miękkie. Promieniowanie uważa się za twarde, gdy kwanty gamma mają energię większą od 1 MeV , zaś promieniowanie miękkie posiada energię poniżej tej wartości.

Jak wspomniano promieniowanie gamma powstaje zarówno w trakcie wybuchu (w reakcji rozszczepienia jąder atomowych), jak również później w innych reakcjach. Zgodnie z tym wyróżniamy trzy rodzaje tego promieniowania:

1. *Promieniowanie natychmiastowe* – promieniowanie emitowane przez jądra atomów uranu lub plutonu podczas ich rozszczepienia;
2. *Promieniowanie wychwytowe* – promieniowanie emitowane przy wychwycie neutronów lub ich rozproszeniu w powietrzu;
3. *Promieniowanie odłamkowe* – promieniowanie gamma odłamków rozszczepienia.

Promieniowanie natychmiastowe wydziela się podczas samej reakcji jądrowej oraz chwilę potem do czasu rozpadu materiału ładunku jądrowego. Ogólna ener-

---

[27] *Angstrem – jednostka długości /1 Å = 10^{-10}m/ - przyp. aut.*

[28] *Dodatkową różnicą jest źródło emitowania energii – w przypadku promieniowania gamma jest to jądro atomu, natomiast promieniowanie X wysyłają pobudzone elektrony wracające do stanu podstawowego lub szybkie elektrony przy ich hamowaniu – przyp. aut.*

[29] *Rozpad alfa to emisja cząstki alfa (jądra atomu helu); rozpad beta to emisja cząstki beta będącej elektronem bądź pozytonem (dodatnio naładowanym elektronem) – przyp. aut.*

gia kwantów promieniowania natychmiastowego jest dość duża i wynosi średnio 6 MeV na każde rozszczepione jądro. Cały ten proces trwa jednak zaledwie ułamek sekundy, toteż jego rola przy tworzeniu dawki promieniowania jest niewielka. Poza tym znaczna część tego promieniowania zostanie pochłonięta przez konstrukcję bomby. W tym samym czasie emitowany jest strumień neutronów, oddziaływujący z elementami konstrukcyjnymi ładunku jądrowego oraz atomami ośrodka (najczęściej powietrza). W rezultacie dochodzi do wychwytu neutronów i emisji wychwytowego promieniowania gamma. Za przykład posłużyć może oddziaływanie neutronów z atomami powietrza, jakiego głównym składnikiem jest azot[30]. Rozpatruje się przy tym dwie reakcje jądrowe:

$$_{7}N^{14} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{6}C^{14} + {}_{1}H^{1}$$

$$_{7}N^{14} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{7}N^{15} + \gamma$$

W pierwszej, podstawowej reakcji powstaje proton i jądro węgla promieniotwórczego, jaki rozpadając się, przez bardzo długi czas[31], emituje cząstki β o energii do 0,15 MeV. W drugim przypadku tworzy się jądro atomu niepromieniotwórczego izotopu azotu oraz wychwytowe promieniowanie gamma o energii w granicach 3 – 10 MeV.

Ostatnim w kolejności, choć wcale nie mniej istotnym źródłem promieniowania gamma, jest promieniowanie odłamkowe. Podstawowa jego ilość wydziela się już po rozpadzie materiału ładunku jądrowego do chwili, gdy produkty rozszczepienia zostaną uniesione w górę przez rozżarzone powietrze. Natężenie[32] tego promieniowania maleje dość szybko w miarę rozpadu odłamków o krótkim okresie półrozpadu. Jeżeli po upływie jednej sekundy od momentu wybuchu natężenie wynosi 100% to już po 10 sekundach pozostaje tylko 15%. Osłabienie to spowodowane jest także wzrostem powierzchni sferycznej, na jaką pada całkowity

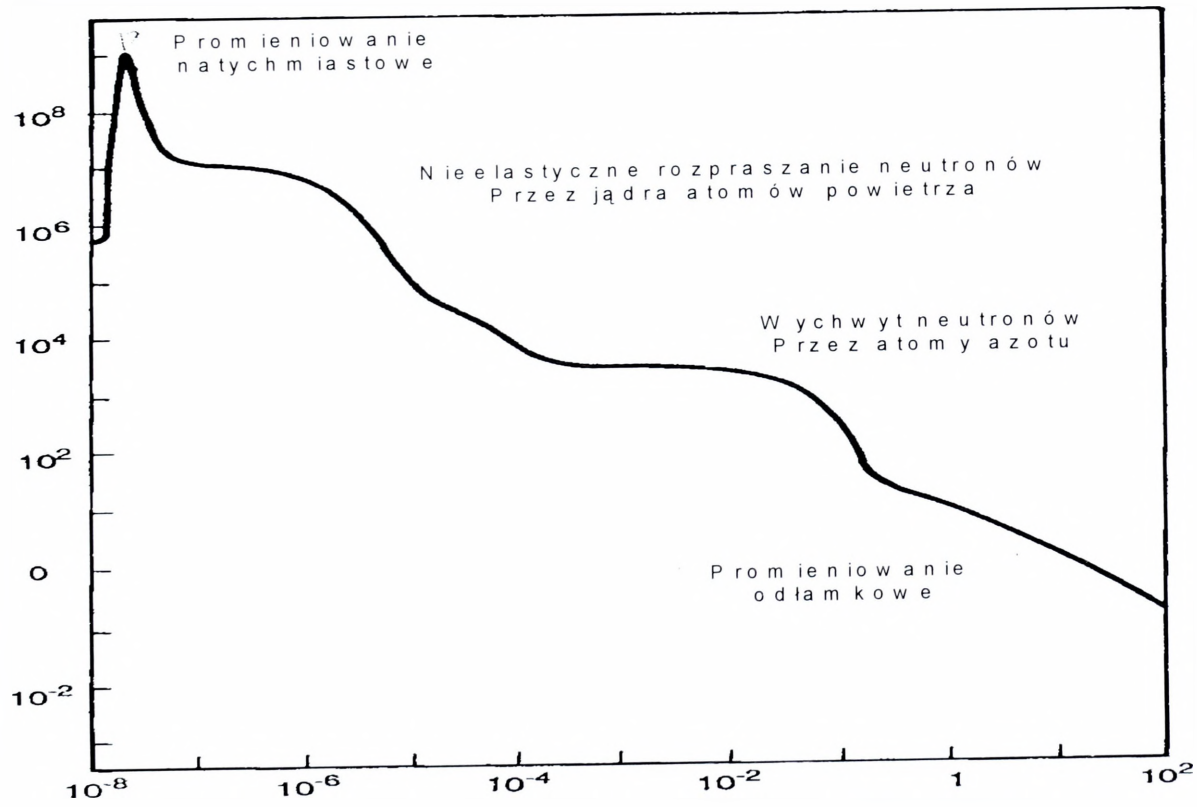
---

[30] *Drugi ważny składnik powietrza – tlen praktycznie nie pochłania neutronów i z tego względu nie odgrywa żadnej roli w tym procesie – przyp. aut.*

[31] *Okres półrozpadu izotopu węgla C^{14} wynosi 5570 lat – przyp. aut.*

[32] *Przez natężenie promieniowania gamma należy rozumieć ilość energii przenoszonej przez kwanty gamma w ciągu jednej sekundy przez jeden centymetr napromienionej powierzchni – przyp. aut.*

strumień kwantów gamma.[33] Przyjmuje się przy tym, że przeciętna energia kwantów odłamkowego promieniowania gamma emitowanego w ciągu pierwszych sekund po wybuchu można przyjąć jako równą 2 MeV. Oprócz tego istotną rolę odgrywa wznoszenie się obłoku promieniotwórczego wraz z odłamkami emitującymi promieniowanie gamma. Ze względu na silne pochłanianie tego promieniowania przez powietrze jego zasięg ulega znacznemu ograniczeniu, toteż, gdy obłok osiągnie wysokość 1000 – 1500 metrów (zwykle w czasie 10 – 15 sekund) oddziaływanie odłamkowego promieniowania gamma na obiekty naziemne jest już praktycznie zerowe. Czas emisji poszczególnych źródeł promieniowania gamma a także wielkość mocy dawki promieniowania gamma[34] przedstawiono na rysunku 14.



Rys. 14. Moc dawki promieniowania gamma w odległości 300 m od punktu zerowego wybuchu o mocy 1 kt

Źródło: Grace Ch.,S., Nuclear weapons principles, effects and survivability, Brassey's, 1994

---

[33] *Pole powierzchni sferycznej rośnie proporcjonalnie do kwadratu odległości – przyp. aut.*

[34] *Moc dawki promieniowania gamma to ilość energii pochłoniętej przez dane ciało w jednostce czasu przyp. aut.*

Z rysunku wynika, że najwyższa moc dawki (około 10^9 cGy/s) przypada na natychmiastowe promieniowanie gamma. Jednak jego udział w całkowitej dawce promieniowania wynosi zaledwie 1%, co powoduje, iż jego znaczenie w zakresie rażącego działania na ludzi jest pomijalnie małe. Oddziaływanie na sprzęt i wyposażenie elektroniczne może być jednak bardzo groźne w skutkach. Stwierdzono także, że wraz ze wzrostem odległości od wybuchu występuje specyficzny rozdział poszczególnych rodzajów promieniowania gamma. Okazuje się, że im większa energia, tym większy zasięg i dlatego przy dużej odległości promieniowanie odłamkowe (o mniejszej energii) ulega pochłanianiu w stopniu na tyle dużym, że pozostaje tylko twarde promieniowanie wychwytowe. Powyższe rozważania są poprawne, ale tylko przy założeniu, że promieniowanie gamma rozchodzi się bezpośrednio nad powierzchnią ziemi. Okazuje się, bowiem, że zasięg promieniowania gamma w ośrodku o mniejszej gęstości może być znacznie większy. Za przykład mogą służyć zasięgi kwantów gamma w powietrzu na różnych wysokościach, przedstawione w tabeli 9.

Tabela 9

Skuteczny zasięg kwantów gamma w powietrzu na różnych wysokościach

Wysokość wybuchu (km)	0	5	10	15	20
Zasięg kwantów gamma (m)	250	420	740	1600	3400

Źródło: Iwanow A., Rybkin G., Działanie rażące wybuchu jądrowego, MON, Warszawa 1962

Z powyższej tabeli wynika, że przy znacznym rozrzedzeniu powietrza (dla wybuchu na wysokości 20 km), zasięg promieniowania gamma może być prawie 14 razy większy niż na powierzchni ziemi, gdzie osłabienie promieniowania jest

największe.[35] Dodatkowo, okazuje się, że oddziaływanie fotonów gamma z materią może mieć różne oblicza. Wiadomo także, że możliwość zaistnienia danego zjawiska zależy od energii padającego kwantu gamma oraz od gęstości danej substancji. W tabeli przedstawiono przykłady powyższych zależności.

Tabela 10

Wpływ energii kwantów gamma na sposób oddziaływania z różnymi substancjami

Substancja	Pochłanianie foto-elektryczne (MeV)	Rozpraszanie Comptonowskie (MeV)	Tworzenie par elektron – pozyton (MeV)
Powietrze	do 0,05	do 20	powyżej 20
Miedź	do 0,15	do 10	powyżej 10
Ołów	do 0,5	do 5	powyżej 5

Źródło: Syrniew W., Pietrow N., Promieniowanie jądrowe i jego pomiary, MON, Warszawa 1957

Energię promieniowania pochłoniętą przez dane ciało nazywa się dawką promieniowania[36]. W przypadku promieniowania gamma (jako składnika promieniowania przenikliwego) dawka zależy od kalibru bomby i wysokości wybuchu. Ponadto, ze względu na silne pochłanianie promieniowania w powietrzu dawka będzie się zmieniać odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości. Na przykład wzrost odległości z 1 kilometra do 1,5 spowoduje 15 – krotny spadek dawki. Zwiększenie wagomiaru bomby powoduje wzrost ogólnej ilości odłamków rozszczepienia, stanowiących podstawowe źródło promieniowania gamma. Okazuje się jednak, że przy zwiększaniu mocy wybuchu dawka nie rośnie proporcjonalnie, lecz znacznie szybciej. Tą anomalię tłumaczy się oddziaływaniem fali uderzeniowej, w przypadku dużych mocy wybuchu w sposób istotny zwiększa ona zasięg działania promieniowania gamma.

---

[35] *Podobne zależności będą występować podczas rozchodzenia się fali uderzeniowej wybuchu jądrowego, gdzie nagrzane powietrze ma małą gęstość – przyp. aut.*

[36] *Gdy ośrodkiem pochłaniającym energię jest powietrze mówimy o dawce ekspozycyjnej – przyp. aut.*

Promieniowanie neutronowe to drugi i zarazem ostatni składnik promieniowania przenikliwego. Z fizycznego punktu widzenia jest to strumień cząstek atomowych nie posiadających ładunku elektrycznego o masie zbliżonej do łącznej masy protonu i elektronu[37]. Właśnie fakt nie posiadania ładunku elektrycznego w zasadniczy sposób odróżnia promieniowanie neutronowe od innych rodzajów promieniowania korpuskularnego (np. alfa, beta). W rezultacie neutrony nie są w stanie oddziaływać na elektrony orbitalne atomów a jedynie na ich jądra, zwłaszcza te o niskiej liczbie atomowej. Okazuje się przy tym, że jądro atomu, zajmując jedynie niewielką część całej objętości atomu, jest niezwykle trudne do „trafienia" przez neutron. Z tego powodu prawdopodobieństwo oddziaływania neutronu z jądrem atomu jest bardzo małe, co może tłumaczyć dużą ich przenikliwością. Własności neutronów zależą od ich energii kinetycznej oraz od liczby masowej jąder atomowych. Ogólny podział neutronów[38] ze względu na ich energię jest następujący:

- neutrony zimne $E < 0{,}002$ eV;
- neutrony termiczne $E = (0{,}025 - 0{,}1$ eV);
- neutrony nadtermiczne $E = (0{,}1 - 100$ eV);
- neutrony spowolnione $E = (100 - 1000$ eV);
- neutrony pośrednie $E = (1 - 500$ keV);
- neutrony prędkie $E = (0{,}5 - 10$ MeV);
- neutrony nadprędkie $E = (10 - 50$ MeV);
- neutrony superprędkie $E > 50$ MeV;

Podział jąder atomowych ze względu na ich liczbę masową jest następujący:

- jądra lekkie $A < 25$
- jądra średnie $25 < A < 80$
- jądra ciężkie $A > 80$

---

[37] *Ze względu na niewielką masę elektronu jest on często pomijany (masa neutronu ≈ masa protonu) – przyp. aut.*

[38] *W literaturze traktującej o promieniowaniu neutronowym pochodzącym z eksplozji jądrowych wymienia się głównie neutrony termiczne, spowolnione, pośrednie i prędkie, których energie mogą się różnić od przedstawionych – przyp. aut.*

Kierunek ruchu neutronów prędkich w czasie ich przebiegu przez ośrodek o różnej gęstości zmienia się nieznacznie. Neutrony spowolnione natomiast nie mają stałego kierunku ruchu – ich tor jest linią łamaną. Podczas wybuchu jądrowego następuje wyzwolenie neutronów, jakie mogą pochodzić z trzech źródeł: neutrony natychmiastowe - z reakcji rozszczepienia jąder ciężkich oraz z reakcji syntezy jąder pierwiastków lekkich; neutrony opóźnione – emitowane przez niektóre fragmenty rozszczepienia.

Neutrony natychmiastowe pochodząc bezpośrednio z reakcji rozszczepienia mają energię dość mocno zróżnicowaną, która kształtuje się w granicach 0,025 eV do 14 MeV (średnio około 2 MeV). Neutrony emitowane podczas reakcji syntezy mają energię jeszcze większą. Czas emisji neutronów natychmiastowych jest bardzo krótki i wynosi milionowe części sekundy. Poniżej przedstawiono przykładowe reakcje powstawania neutronów natychmiastowych.

reakcje rozszczepienia:

$$_{92}U^{235} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{39}Y^{95} + {}_{53}J^{139} + 2{}_{0}n^{1}$$

$$_{94}Pu^{239} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{56}Ba^{143} + {}_{38}Sr^{94} + 3{}_{0}n^{1}$$

reakcje syntezy:

$${}_{1}H^{3} + {}_{1}H^{2} \rightarrow {}_{2}He^{4} + {}_{0}n^{1}$$

$${}_{1}H^{2} + {}_{1}H^{2} \rightarrow {}_{2}He^{3} + {}_{0}n^{1}$$

Zasięg tego promieniowania ograniczony jest przez pochłanianie i wychwyt neutronów, i zależy od rodzaju ładunku, jego mocy, wysokości wybuchu, itp. Ogólnie można przyjąć, że promień rażenia nie będzie przekraczał kilku kilometrów od punktu zerowego wybuchu.

Neutrony opóźnione wydzielane podczas rozpadu odłamków rozszczepienia emitowane są już znacznie później (kilka – kilkadziesiąt sekund po wybuchu). Przyjmuje się, że ich udział procentowy w całkowitej emisji promieniowania neutronowego nie przekracza 1%.[39] Jako źródło neutronów opóźnionych podaje się przede wszystkim izotop bromu o półrozpadzie 55,6 sekundy i izotop jodu z

---

[39] *Iwanow A., Rybkin G., [w:] Działanie rażące wybuchu jądrowego przyjmują 0,73% dla uranu 235 oraz 0,36% dla plutonu 239.*

okresem półrozpadu 22 sekundy. Poniżej przedstawiono przykładowe reakcje powstawania neutronów opóźnionych.

$$_{35}Br^{87} \rightarrow {}_{36}Kr^{87} + \beta^{-} \rightarrow {}_{36}Kr^{86} + {}_{0}n^{1}$$

$$_{53}J^{137} \rightarrow {}_{54}Xe^{137} + \beta^{-} \rightarrow {}_{54}Xe^{136} + {}_{0}n^{1}$$

Opóźnione promieniowanie neutronowe może mieć znaczny wpływ na ogólną dawkę promieniowania neutronowego. Okazuje się, bowiem, że ich działanie przebiega już po rozpadzie konstrukcji bomby, jaka przez to nie pochłania emitowanych neutronów tak, jak się to dzieje w przypadku neutronów natychmiastowych.

Neutrony, nie posiadając ładunku elektrycznego, łatwo przenikają przez powłoki elektronowe atomu i w bezpośredniej bliskości jądra atomowego (10^{-13} cm) dochodzi do bardzo silnego z nim współdziałania wywołanego przez jądrowe siły przyciągania. W wyniku tego zachodzić mogą zjawiska rozpraszania neutronów lub ich wychwyt (pochłanianie) przez jądro. Do obliczeń dawki promieniowania neutronowego konieczna jest znajomość dwóch wielkości tj. strumienia i energii neutronów. Strumieniem neutronów nazywamy całkowitą ich liczbę padającą na jednostkę powierzchni prostopadłej do kierunku wybuchu przez cały czas działania promieniowania.[40] Znając strumień i zakres energetyczny neutronów można łatwo określić dawkę sumaryczną, będącą sumą dawek składowych od neutronów należących do poszczególnych przedziałów energetycznych.[41]

Prawdopodobieństwo wystąpienia reakcji rozpraszania i wychwytu neutronów charakteryzuje się tzw. efektywnym przekrojem czynnym σ. Spełnia on

---

[40] *Jednostką strumienia jest liczba neutronów padających na 1 metr kwadratowy – przyp. aut.*

[41] *Tak obliczona dawka jest tylko miarą przekazania energii i nie uwzględnia biologicznej skuteczności promieniowania. Do tego celu konieczne jest uwzględnienie współczynnika względnej skuteczności biologicznej (WSB), lub inaczej współczynnika jakości promieniowania, który określa zdolność różnych rodzajów promieniowania do wywołania takiego skutku biologicznego jak skutek wywołany przez promieniowanie gamma lub X. Określono, że WSB dla promieniowania beta jest taki sam jak dla gamma i wynosi 1, dla neutronów i protonów 3 – 10, a dla cząstek alfa i jąder odrzutu 20 – przyp. aut.*

podobną rolę, co liniowy współczynnik osłabienia promieniowania gamma.[42] Ogólnie rzecz biorąc efektywny przekrój czynny dla danej reakcji określa się jako średnią liczbę zderzeń neutronów z jądrami atomów zachodzących w jednostce objętości napromieniowanej substancji w przeliczeniu na jeden neutron padającego strumienia i na jedno jądro w jednostce objętości substancji. Podobnie, jak prawdopodobieństwo danej reakcji, efektywny przekrój czynny zależy od energii neutronów. Dlatego mówiąc o przekroju czynnym danego pierwiastka musimy znać odpowiadającą mu energię.

Wiadomo, że całkowita dawka promieniowania przenikliwego będzie składową dawek pochodzących od promieniowania gamma oraz neutronowego. Warto jednak wiedzieć, jaki składnik odgrywa zasadniczą rolę w jej tworzeniu. Okazuje się, że odpowiedź na to pytanie nie jest prosta, gdyż wzajemny stosunek obu rodzajów promieniowania zależy nie tylko od mocy wybuchu jądrowego, lecz także od jego rodzaju. W uproszczeniu, dla typowych ładunków rozszczepialnych, przy powietrznym wybuchu jądrowym, można przyjąć stosunki przedstawiane w tabeli 11.

Tabela 11

Wzajemny stosunek dawki pochodzącej od neutronów do dawki promieniowania gamma

Moc wybuchu (kt)	*dawka neutronów* / *dawka gamma*	*dawka neutronów* / *dawka całkowita*	*Zasięg dla dawki całkowitej 2600 cGy*
0,1	4,6	0,82	360 m
1,0	3,0	0,75	650 m
10,0	1,6	0,62	1040 m
100,0	0,47	0,32	1500 m
1000,0	0,042	0,04	2280 m

[42] *Wielkość liniowego współczynnika osłabienia promieniowania gamma μ określa prawdopodobieństwo współdziałania kwantu gamma z atomami substancji na drodze jednego centymetra. Jego wielkość pozostaje w ścisłej zależności od energii kwantu gamma oraz liczby atomowej i masowej pierwiastków substancji. Odwrotność tego współczynnika nazywa się średnią długością przebiegu kwantów gamma w substancji λ – przyp. aut.*

1.2.2. Broń chemiczna

Broń chemiczna, jeden z rodzajów broni masowego rażenia, zawsze stanowiła i przypuszczalnie jeszcze przez długi czas stanowiła będzie zagrożenie dla wojsk i wszelkich obiektów. Z tego też względu nie sposób nie uwzględniać jej przy ocenie potencjalnych zagrożeń zarówno w okresie wojny, jak i pokoju[43].

Jej zaletą są możliwości jej zastosowania przy znacznie mniejszych ograniczeniach o charakterze prawnym, z możliwością selektywnej eskalacji uderzeń, w zależności od potencjalnych potrzeb strony stosującej tę broń. Przy użyciu broni chemicznej obowiązuje znacznie niższy próg możliwego (prawdopodobnego) jej zastosowania. Przy tym nie towarzyszą jej pożary, zawały leśne i zniszczenia terenowe, jakie zawsze komplikują działania wojsk przeciwnika, obniżając tempo jego działań, itp. Toteż można twierdzić, że w odróżnieniu od broni jądrowej, główne zastosowanie broni chemicznej będzie miało miejsce w obszarze działań taktycznych.

Broń chemiczna, dopóki istnieje, będzie stanowić czynnik zagrożenia obszaru kraju. Decyduje o tym przede wszystkim jej charakter, określany przez właściwości po-szczególnych bojowych środków trujących, a mianowicie:

- zdolność przenikania do wnętrza obiektów, jeżeli nie są one hermetyczne, i rażenie znajdujących się tam ludzi zabezpieczanych fizycznie przed bronią o działaniu wybuchowym, termicznym i odłamkowym;
- duża rozpiętość nasilenia objawów porażenia środkami trującymi, od śmiertelnych począwszy, na nieznacznie upośledzających skończywszy, co stwarza warunki elastycznego użycia broni chemicznej, stosownie do potrzeb atakującego;
- minimalne zniszczenia rzeczy materialnych, co nie jest bez znaczenia przy uruchamianiu opanowanych przy jej pomocy obiektów;

---

[43] *Mogą o tym świadczyć chociażby fakty użycia bojowych środków trujących w zamachach terrorystycznych, np. w Tokijskim Metrze – przyp. aut.*

– różny czas trwałości bojowych środków trujących w terenie, co pozwala na dobór odpowiedniego z nich do wykonania określonego zadania;
– duże efekty rażące przy niewielkim wysiłku ze strony atakującego.

Analiza poglądów gremiów polityczno-wojskowych wskazuje na to, że broń chemiczna jest efektywnym środkiem walki zbrojnej, który może być użyty zarówno w konflikcie jądrowym, jak i w wojnie z użyciem zwykłych - konwencjonalnych - środków rażenia. Obecny jej stan posiadania i perspektywy rozwoju wskazują, że uderzenia nią mogą być wykonywane tak w obszarze aktywnych działań bojowych, jak i przeciwko wybranym obiektom (rejonom) znajdującym się na szeroko pojętym zapleczu.

Z analizy literatury tematycznej jednoznacznie wynika, że przy pomocy broni chemicznej można skutecznie sparaliżować działalność centrów polityczno-administracyjnych, zakładów przemysłowych oraz innych obiektów charakterystycznych dla dużych aglomeracji miejskich i miejsko-przemysłowych. Rozmiary i zasięg jej użycia przez potencjalnego przeciwnika są trudne do ustalenia w odniesieniu do obszaru kraju. Można jednak określić prawdopodobny wariant jej stosowania w wojnie, chociaż z góry trzeba przyznać, że będzie on miał wiele cech subiektywnych. Trzeba mieć przy tym na uwadze, że cele uderzeń bronią chemiczną mogą mieć albo charakter wymierny, albo też z goła niematerialny.

Jak już wcześniej napisano, broń chemiczna może być użyta do niszczenia dwóch zasadniczo odmiennych celów, a mianowicie, do bezpośredniego rażenia wojsk i sprzętu technicznego[44] przeciwnika na polu walki oraz do dezorganizacji funkcjonowania szeroko pojętego zaplecza (ośrodki przemysłowe, komunikacyjne, polityczne itp.). Toteż celami wymiernymi (obiektowymi) mogą być:

- zgrupowania wojsk;
- obiekty wojskowe o podstawowym znaczeniu (lotniska, bazy lotnicze, stanowiska dowodzenia, węzły łączności, itp.);
- wojskowe ośrodki decyzyjne i polityczne;

---

[44] *Przy czym głównym celem uderzeń jest siła żywa, a skażone obiekty stają się wtórnym czynnikiem rażącym broni chemicznej – przyp. aut.*

a ponadto:

- węzły kolejowe i drogowe;
- punkty i stacje węzłowe - w związku z utrudnieniem przemieszczenia wojsk i zaopatrzenia po szlakach kolejowych i drogach do obszarów walki;
- rejony przeładunkowe i mosty kolejowe, drogowe (wiadukty), zwłaszcza na przeszkodach wodnych (WISŁA, ODRA itp.);
- różnego rodzaju i typu składy wojskowe i cywilne;
- skupiska ludności i sprzętu transportowego;
- ośrodki administracyjno-gospodarcze stanowiące sobą węzły komunikacyjne.

Z kolei celami niewymiernymi (niematerialnymi) mogą być, podobnie jak w przypadku broni jądrowej, cele polityczne oraz militarne.

Pośród celów politycznych i tu możemy wyróżnić:

- złamanie woli walki i stawiania zbrojnego oporu przez kraj i jego siły zbrojne;
- zademonstrowanie przywódcom wrogiego kraju, że kontynuacja lub eskalacja konfliktu doprowadzi do stanu, w jakim jego straty znacznie przeważą ewentualne korzyści;
- przewartościowanie oceny wrogich przywódców w zakresie postrzegania naszych możliwości i determinacji w osiągnięciu zwycięstwa;
- ukaranie przeciwnika lub sił koalicyjnych za ich politykę i działania niezgodne z wolą agresora;
- zdezorganizowanie życia na obszarze kraju przez wytworzenie stref skażeń chemicznych;
- zastraszenie przeciwnika, mające w celu zmianę jego planów politycznych i militarnych, w tym angażowanie się w dalszy konflikt;
- rozbicie koalicji przez wstrząśnięcie opinią publiczną poszczególnych państw;
- wykonanie uderzenia chemicznego jako aktu rozpaczy.

Cele militarne natomiast będą dotyczyły:

- obniżenia zdolności bojowej poszczególnych elementów ugrupowania bojowego wojsk strony przeciwnej;
- zmuszenie wojsk przeciwnika do ograniczenia lub zaniechania działań;

- obniżenia możliwości manewrowych wojsk przeciwnika;
- zyskanie czasu na podciągnięcie świeżych sił;
- zmuszenie przeciwnika do stosowania środków ochrony indywidualnej i zbiorowej; obniży to zdolności psychomotoryczne żołnierzy, a przez to ich zdolność bojową.

Ilościowe i jakościowe oszacowanie zagrożenia bronią chemiczną Polski i działających na jej obszarze wojsk, bez znajomości celu, jaki przeciwnik chce osiągnąć nie jest proste. Bowiem liczba wykonanych uderzeń oraz rodzaje użytych bojowych środków trujących będą dostosowane do założonych celów wykorzystania tego rodzaju broni.

Spośród wszystkich rodzajów broni masowego rażenia broń chemiczna przeszła największą ewolucję. Kolejne generacje rozwoju bojowych środków trujących spowodowały, że obecnie można nimi razić zarówno żołnierzy, jak i powodować skażenia sprzętu, terenu i powietrza. Przy tym szeroki wachlarz substancji trujących może powodować porażenie ludzi w skali od śmiertelnego po obezwładniające oraz skażenie otoczenia trwające od kilku godzin do kilku tygodni. Tym samym skażenia chemiczne mogą w istotny sposób ograniczyć możliwości wojsk w zakresie prowadzenia aktywnych działań obronnych i zaczepnych, przerzutu, jak również zakłócić funkcjonowanie transportu. W efekcie może to doprowadzić do częściowego lub całkowitego wstrzymania działań bojowych.

Broń chemiczna może być wykorzystywana zarówno w działaniach zaczepnych, jak i obronnych, a przede wszystkim do rażenia ludzi. Osiąga się przez to obniżenie zdolności bojowej całych jednostek organizacyjnych, często niezbędnych do wykonania najważniejszych zadań bojowych lub zabezpieczających. Może być także skutecznie stosowana jako środek ograniczający swobodę prowadzenia działań bojowych. Uderzenia chemiczne wykonywane w celu „zmęczenia ludzi" mogą powodować albo porażenia, albo straty bezpowrotne wojsk. Zasadniczym jednak celem takiego użycia broni chemicznej jest zmuszenie ludzi do długotrwałego wykorzystywania indywidualnych i zbiorowych środków ochrony przed skażeniami oraz przebywania w różnego rodzaju ukryciach. To z

kolei wyraża swe negatywne działanie w tym, że długotrwałe stosowanie środków ochrony indywidualnej, jak wykazują doświadczenia, prowadzi często do naruszenia funkcji fizjologicznych organizmu, a przez to do drastycznego ograniczenia skuteczności działania. Szczególnie gwałtownie przebiega to w warunkach wysokich temperatur, dużej wilgotności powietrza oraz małej prędkości wiatru i silnego nasłonecznienia. Z tego powodu, aby nie dopuścić do takiej sytuacji określono dopuszczalny czas przebywania w indywidualnych środkach ochrony przed skażeniami. Zależy on od uciążliwości wykonywanej pracy, kategorii wykorzystania indywidualnych środków ochrony przed skażeniami, temperatury oraz wilgotności względnej. Dopuszczalny czas ciągłej pracy w indywidualnych środkach ochrony przed skażeniami oraz podział zadań ze względu na ich uciążliwość przedstawiono w tabelach 12 i 13.

W tabelach przyjęto, że istnieją trzy kategorie[45] wykorzystania indywidualnych środków ochrony przed skażeniami:

NISKA – bez założonych środków ochrony przed skażeniami;

ŚREDNIA – założony kombinezon i buty ochronne; maska i rękawice pozostają w bezpośrednim zasięgu;

WYSOKA – wszystkie środki ochronne założone.

Jeżeli skutkiem użycia broni chemicznej będą porażenia wojsk oraz skażenia chemiczne, należy w tym miejscu zaznaczyć, iż trzeba je rozpatrywać w kontekście utrudnienia lub uniemożliwienia działania wojsk i ludności. Rozpatrzmy w pierwszej kolejności skażenia obiektów wywołane przez bojowe środki trujące (BST).

W wojnie chemicznej stosuje się dwa zasadnicze sposoby użycia BST:

- wytwarzanie obłoku chemicznego – skażenia atmosferyczne;

---

[45] *Por. STANAG 2984*

- wytwarzanie plamy chemicznej[46] – skażenia terenu (obiektów, sprzętu, itp.).

Tabela 12

Szybkość zużywania energii przez człowieka podczas wykonywania prac o różnej intensywności

Intensywność pracy przy użyciu środków ochronnych w kategorii NISKA	Rodzaj wykonywanej pracy	Intensywność pracy przy użyciu środków ochronnych w kategoriach ŚREDNIA/ WYSOKA
Praca Bardzo Lekka /BL/ 105 – 175 wat	- leżenie na ziemi; - stanie; - siedzenie; - prowadzenie samochodu	Praca Bardzo Lekka /BL/ 105 – 175 wat
Praca Lekka /L/ 175 – 325 wat	- czyszczenie sprzętu podręcznego; - chodzenie po twardym podłożu z szybkością 1 m/s bez obciążenia; - chodzenie po twardym podłożu z szybkością 1 m/s z obciążeniem 20 kg; - chodzenie po twardym podłożu z szybkością 1 m/s z obciążeniem 30 kg;	Praca Lekka /L/ 175 – 325 wat
Praca Średnia /Ś/ 325 – 500 wat	- chodzenie po miękkim podłożu z szybkością 1 m/s bez obciążenia; - chodzenie po twardym podłożu z szybkością 1,6 m/s bez obciążenia	Praca Średnia/Ś/ 325 – 500 wat
	- chodzenie po twardym podłożu z szybkością 1,6 m/s z obciążeniem 20 kg; - patrolowanie; - ręczne prace ziemne;	Praca Ciężka /Ć/ powyżej 500 wat
Praca Ciężka /Ć/ powyżej 500 wat	- chodzenie po twardym podłożu z szybkością 1,6 m/s z obciążeniem 30 kg; - chodzenie po twardym podłożu z szybkością 2 m/s bez obciążenia; - chodzenie po miękkim podłożu z szybkością 1,6 m/s bez obciążenia	

Źródło: NBC Protection, Washington 1992

Z punktu widzenia skażenia elementów infrastruktury interesujące dla nas jest skażenie terenu, sprzętu i obiektów. Będą je powodowały trwałe BST. W arsenałach w tej grupie środków znajdują się m.in. Vx, soman, iperyt oraz toksyna botulinowa.[47] Ich celem stosowania jest:

- bezpośrednie rażenie siły żywej;

---

[46] *Skażeniu terenu towarzyszy zazwyczaj skażenie atmosferyczne – przyp. Aut.*

[47] *Można spotkać się z podziałem, w którym toksyna jest w grupie środków biologicznych – przyp. aut.*

- skażenie terenu, obiektów, sprzętu i środków zaopatrzenia.

Tabela 13

Dopuszczalny czas pracy w indywidualnych środkach ochrony przed skażeniami

C°/	wilgotność względna – niska				wilgotność względna – średnia				wilgotność względna - wysoka			
	L	L	Ś	Ć	L	L	Ś	Ć	L	L	Ś	Ć
KATEGORIA WYKORZYSTANIA ŚRODKÓW OCHRONNYCH – **NISKA**												
15 – 20	-	-	-	260	-	-	-	240	-	-	-	180
21 – 25	-	-	-	145	-	-	-	130	-	-	-	110
26 – 30	-	-	-	115	-	-	-	90	-	-	-	75
31 – 35	-	-	-	90	-	-	-	75	-	-	95	55
36 – 40	-	-	-	75	-	-	90	55	-	115	50	35
41 - 45	-	-	125	60	-	115	55	40	85	50	30	15
KATEGORIA WYKORZYSTANIA ŚRODKÓW OCHRONNYCH – **ŚREDNIA**												
15 – 20	-	-	110	50	-	-	100	5	-	-	90	45
21 – 25	-	-	85	45	-	-	75	5	-	-	70	40
26 – 30	-	-	70	40	-	-	60	5	-	-	55	35
31 – 35	-	-	60	40	-	210	50	5	-	100	45	30
36 – 40	-	225	50	35	-	90	40	5	165	65	35	20
41 - 45	-	100	45	30	155	65	35	5	80	50	30	15
KATEGORIA WYKORZYSTANIA ŚRODKÓW OCHRONNYCH – **WYSOKA**												
15 – 20	-	-	85	45	-	-	75	40	-	-	70	40
21 – 25	-	-	70	40	-	-	65	40	-	-	60	35
26 – 30	-	-	60	35	-	-	55	35	-	220	50	30
31 – 35	-	-	55	35	-	120	45	30	-	85	40	25
36 – 40	-	115	45	30	-	80	40	25	190	60	35	20
41 - 45		80	40	25	125	60	35	20	75	50	30	15

Uwaga: Występujące w tabeli skróty oznaczają: BL – praca bardzo lekka, L –lekka, S – srednia, C – ciężka.

Źródło: STANAG 2499 The effect of wearing NBC individual protection equipment on individual and unit performance during military operations ATP -65

Powstałe skażenia będą utrudniały bądź ograniczały wykorzystanie terenu, obiektów, sprzętu oraz opóźniały wszelkie działania, a także zaopatrywanie wojsk i podmiotów gospodarczych. Skażony teren będzie bowiem wymagał obejścia i odkażenia oraz wybierania pomiędzy poniesieniem strat (przekraczanie), a realizacją zadań. Skutki stosowania broni chemicznej nie zawsze jednak będą takie same. Użycie tych samych BST w jednym miejscu i czasie może być przyczyną dużych strat i niebezpiecznych skażeń, natomiast innym razem następstwa mogą być mniej groźne. Jest to spowodowane uwarunkowaniami, sprawiającymi że rezultat użycia środka trującego jest taki a nie inny. Zatem spróbujmy wyróż-

nić czynniki decydujące o efektywności stosowania broni chemicznej. Będą pośród nich:

- czynniki subiektywne, do jakich zaliczamy czas i miejsce wykonania uderzenia, rodzaj użytych BST oraz sposób ich użycia (wytworzenie kropel, aerozolu lub par);
- czynniki obiektywne, niezależne od stosującego broń chemiczną:
  - warunki meteorologiczne - stan pionowej stateczności powietrza, prędkość i kierunek wiatru, temperatura powietrza i gleby, opady atmosferyczne i wilgotność powietrza;
  - warunki terenowe – rzeźba i pokrycie terenu.

Pierwsza grupa czynników pozwala potencjalnemu przeciwnikowi na sterowanie skutkami uderzeń, w tym rozmiarami skażeń. Jednak musi on brać pod uwagę drugą grupę czynników, gdyż może ona wpływać na efektywność stosowania broni chemicznej dwukierunkowo – osłabiać ją lub potęgować. Spójrzmy na następujące zagadnienia.

Stany pionowej stateczności powietrza w przyziemnej warstwie atmosfery wywierają wpływ na czas toksycznego działania (szybkość parowania) oraz rozkład stężeń środków trujących w rejonie skażonym (prądy powietrza). Spośród trzech jej stanów (inwersja, izotermia i konwekcja) inwersja jest najbardziej korzystna do stosowania BST porażających ludzi. Stan ten zapewnia długotrwałe utrzymywanie się obłoku skażonego bezpośrednio przy powierzchni ziemi.

Innymi czynnikami wywierającymi wpływ na wielkość strat i sytuację skażeń są parametry wiatru – jego prędkość i kierunek. Kierunek decyduje o celowości wykonanego uderzenia, a więc o wielkości strat. Prędkość natomiast wpływa na możliwości wytworzenia pożądanego stężenia bojowego potrzebnego do uzyskania określonego efektu toksycznego, a także na stężenie i głębokość rozprzestrzeniania się stosowanego środka oraz na trwałość wytworzonych stężeń. Ilustrują to tabele 14 i 15.

Tabela 14

Zasięg rozprzestrzeniania się wtórnego obłoku skażonego powietrza

Rodzaj BST	Stopień pionowej stateczności powietrza	Prędkość wiatru [m/s] na wysokości 1 m/s	Zasięg rozprzestrzeniania się par ST [km]	
			Pociski Artyleryjskie	Bomby Chemiczne
Iperyt	Izotermia	1	18	18
		2	9	9
		3	6	4
		4	4	3
	Konwekcja	1	6	6
		3	2	2
	Inwersja	1	36	36
		3	18	18
Sarin	Izotermia	1	27	42
		2	14	21
		3	9	14
		4	7	10
	Konwekcja	1	9	14
		3	3	5
	Inwersja	1	54	60
		3	17	20

Źródło: Krauze M., Czynniki decydujące o efektywności stosowania broni chemicznej, Myśl Wojskowa 7/76

Tabela 15

Trwałość środków trujących w terenie

Temperatura gleby [^{0}C]	Prędkość wiatru [m/s]	Środek trujący					
		Soman		Vx		Iperyt	
		Stan fizyczny środków trujących					
		Krople	Pary	Krople	Pary	Krople	Pary
-20	3-5	2,5 doby	35 dób	Do 4 miesięcy		3 doby	16 dób
-10	3-5	1 doba	11 dób	1,5 m.	2 m.	32 godz.	8 dób
0	1-2	12 godz.	3 doby	17 dób	1 m.	16 godz.	4 doby
10	1-2	7 godz.	1,5 doby	7 dób	11 dób	8 godz.	2 doby
20	1-2	3 godz.	23 godz.	3 doby	5 dób	4 godz.	18 godz.

Uwaga: Trwałość dotyczy terenu słabo pociętego.
Dla terenu równinnego wartości w tabeli pomnożyć przez 0,8
Źródło: Metodyka oceny sytuacji chemicznej, MON 1981, s. 59.

Kolejnym czynnikiem decydującym o efektywności działania BST jest temperatura powietrza i gleby. Wpływa ona na stan skupienia, lotność i trwałość

środków trujących. Jeżeli jej zmiana może powodować zmianę stanu skupienia i szybkości parowania środków trujących, to powinno się ją uwzględniać w czasie doboru BST i techniki ich stosowania. Dla przykładu, Vx najlepiej przejawia swoje działanie w postaci aerozolu, iperyt w stanie ciekłym. Jeżeli niska temperatura powoduje krzepnięcie, np. iperytu, to zastosowanie go w takich warunkach nie przyniesie spodziewanego efektu bojowego. W tabeli przedstawiono także związek pomiędzy trwałością środków trujących i temperaturą gleby. Wynika z niej, że temperatura gleby w znaczny sposób wpływa na trwałość BST, a jej zmniejszenie o 10^0C powoduje dwu – trzykrotny wzrost trwałości tych środków. Nieco mniejszy wpływ na efektywność użycia broni chemicznej ma wilgotność powietrza i opady atmosferyczne. Ogólnie rzecz ujmując deszcze obniżają skuteczność stosowania środków trujących, a opady śniegu zwiększają ją wydłużając czas toksycznego oddziaływania.

Podobnie jak warunki meteorologiczne, również teren może dwukierunkowo oddziaływać na skuteczność stosowania broni chemicznej. Rzeźba i pokrycie powoduje z jednej strony gromadzenie się i zastoje środków trujących, z drugiej rozpraszanie skażonego powietrza. Przeszkody terenowe zagradzają bowiem drogę swobodnemu przepływowi powietrza zmieniając przez to prędkość i kierunek jego strumienia. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że istotny wpływ na długotrwałość utrzymywania się skażeń w lesie, zaroślach, itp. ma absorpcja środków trujących prze roślinność, a następnie powolne wydalanie ich z powrotem do atmosfery. Przedstawione rozważania i informacje na temat elementów decydujących o efektywności użycia broni chemicznej wskazują, że czynniki te są bardzo zróżnicowane, jest ich wiele i każdy w specyficzny sposób wpływa na właściwości rażące BST.

Z tego, co dotychczas powiedziano, wynika, że problem skażeń elementów infrastruktury zależy w głównej mierze od rozmiarów rejonu użycia środków trujących (tabela). Zależą one od rodzaju środka i jego ilości (sposób przenoszenia do celu oraz omówionych wcześniej czynników obiektywnych. Ich porównanie z powierzchnią prawdopodobnego celu uderzenia chemicznego wskazuje, że mogą

nim być m.in. stanowiska dowodzenia, ogniowe artylerii, rejony rozmieszczenia pododdziałów oraz punkty oporu, a także węzły drogowe i kolejowe, większe stacje rozrządowe, stacje przeładunkowe, większe mosty i wiadukty.

Tabela 16

Rozmiary rejonu użycia środków trujących [km^2]

Środek przenoszenia	Rodzaj środka trującego			
	Vx	Soman	XR	Iperyt
Samoloty myśliwsko-bombowe				
- dwa;	3,5	0,48		
- cztery.	7,0	2,40		
Rakiety nie kierowane:				
- jedna wyrzutnia;		0,64	6	
- dwie wyrzutnie;		0,64	12	
- cztery wyrzutnie;		1,28		
- sześć wyrzutni.		3,80		
Rakiety kierowane:				
- jedna wyrzutnia;		1,00		
- dwie wyrzutnie;		1,00		
- cztery wyrzutnie;		2,00		
- sześć wyrzutni.		6,00		
Artyleria	0,5-1,7	0,06-1,70		0,21

Źródło: Metodyka oceny sytuacji chemicznej, MON 1981

Środki trujące mogą być również użyte w postaci aerozoli lub kropli cieczy. Podlegają wówczas wpływom warunków meteorologicznych (temperatura otoczenia i prędkość wiatru). Uniesione z powierzchni, na jakiej nastąpiły wybuchy, wypadają z atmosfery, powodując skażenia powierzchni terenu, obiektów i sprzętu znajdujących się w rejonie ich wypadania w kierunku wiatru. Powierzchnie i zasięgi stref niebezpiecznego skażenia dla sprzętu i terenu przedstawia tabela.

Zatem możemy z całą mocą twierdzić, że obiekt będzie skażony albo w czasie opadania środków trujących w rejonie uderzenia, albo w strefie rozprzestrzeniania się kropel i aerozoli blisko rejonu uderzenia, albo też w obu tych rejonach jednocześnie, zależnie od usytuowania jego położenia w stosunku do rejonu użycia i kierunku wiatru. Obiekty ruchome mogą ulec skażeniu także w przypadku pokonywania terenu wcześniej skażonego. O charakterze skażeń będą decy-

dowały właściwości środków trujących, a przede wszystkim stan, w jakim będą osiadały na skażonych powierzchniach.

Tabela 17

Powierzchnia i zasięg stref skażenia chemicznego podczas rozprzestrzeniania się Vx

Środek przenoszenia	Rozmiar strefy	Rodzaj niebezpieczeństwa	Prędkość wiatru [m/s]					
			1	2	3	4	5	6
Lotnictwo mb. 2 samoloty	Pow. [km^2]	Niebezpieczne dla sprzętu	10	15	18	19	22	24
	Zasięg [km]		3	4,5	5,5	6	7	7,5
Lotnictwo mb. 4 samoloty	Pow. [km^2]		13	16	21	22	26	27
	Zasięg [km]		4	5	6,5	7	8	8,5
2 F-11 LPW	Pow. [km^2]		39	55	72	78	90	96
	Zasięg [km]		3	4,5	5,5	6	7	7,5
4 F-11 LPW	Pow. [km^2]		52	67	84	91	102	109
	Zasięg [km]		4	5	6,5	7	8	8,5
Lotnictwo mb. 2 samoloty	Pow. [km^2]	Niebezpieczne dla terenu	7	8	8,7	9	9,5	10,5
	Zasięg [km]		2,2	2,5	2,7	2,8	3	3,3
Lotnictwo mb. 4 samoloty	Pow. [km^2]		10	11	12	12,5	13	14
	Zasięg [km]		3,2	3,5	3,7	3,8	4	4,3
2 F-11 LPW	Pow. [km^2]		29	33	35	37	39	43
	Zasięg [km]		2,2	2,5	2,7	2,8	3	3,3
4 F-11 LPW	Pow. [km^2]		42	46	48	50	52	56
	Zasięg [km]		3,2	3,5	3,7	3,8	4	4,3

Trwałe środki trujące będą rozproszone w otoczeniu w postaci kropel lub aerozolu grubo dyspersyjnego (cząstki o rozmiarach rzędu $10^{-2} - 0{,}5x10^{-1}$ cm). Taka wielkość powoduje, że nie będą podlegały w większym stopniu dyfuzji turbulentnej w atmosferze. Krople i aerozol będą osiadały, przenoszone przez ruch powietrza, w pobliżu rejonu uderzenia i na powierzchniach taboru skażając je z różną gęstością, określoną masą środka na jednostkę powierzchni (mg/m^2, g/m^2). Ilustruje to tabela 18.

Dane wykazane w tabeli to wartości prognostyczne zawierające się w pewnym przedziale wartości liczbowych. Nie przesądza to wcale o możliwości powstania - w zależności od warunków - mniejszej lub większej gęstości skażenia na powierzchni obiektów, aczkolwiek stanowi pewien przedział graniczny. Daje to podstawę do kalkulacji postępowania ze skażonymi powierzchniami.

Tabela 18

Gęstość skażenia BST w zależności od masy i liczby kropli opadłych na skażoną powierzchnię.

Rodzaj środka trującego	Liczba kropli [1/m^2]	Średnia masa kropli [mg]	Gęstość skażenia [g/ m^2]
iperyt	1.4-14x10^3	0.5-5.0	6.0-7.0
soman	8.75-14x10^3	0.5-0.8	7.0
Vx	10-50x10^3	0.02-0.1	1.0

Krople i aerozol wielkocząsteczkowy środków trujących, padając na powierzchnię obiektu podlegają różnym zjawiskom, które zwiększają lub zmniejszają stopień skażenia. Powierzchnie obiektów można podzielić na porowate (drewno, tkaniny, itp.) i nieporowate (szkło, metale, masy plastyczne itp.). Mają one różne właściwości wchłaniania w siebie środka trującego. Odgrywa ono szczególną rolę przy ciałach porowatych. Środek trujący wnika przez pory w głąb skażonej powierzchni, rozpraszając się przy tym także na boki, i tworzy plamę skażenia, o powierzchni zależnej od wielkości kropli i porowatości powierzchni skażonego sprzętu. Na powierzchnie obiektów składają się takie materiały porowate, jak: tkaniny naturalne i sztuczne, skóra i materiały skóropodobne oraz drewno. Mają one szczególną własność, są kapilarne. Struktura kapilarna nadaje im porowatość o różnej budowie i wielkości porów. Nie jest ona jednak taka sama. Tak bowiem, jak różnią się od siebie materiały porowate, tak różna jest budowa, ilość i wielkość porów. Ta właściwość decyduje o charakterze skażenia materiałów i szybkości zjawiska skażenia. Opiszmy je oddzielnie dla każdego rodzaju materiału porowatego.

Tkaniny mają budowę włóknistą tworzoną przez włókna pochodzenia naturalnego (bawełna, len, wełna itp.) lub formowane sztucznie włókna półsyntetyczne (celulozowe, kazeinowe) i syntetyczne (poliamidowe, poliestrowe i inne). Wzajemne ułożenie włókien zwijanych w nici i nici wiązanych w tkaninę nadaje jej w całości strukturę o porowatości kapilarnej, wchłaniającej ciecze do swego wnętrza.

Zależność wielkości plamy od masy i rozmiarów kropli przedstawia tabela 19.

Tabela 19

Orientacyjne wielkości kropli cieczy i plamy powstałej na tkaninie

Masa kropli [mg]	Średnica kropli [mm]	Średnica plamy [mm]
002	046	1.5
01	080	2.5
05	1.3	4
1	1.8	5.5
2	2.3	7
5	3.1	9

Szybkość wchłaniania (wsiąkania) cieczy w głąb tkaniny warunkują: rodzaj materiału, rodzaj substancji skażającej, temperatura, stopień wilgotności i inne zanieczyszczenia. Czas wnikania może się wahać od kilku do kilkudziesięciu sekund, a na powierzchni powstają plamy o średnicy zależnej od masy kropli. Przeciętnie średnica plamy jest trzykrotnie większa od średnicy kropli i może zawierać się w przedziale do 9 mm. Rozlewanie się kropli substancji skażającej na tkaninie i tworzenie rozległych plam powoduje szybkie jej powierzchniowe skażenie. Jednocześnie jednak przenika ona w głąb tkaniny i zależnie od jej grubości przesiąka przez nią np. do kolejnej warstwy lub podłoża. Jak wykazały badania miejscowa gęstość skażenia w obrębie plamy jest duża i może osiągać wielkość od 20 do 100 mg/cm^2. Przewyższa ona dopuszczalną normę gęstości powierzchniowej (zobacz następny podrozdział) i wskazuje na bezwzględną konieczność poddania skażonej tkaniny procesowi odkażania.

Skóry naturalne i materiały skóropodobne mają również struktury kapilarne. Jednak są bardziej spoiste niż tkaniny. Dlatego proces wnikania kropel substancji skażającej, mimo że podobny do procesu wnikania w głąb tkanin, jest wolniejszy. Trwa przeciętnie kilka minut. Spoistość skóry i inna liczba oraz wielkość porów powoduje powstawanie bardziej rozległych plam powierzchniowych i wnikanie kropli na mniejszą głębokość.

Drewno naturalne to materiał porowaty o liniowym ułożeniu włókien celulozowych. Różne gatunki drewna wykazują różnice w spoistości masy drzewnej; roz-

różnia się drewno miękkie i drewno twarde. Typy drewna decydują o głębokości wnikania w jego głąb kropli środka skażającego. Jak podaje literatura drewno miękkie (sosnowe, świerkowe) może ulec skażeniu na głębokość do 20 mm wzdłuż słojów i 4-5 mm w poprzek słojów, natomiast drewno twarde (dąb, buk) na głębokość odpowiednio 7-8 mm i 1-2 mm. Wniknięcie kropli w głąb skażonego materiału powoduje, że skażenie jest stosunkowo trwałe, zmniejsza się bowiem prędkość odparowania środka trującego. Zmniejszenie prędkości odparowania przez zwiększenie wchłaniania, obniża wprawdzie możliwość skażenia ludzi przy kontakcie ze sprzętem, lecz zwiększa trudności jego odkażenia. Taki charakter ma skażenie wtedy, kiedy krople środka trującego skażają suche powierzchnie porowate. Natomiast wtedy, kiedy są one mokre, na przykład zwilżone przez deszcz, pory są zatkane wodą. Do wnętrza mogą przeniknąć jedynie te środki, jakie rozpuszczają się w wodzie; nierozpuszczalne zaś rozmywają się po powierzchni skąd odparowują. Niektórzy autorzy uważają, że jeśli środek trujący wniknął w suchą powierzchnię porowatą, to padający deszcz może wyrzucić go na powierzchnię, jaka stanie się przez to znowu niebezpieczną. Wskazuje to, że nie można jednoznacznie przesądzać o tym czy skażenie jest duże, czy też małe oraz, że w każdym przypadku powierzchnie skażone należy poddawać procesom odkażania.

Obiekty są zbudowane także z materiałów, jakie nie są porowate i których skażenie nie stanowi takiego niebezpieczeństwa jak omawiane poprzednio. W wypadku ich skażenia, krople środka trującego będą się rozlewać na powierzchni, na jaką spadną. Stopień rozpłynięcia zależy od kąta padania kropli (im ostrzejszy tym większa powierzchnia rozlania), zwilżalności powierzchni, wielkości kropli (im mniejsze tym zwilżalność większa) itp. Ponadto wiele substancji - oleje, lakiery itp., jakimi są pokrywane powierzchnie taboru kolejowego, bardzo dobrze rozpuszcza środki trujące. To wszystko powoduje, że będą one adsorbowane na powierzchniach sprzętu i rozpuszczane w powłokach konserwacyjnych, zwiększając czas ich skażenia. Wprawdzie pod wpływem temperatury otoczenia i po upływie pewnego czasu środek trujący desorbuje ze skażonej przez siebie po-

wierzchni, nie tak jednak szybko, by uważać ją za bezpieczną i nie poddawać procesowi odkażania (tabela). Na przykład środek trujący Vx zaadsorbowany, na powierzchni metalowej niemalowanej, w ilości 6,5 mg/m^2 i na powierzchni metalowej pomalowanej, w ilości 8,2 mg/m^2 desorbuje dość długo.

Tabela 20

Zależność desorpcji od temperatury otoczenia i upływu czasu

Czas desorpcji [godz.]	Ilość desorbowanego środka [mg/m^2]			
	Powierzchnia metalowa niemalowana		Powierzchnia metalowa malowana	
	25°C	40°C	25°C	40°C
0,5	1.35	4.1		2.0
1	3.06	5.6		3.2
2	4.75		0.85	3.84
3	5.2		1.07	4.0
5	5.26			4.3

Źródło: Kalitajew, Chimiczieskoje oruzije wierojatnogo protiwnika, Moskwa 1974, s.225.

Nieco inaczej przedstawia się mechanizm skażenia tworzyw sztucznych. Z uwagi na fakt, że są one materiałami nieporowatymi, w początkowym okresie, po zetknięciu się kropli środka skażającego z podłożem, ma taki sam przebieg, jak dla materiałów nieporowatych. Po pewnym czasie jednak zachodzi zjawisko wnikania cieczy w głąb podłoża. Wydawać by się mogło, że powinno to być niemożliwe, jako że tworzywa sztuczne maja powierzchnię litą, gładką. Okazało się jednak, że ta w znacznym stopniu jednorodna i lita struktura tworzyw sztucznych może zawierać pewną liczbę mikroporów (liczbę i wielkość zależną od technologii obróbki). Wyniki badań wskazują, że w czasie do ok. 30 min. od skażenia następuje szybkie wnikanie środków trujących w głąb tworzywa. Prędkość wnikania jest następująca: dla iperytu 0,027 mg/cm^{2}min., dla somanu 0,11 mg/cm^{2}min. i dla „Vx" 0,005 mg/cm^{2}min. Oznacza to, że najszybciej będzie wnikał w materiał soman, przy czym dotyczy to takich substancji jak guma, plietylen, polichlorek winylu, politeraftalalen etylenu oraz powłoki lakierów epoksydowych. Tworzywa takie jak metakrylan metylu, acetyloceluloza i nitroceluloza wykazują właściwość rozpulchniania w kontakcie ze środkiem trującym. Wynika stąd, że mają

one niekorzystne właściwości, jeśli są narażone na bezpośrednie skażenie. Przedstawione zjawiska wskazują na trudności procesu odkażania powierzchni z tworzyw sztucznych. Skażenia wgłębne bowiem stają się niedostępne dla prostych zabiegów odkażania mechanicznego, zmywania wodą albo roztworami odkażającymi. Zabiegi takie nie są w stanie usunąć z warstw podpowierzchniowych środka trującego, tworzącego skażenia trwałe. Rosną one wraz z upływem czasu, kontaktu substancji ze skażoną powierzchnią. Wielkości gęstości skażenia trwałego dla gumy przedstawia tabela.

Tabela 21

Gęstość skażenia trwałego gumy [g/m^2] zależnie od czasu kontaktu środka trującego ze skażoną powierzchnią

Czas kontaktu [godz.]	Rodzaj środka trującego		
	iperyt	soman	Vx
0,5	0,47	0,51	0,096
1	0,57	0,86	0,14
2	0,84	1,12	0,17
3	1,06	1,42	0,20
4	1,30	1,68	0,22
5	1,50	1,89	0,24

Wartości liczbowe skażeń trwałych wykazane w tabeli nabierają znaczenia przy ich konfrontacji z normami dopuszczalnych gęstości skażeń powierzchniowych. Wynoszą one dla iperytu 4.10^{-3}g/m^2; somanu 1.10^{-5}g/m^2; „Vx" 2.10^{-3}g/m^2. Z porównania wynika, że już po kilku minutach od skażenia guma ulega skażeniu trwałemu. Przekracza ono dopuszczalne normy nawet wtedy, kiedy usuniemy środek trujący z powierzchni. Szczególne zagrożenie stwarza soman, dla jakiego normy są najostrzejsze. Taki stan rzeczy, jaki wyżej przedstawiono określa potrzebę poddania skażonego obiektu natychmiastowemu odkażeniu. Uniknie się przez to niebezpieczeństwa porażenia ludzi parami środka trującego podczas kontaktu ze skażonym sprzętem oraz zatrzyma proces coraz głębszego skażenia trwałego, utrudniającego skuteczność odkażania. Tak krótko zarysowany charakter

skażenia środkami chemicznymi typu Vx, iperyt, soman wskazuje, że każdy przypadek skażenia taboru zmusza nas do poddania go zabiegom specjalnym.

Bojowe środki trujące oraz toksyczne środki przemysłowe mogą również oddziaływać na otoczenie w postaci par i aerozoli. Skażenie trwałe powierzchni większości materiałów powodowane przez taką postać substancji skażającej nie posiada zasadniczego znaczenia. Jednak materiały o rozwiniętej powierzchni ulegają skażeniu w takim stopniu, że stają się niebezpieczne dla człowieka. Są nimi przede wszystkim tkaniny, jakie ulegają skażeniu na drodze sorpcji z racji swojej struktury włóknisto-kapilarnej. Procesowi sorpcji sprzyjają ponadto ruchy skażonego powietrza, ułatwiające penetrację środka w głąb materiału. O wielkości niebezpieczeństwa może świadczyć następujący przykład. Stwierdzono doświadczalnie, że przebywanie żołnierza przez godzinę w terenie skażonym somanem o stężeniu $5{,}10^{-3} mg/dm^3$ powoduje skażenie jego umundurowania w przedziale wielkości: w warunkach letnich do 5 mg/m^2, w warunkach zimowych do 15 mg/m^2. Przy ogólnej powierzchni umundurowania ok. 3 m^2 jeden żołnierz może być nośnikiem od 15 do 45 mg somanu. Są to niebagatelne wielkości, świadczące o tym, że może on być źródłem poważnego zagrożenia, np. po wejściu do zamkniętego pomieszczenia. Gdybyśmy odnieśli owe wielkości do powierzchni, np. plandeki brezentowej samochodu ciężarowego równej ok. 21 m^2, mogłoby się na niej znaleźć odpowiednio 105 do 315 mg somanu.

Analizując zasady użycia broni chemicznej, w zależności od zakładanego celu końcowego, należy rozpatrzyć możliwość zastosowania, w konkretnej sytuacji, określonych bojowych środków trujących. Można je klasyfikować na różne sposoby. Jednym z nich jest podział na trwałe i nietrwałe środki trujące. Zgodnie z nim można prowadzić ocenę zagrożenia szacując ewentualne straty w sprzęcie i ludziach. Przyjmuje się, że na współczesnym polu walki środki trujące mogą być wykorzystywane do:

a. środki nietrwałe /w terenie przeznaczonym do zajęcia lub przejścia/
   - wywoływania ograniczonych strat wśród niechronionych wojsk;
   - ograniczenia możliwości użycia terenu lub wybranych obiektów;

- obniżenia zdolności bojowej wojsk poprzez konieczność stosowania środków ochronnych;
- wywołania stresu /szczególnie wśród osób gremiów kierowniczych/ oraz paniki wśród żołnierzy i ludności.

b. środki trwałe /w terenie nie planowanym do zajęcia lub w obszarach tyłowych/

- wywoływania natychmiastowych strat wśród niechronionych osób;
- długotrwałego ograniczenia możliwości wykorzystania terenu lub ważnych obiektów takich jak porty, lotniska itp.;
- obniżenia zdolności bojowej wojsk przez konieczność stosowania środków ochronnych;
- wymuszenia długotrwałych procedur likwidacji skażeń najważniejszego sprzętu, obiektów i terenu;
- wywołania stresu /szczególnie wśród osób gremiów kierowniczych/ oraz paniki wśród żołnierzy i ludności.

Odnieśmy te zasady do podstawowych rodzajów działań bojowych, a mianowicie do działań obronnych i zaczepnych. Zgodnie z dotychczasowymi poglądami na stosowanie broni chemicznej do rażenia przeciwnika, w każdym z tych rodzajów działań mogą być wykorzystane zarówno środki nietrwałe, jak i trwałe. Wybór odpowiedniego środka podyktowany będzie wpływem wytworzonej sytuacji skażeń na realizację zadań przez wojska własne. Trwałe BST będą wobec tego stosowane wszędzie tam, gdzie, w krótkim odstępie czasu, nie przewiduje się działania sił własnych. W działaniach zaczepnych mogą to być drugorzędne kierunki działań lub rejony przewidziane do izolacji. Stosowanie środków trwałych celowe będzie również w celu opóźnienia działania sił odwodowych poprzez zmuszenie ich do czasochłonnej likwidacji skażeń. W działaniach obronnych natomiast mogą być używane do rażenia wojsk na drogach podejścia do rozwijania w ugrupowanie przedbojowe i bojowe, drugich rzutów, stanowisk dowodzenie, a także jednostek wsparcia ogniowego i innych elementów ugrupowania bojowego. Wykorzystanie środków trwałych w tym rodzaju działań będzie szersze i obejmie

także obszary działań głębokich, dzięki czemu przeciwnik może mieć problemy z zaopatrywaniem swoich pierwszych rzutów w sprzęt i środki materiałowo-techniczne.

Z kolei nietrwałe BST mogą być stosowane wszędzie tam, gdzie przewidujemy kontynuowanie działań bezpośrednich. Celem będą więc pierwsze rzuty przeciwnika, siły działające na głównym kierunku naszego natarcia oraz obiekty przeznaczone do opanowania w krótkim czasie. Natomiast w obronie, dzięki szybkiemu oddziaływaniu na porażony organizm, środki nietrwałe będą stosowane na elementy ugrupowania przeciwnika w największym stopniu zagrażające siłom własnym. Należy przy tym uwzględniać miejscowe warunki atmosferyczne i terenowe, jakie mogą powodować przemieszczanie się skażonych obłoków nad ugrupowaniem wojsk własnych, a tym samym powodować i ich obezwładnienie.

Poza obiektami wojskowymi, celem uderzeń chemicznych, mogą być również elementy infrastruktury gospodarczej kraju. Przedstawmy tylko te, jakie mogą wpływać na funkcjonowanie wojsk. W głównej mierze będą to obiekty związane z ruchem wojsk oraz z szeroko pojętą logistyką. Wymieńmy dla przykładu takie, jak: węzły dróg, wiadukty, mosty, stacje kolejowe, lotniska, a także składy materiałowe czy też bazy sprzętu. Inną grupę stanowić będą ośrodki władzy. Przy czym w odróżnieniu od wymienionych wcześniej będą to cele o charakterze niemilitarnym.

Klasyfikując zatem obiekty uderzeń bronią chemiczną możemy wyróżnić:

- cele niemilitarne;
- cele militarne:
  - obiekty ugrupowania bojowego;
  - obiekty infrastruktury gospodarczej kraju.

Aby określić prawdopodobieństwo użycia broni chemicznej na określone obiekty należy dokonać analizy celów dogodnych dla broni chemicznej. Polega ona na określeniu wrażliwości i podatności potencjalnych celów na atak chemiczny oraz stwierdzenia czy posiadane środki nadają się do tego. W trakcie planowania ataku chemicznego przeciwnik każdorazowo rozważa właściwości ata-

kowanego celu. Są to: **skład**, **położenie**, **wielkość**, **kształt**, **stałość**, **stopień ochrony**, **pogoda** oraz **teren**[48].

Skład. Pod względem składu cele dzielą się na takie, jakie obejmują głównie ludzi oraz takie, w jakich skład wchodzą przede wszystkim różnego rodzaju budynki, urządzenia, sprzęt i środki materiałowe. Z reguły broni chemicznej używa się przeciwko sile żywej, chociaż z powodzeniem można ją wykorzystać przeciwko innym celom.

Położenie. Podczas planowania ataku chemicznego przeciwnik rozważa trzy aspekty dotyczące położenia ewentualnego celu: a mianowicie rozmieszczenie celu z punktu widzenia przyszłych działań, jego odległość od środków napadu chemicznego oraz odległość od wojsk atakującego i innych obiektów na jakich mu zależy. Pierwszy z tych aspektów może skłaniać do użycia nietrwałych środków trujących, jeżeli wojska przeciwnika będą w niedługim czasie zajmować teren objęty napadem chemicznym. Drugi aspekt może uniemożliwić użycie broni chemicznej z powodu ograniczonego zasięgu środków przenoszenia broni chemicznej. Trzeci aspekt może spowodować ograniczenie obszaru ataku chemicznego w celu zachowania pełnej zdolności bojowej atakującego lub przydatności innych obiektów znajdujących się w atakowanym obszarze. Wszystkie przedstawione wyżej aspekty przekonują do stwierdzenia, że w pewnych okolicznościach każdy z obiektów może stać się prawdopodobnym obiektem uderzeń chemicznych, choć z drugiej strony ich położenie może to prawdopodobieństwo znacznie ograniczyć.

Wielkość. Aby skutecznie razić cele środkami trującymi należy zachować rozsądny kompromis pomiędzy wielkością i kształtem wybranego celu, a możliwościami środków rażenia. Z punktu widzenia klasyfikacji cele o wielkości do 5 ha nazywamy celami o małej powierzchni. Takie cele zwalcza zwykle artyleria. Z kolei celami o dużej powierzchni nazywamy takie, jakie zajmują obszar powyżej 5 ha. W tym przypadku również można wykorzystywać środki artyleryjskie chociaż

---

[48] *Por. Użycie bojowych środków chemicznych i biologicznych, MON, Warszawa 1963*

lepsze są środki o większym polu rażenia. Zazwyczaj w miarę wzrostu wymiarów celu zmienia się zagęszczenie ludzi znajdujących się w jego obrębie, a ich rozmieszczenie staje się bardziej nierównomierne. Z tego względu stosowanie broni chemicznej na duże obiekty pociąga angażowanie znacznych sił i duże zużycie amunicji, a mimo to nie zawsze jest opłacalne. Należy jednak pamiętać, że już nawet częściowe skażenie obiektów pociąga za sobą szereg problemów, które mogą ograniczyć lub przynajmniej utrudnić działania bojowe.

Kształt celu ma podobne znaczenie jak jego wielkość, chociaż w większym stopniu wpływa na rodzaj środków rażenia oraz sposób ich użycia. Inaczej bowiem razi się cele wydłużone niż cele o kulistym kształcie. Do typowych celów liniowych zaliczamy przede wszystkim wszystkie drogi i linie kolejowe. Wykonanie uderzeń chemicznych na całej ich długości jest z oczywistych względów niemożliwe, jednak w warunkach bojowych wiele z nich będzie wykorzystywanych do przewozu wojsk, transportu sprzętu i zaopatrzenia. Zarówno kolumny wojsk na drogach, jak i transporty kolejowe będą stanowiły łakomy kąsek dla przeciwnika. W tym przypadku staną się one opłacalnymi celami uderzeń chemicznych, jakie doprowadzą do znacznych strat w ludziach oraz do dezorganizacji działań bojowych. Powstałe w ten sposób skażenia mogą na dłuższy czas zablokować nie tylko zaatakowane kolumny, lecz także drogi i linie kolejowe oraz wiele innych obiektów, jakie znajdą się w strefach rozprzestrzeniania skażeń chemicznych.

Stałość. Cel stały to taki cel, jaki znajduje się zawsze w tym samym miejscu i w tych samych warunkach. W ten sposób wszystkie obiekty stacjonarne takie, jak węzły kolejowe i drogowe, mosty, porty, lotniska, itp., stanowią łatwy cel dla broni chemicznej. Nie oznacza to jednak, że obiekty ruchome takie, jak pociągi i konwoje drogowe lub rzeczne są całkowicie bezpieczne. Istniejące obecnie nowoczesne środki walki zdolne są do rażenia także tych ruchomych celów jeśli tylko są wystarczająco opłacalne.

Stopień ochrony określa względną wrażliwość ludzi na działanie bojowych środków trujących. Wymienia się przy tym: wytrzymałość fizyczną, stan moralny

wojsk oraz ludności, poziom wyszkolenia w posługiwaniu się środkami ochronnymi, istnienie odpowiednich ukryć oraz posiadanie sprzętu ochronnego i schronów. Pierwsze trzy czynniki mają charakter zmienny, zależny jedynie od stopnia przygotowania ludzi. Elementami o charakterze stałym, niezależnymi od czynnika ludzkiego jest posiadanie ukryć, schronów i odpowiedniego sprzętu ochronnego. Z tego względu wszystkie obiekty infrastruktury gospodarczej kraju, w jakich może przebywać znaczna liczba wojska i ludności cywilnej /np. stacje kolejowe, porty lotnicze, bazy transportowe, porty morskie itp./ powinny posiadać specjalnie przygotowane schrony lub ukrycia wyposażone w urządzenia filtrowentylacyjne oraz niezbędny sprzęt ochronny. W ten sposób znacznie obniży się opłacalność użycia broni chemicznej przeciwko tym obiektom, a jeśli nawet dojdzie do jej wykorzystania to straty w ludziach będą minimalne.

Teren to kolejny czynnik wpływający na zachowanie się bojowych środków trujących. Ze względu na fakt, iż infrastruktura gospodarcza jest rozłożona w miarę równomiernie na całym obszarze kraju, a zgrupowania wojsk mogą występować w dowolnym miejscu, przywiązywanie się do jej poszczególnych elementów nie ma większego sensu. Można tylko zaznaczyć, że duże skupiska budynków, na przykład stacje kolejowe, drogi, mosty, bazy transportowe, zajezdnie, stacje paliwowe itp., stanowić będą dogodny teren do długotrwałego utrzymywania się środków trujących. W takich warunkach reakcja na takie zagrożenia wymagać będzie znacznie większego nakładu sił i środków. Podobny wpływ na zachowanie się środków trujących wywierać będą większe skupiska lasów, gdzie utworzą się zastoje środka trującego. Z drugiej strony jednak lasy stanowić będą skuteczną barierę ograniczającą rozprzestrzenianie się skażeń.

Na obszarze Polski występuje wiele rejonów charakteryzujących się dużym stopniem zalesienia. Przez te rejony przebiega wiele kilometrów dróg i szlaków kolejowych wraz z towarzyszącą im infrastrukturą. W warunkach działań wojennych prowadzonych z wykorzystaniem broni chemicznej wiele z tych szlaków będzie szczególnie zagrożonych. W obecnej sytuacji odpowiedź na pytanie, jakie z nich

będą atakowane nie jest możliwa. Będzie to możliwe po analizie wielu czynników, w tym sytuacji taktycznej i charakteru przyszłych działań.

Pogoda. Prognozowanie działań z użyciem bojowych środków trujących jest możliwe po rozważeniu wymienionych wcześniej czynników. Wśród nich trzeba także uwzględnić warunki meteorologiczne. Obejmują one szereg istotnych elementów wpływających na zachowanie się bojowych środków trujących. Największe znaczenie mają: temperatura, pionowa stateczność powietrza, kierunek i prędkość wiatru oraz opady. Wysoka temperatura skraca czas występowania skażeń przez zwiększenie szyb-kości parowania środków trujących. Niskie temperatury z kolei, sprzyjają długotrwałemu zaleganiu środka trującego w terenie nie pozwalając na jego wykorzystanie przez dłuższy okres. Z tego względu użycie trwałych środków trujących będzie najbardziej prawdopodobne na obiekty, jakie chcemy na dłuższy czas wyłączyć z działania. Będą to przede wszystkim kluczowe stacje kolejowe, wiadukty, mosty oraz główne rejony przeładunkowe. Nietrwałe środki trujące mogą być z kolei wykorzystane do sparaliżowania dużych ośrodków administracyjno – przemysłowych. dobrą stroną takiego ataku jest jedynie fakt, że zaatakowane obiekty nie wymagają odkażania. Pionowa stateczność powietrza to czynnik określany przez gradient temperatury i prędkość wiatru. Ogólnie rzecz biorąc wyróżniamy trzy stany: konwekcję, inwersję i izotermię. Najbardziej dogodnym dla użycia broni chemicznej stanem pionowej stateczności powietrza jest inwersja, kiedy temperatura powietrza rośnie ze wzrostem wysokości. Powoduje to utrzymywanie obłoku skażonego powietrza w przyziemnej warstwie powietrza, zapewniając mu tym samym dużą skuteczność rażenia. Najbardziej niedogodnym w tym względzie stanem pionowej stateczności jest konwekcja, gdzie temperatura ze wzrostem wysokości maleje. Powoduje to szybkie zanikanie obłoku skażonego powietrza, który odrywa się od ziemi i rozprasza się w atmosferze. Izotermia to stan pionowej stateczności istniejący bezpośrednio pomiędzy konwekcją i inwersją. Z tego powodu ma dosyć neutralny wpływ na zachowanie się obłoku skażonego powietrza.

Kierunek i prędkość wiatru ma dość istotne znaczenie na zachowanie środka trującego. Ruch powietrza nad nierówną powierzchnią powoduje wiry powietrzne, wpływające na rozprzestrzenianie się obłoków skażonego powietrza. Duża szybkość wiatru powoduje szybkie przesuwanie się obłoku chemicznego nad rejonem celu, co znacznie skraca czas rażącego działania środków trujących. Kierunek wiatru wpływa z kolei na to, jaki z obiektów, znajdujących się w rejonie użycia broni chemicznej, zostanie skażony. Należy jednak pamiętać, że jest to czynnik o zmiennym charakterze, toteż nie można odrzucać innych wariantów zagrożenia.

Opady wywierają niekorzystny wpływ na zachowanie się na polu walki bojowych środków trujących ponieważ deszcz może zmyć skażenie kropelkowe, a śnieg może je przykryć. Opady wypłukują również z powietrza środki trujące występujące w postaci pary lub aerozolu i powodują hydrolizę niszcząc w ten sposób niektóre środki.

Z przedstawionych zasad użycia broni chemicznej wynika, że szczególnie zagrożone będą:

- rejony i obiekty o dużym skupieniu wojsk i ludności;
- obiekty o szczególnym znaczeniu, jakie mogą być porażone, ale z uwzględnieniem zachowania ich żywotności na późniejszy okres działań.

Wśród obiektów o szczególnym znaczeniu znajdą się przede wszystkim obiekty infrastruktury gospodarczej kraju Po szczegółowej ich analizie można przyjąć, że zagrożenie bronią chemiczną występować będzie w obrębie trzech poziomów prawdopodobieństwa. Przedstawiono je w tabeli. Należy jednak podkreślić, że przy dość dużym nasyceniu obszaru kraju elementami infrastruktury gospodarczej każde użycie bojowych środków trujących może w jakimś stopniu wpływać na funkcjonowanie i przemieszczanie wojsk. Rozprzestrzeniające się obłoki środków trujących doprowadzić mogą do skażenia części miast, dróg, szlaków kolejowych, mostów, wiaduktów, tuneli i innych elementów. Będzie to

pociągało szereg problemów, utrudniających zarówno działanie wojsk, jak i funkcjonowanie gospodarki. Skażony teren zmuszać będzie do podjęcia jednego z trzech przedsięwzięć:

- obchodzenia skażonego rejonu;
- odkażania terenu przed wykonaniem przemarszu lub zajęciem terenu;
- podjęcia ryzyka pewnych strat na korzyść wykonywanego zadania przy podjęciu niezbędnych środków ostrożności.

Tabela 22

Zagrożenie bronią chemiczną obiektów infrastruktury gospodarczej kraju

Obiekty zagrożone ze względu na ich znaczną wartość militarną, polityczną lub gospodarczą	Obiekty zagrożone ze względu na ich masowe wykorzystywanie przez wojska lub ludność cywilną	Obiekty niezagrożone lub o zagrożeniu znikomym
główne węzły drogowe i kolejowe; mosty; wiadukty; składnice sprzętu transportowego; porty lotnicze i morskie; lotniska; lądowiska; stocznie; śluzy rzeczne; doki	odcinki dróg; bazy transportowe; rampy załadunkowe; duże warsztaty remontowe; stacje kolejowe; stacje metra; odcinki linii kolejowych; bocznice z transportem; terminale lotnicze; statki w portach	stacje paliwowe; myjnie samochodowe; dworce autobusowe; zajezdnie; środki transportowe; rozjazdy; tunele; sieć trakcyjna; szlaki wodne

Źródło: Opracowanie autora

Obchodzenie terenu lub jego odkażanie powoduje każdorazowo znaczne opóźnienie działań i poważnie utrudnia zaopatrywanie. Z kolei wykonywanie zadań w terenie skażonym jest możliwe tylko w środkach ochrony przed skażeniami, chociaż one ograniczają skuteczność działań.

Celami uderzeń będą na pewno wojska i ludność korzystająca z obiektów infrastruktury. Powstaną w wyniku tego skażenia, jakie w zależności od rodzaju użytego środka oraz warunków terenowych i atmosferycznych mogą stanowić istotny problem wymagający szybkiego i skutecznego przeciwdziałania. Nie ma przy tym znaczenia co było pierwotnym celem uderzenia, gdyż rozległe skażenia na dłuższy okres czasu przeszkadzać będą w prawidłowym funkcjonowaniu zarówno wojsk jak i ludności korzystającej ze skażonego obszaru i obiektów. Warto

przy tym podkreślić, że bojowe środki trujące mogą być użyte do wywoływania różnego rodzaju skutków, począwszy od nękania wojsk i ludności aż do zadawania strat śmiertelnych. Z drugiej strony broń chemiczna nie powoduje zniszczeń i strat materialnych. Wprost przeciwnie, umożliwia zachowanie w stanie nienaruszonym kompleksów przemysłowych, instytucji kulturalnych, linii komunikacyjnych oraz wszelkich urządzeń i obiektów, które w późniejszym czasie mogą być wykorzystane przez przeciwnika.

Skutki skażeń, jak już wielokrotnie podkreślano, powinniśmy rozpatrywać przez pryzmat zagrożenia zdrowia i życia ludzi. Czynnikiem rażącym w naszym przypadku będą skażenia powierzchniowe, głównie skażenia obiektów infrastruktury. W efekcie możemy mieć do czynienia :

- z różnymi stopniami porażenia - od lekkiego do ciężkiego (śmiertelnego) – powodującymi u ludzi obniżenie zdolności do pracy i wszelkiej innej działalności;
- ze skażeniem obiektów infrastruktury transportu mogącymi powodować dodatkowe straty wśród ludzi oraz skażenie kolejnych elementów infrastruktury.

W związku z powyższym skutki skażeń możemy rozpatrywać jako:

- bezpośrednie – dotyczące zaatakowanych ludzi i obiektów;
- pośrednie – wpływające na możliwość wtórnego skażenia ludzi i obiektów.

Kontakt z obiektami skażonymi bojowymi środkami trującymi będzie powodem wywoływania różnych skutków u ludzi dopóty, dopóki nie zostanie poddany procesowi likwidacji skażeń, bądź też dopóki nie nastąpi jego samo odkażenie. Skażenie obiektów transportu trwałymi środkami trującymi będzie wywoływać porażenie ludzi stykających się z nimi dwoma drogami:

- przez drogi oddechowe parami środków trujących odparowujących ze skażonych powierzchni;
- przez przenikanie (resorpcję) przez nieosłonięte części ciała i przez odzież, na którą może się dostać środek trujący w wypadku nieuważnego obchodzenia się ze skażonym sprzętem.

W pierwszym wypadku porażenie następuje przez drogi oddechowe po wchłonięciu odpowiedniej wielkości dawki toksycznej (tzw. minutowej), uwzględniającej czas nakładania maski przeciwgazowej nie przekraczający jednej minuty (tabela).

W drugim wypadku powierzchniowe dawki toksyczne będą odpowiednio większe, bowiem zależą od ilości środka w postaci ciekłej, jaka przedostała się (została przeniesiona) na odkrytą skórę lub ubranie.

Tabela 23

Wartości dawek toksycznych wybranych BST

Rodzaj środka trującego	Dawka toksyczna		
	Inhalacyjna [mg.min.m^{-3}]		Naskórna [mg]
	$L_{Ct\,50}$	$I_{Ct\,50}$	LD_{50}
Vx	10	5	6
Soman	50	25	100
Iperyt	1500	150	4500

LD_{50}, $L_{Ct\,50}$- dawka śmiertelna; $I_{Ct\,50}$- dawka powodująca niezdolność do pracy; Indeks 50 oznacza, że porażenia obejmą połowę narażonej liczby ludzi.

Skutki kontaktu ze skażonymi obiektami będą się przejawiać w postaci skażeń ludzi obsługujących sprzęt. Ilość skażonych ludzi jest trudna do ustalenia, dlatego też przyjmiemy, że za skażonych będzie się uważało te osoby, które znalazły się w bezpośrednim kontakcie ze skażonym obiektem.

Skażenia mogą spowodować utratę zdolności bojowej w czasie zależnym od rodzaju środka trującego. I tak po skażeniu Vx i somanem ludzie będą tracić zdolność bojową w ciągu 3-4 godzin, a iperyt w ciągu 2-4 godzin od chwili skażenia. Przez leczenie jest możliwe odzyskanie zdolności do pracy przez 70-80 % porażonych po upływie 2-8 tygodni. 20-30 % ogólnej liczby porażonych mogą stanowić straty bezpowrotne. Podane wyżej wartości dotyczą ludzi niechronionych środkami indywidualnej ochrony przed skażeniami. Czy zatem można przyjąć, że wszyscy chronieni są bezpieczni? Nie jest to twierdzenie prawdziwe, trzeba bowiem przyjąć możliwość uszkodzeń lub niesprawności środków ochrony

dróg oddechowych, bądź niewłaściwego ich dopasowania oraz innych usterek technicznych. W ich wyniku porażeniom parami środka trującego, unoszącymi się z powierzchni skażonych, może ulec około 10 % ludzi kontaktujących się z nim.

Rodzaj środka trującego oraz warunki otoczenia, a przede wszystkim temperatura powierzchni skażonej i prędkość wiatru decydują o gęstości skażenia oraz o trwałości efektu skażającego, czyli o okresie w jakim tabor jest niebezpieczny dla otoczenia (była już o tym mowa w podrozdziale poprzednim).
Trwałość i gęstość skażenia nie są wielkościami stałymi. Zmieniają się w miarę upływu czasu, powoli zmniejszając początkowe wartości pod wpływem różnych czynników, a dokładniej wskutek:

- hydrolizy substancji trującej w środowisku wodnym;
- samo odkażanie, określanego prędkością odparowania środka trującego z powierzchni skażonej;
- różnych głębokości wnikania w głąb skażonego materiału (zob. podrozdział poprzedni).

Omawiane przez nas środki trujące cechuje mała zdolność hydrolizy w środowisku wodnym. Mogło by się więc wydawać, że nie powinno to wpłynąć na zmniejszenie trwałości skażenia. Okazuje się jednak, że proces ten zachodzi i ma nawet różny przebieg. Z danych doświadczalnych wynika, że hydroliza środków trujących albo wolniej albo szybciej zależnie od takich czynników, jak rodzaj skażonego materiału, a ściślej mówiąc jego struktury - porowaty lub nieporowaty, stopnia zawilgocenia jego powierzchni i temperatury otoczenia. Okazało się po przeprowadzeniu eksperymentów polowych, że np. 1/3 ilość iperytu skażającego powierzchnię sprzętu ulega hydrolizie 2/3 zaś odparowaniu. Również związki fosforoorganiczne typu „Vx", soman mimo znacznej odporności na to zjawisko także mu ulegają, tyle że w znacznie wydłużonym czasie. Wyniki doświadczeń przeprowadzonych z tymi środkami wykazały, że hydrolizie uległo 50 % ich ilości początkowej w ciągu 3 miesięcy. Wynika z tego, że niebezpieczeństwo skażeń

trwałymi środkami trującymi będzie się utrzymywać nawet w środowisku wodnym.

Spójrzmy teraz na proces samo odkażania (samolikwidacji) środka trującego, o przebiegu którego będzie decydować odparowanie. Przede wszystkim powinniśmy zwrócić uwagę na to, że nie jest on samoistny. Decydują bowiem o nim takie właściwości substancji toksycznej, jak lotność, lepkość, wielkość kropli, zdolność zwilżania powierzchni materiału itp., a przede wszystkim temperatura otoczenia i prędkość wiatru. Sprawia to, że proces odparowania substancji trujących z różnych powierzchni nie przebiega jednakowo w czasie. Z powierzchni nieporowatych środek trujący odparowuje początkowo dość gwałtownie, zmniejszając stopniowo prędkość tego procesu w miarę upływu czasu. Na powierzchniach porowatych ma on trzy stadia. Najpierw odparowuje ta część substancji, która nie została wchłonięta przez pory skażonego materiału. Następnie rozpoczyna się odparowywanie z głębi por oraz resztek znajdujących się na swobodnej powierzchni. Po tym rozpoczyna się i trwa wyłącznie odparowanie środka toksycznego z głębi skażonego materiału.

Jeszcze inny przebieg tego procesu obserwuje się na powierzchniach zdolnych do wchłaniania i rozpuszczania w sobie środków trujących np. powierzchnie pokryte powłokami malarskimi. W tym przypadku bowiem odparowuje tylko cienka warstewka środka trującego utworzona na powłokach ochronnych. Większa ilość substancji zostaje związana w warstwie farby lub lakieru. Uwzględniając mechanizm procesu odparowania modelowych środków trujących - iperyt, soman, „Vx" - oraz jego przebieg zależnie od temperatury można określić czas samo odkażania skażonych powierzchni (tabela 24).

Tabela 24

Czas samoczynnego odkażania taboru skażonego trwałym środkiem trującym

Rodzaj środka trującego	Temperatura [°C]				
	- 10	0	+ 10	+ 20	+ 30
Soman	54 h	20 h	7 h	2 h	1.5 h
Vx	48 dób	15 dób	5 dób	1.7 doby	0.6 doby
Iperyt	9 dób	3-4 doby	30 h	13 h	6 h

Można wyciągnąć stąd jednoznacznie brzmiący wniosek, sprzęt transportowy skażony bojowym trwałym środkiem trującym należy bezzwłocznie poddać zabiegom specjalnym, by uniknąć skażeń ludzi i w konsekwencji, wskutek porażenia, spowodować utratę ich zdolności bojowej. Skutki bezpośrednie spowodują odsunięcie od realizowanych zadań zarówno porażonych ludzi, jak i skażonego sprzętu. Zachowanie zdolności bojowej zależało będzie wówczas od skali poniesionych strat. W skrajnym przypadku, przy masowych porażeniach może wystąpić konieczność sięgnięcia do rezerw osobowych. Skutki pośrednie z kolei mogą być przyczyną opóźnień przemieszczających się wojsk lub też w zaopatrywaniu w środki materiałowo-techniczne i sprzęt. Wynika to z konieczności wytyczenia nowych dróg dowozu, często na dużo większych odległościach, bądź też wstrzymania transportu do czasu usunięcia skażeń szlaków komunikacyjnych. Ma to szczególne znaczenie w wypadku skażenia obiektów na szerokich i średnich przeszkodach wodnych. Na nich istnieją mosty stałe, na których z konieczności kanalizuje się wszelki ruch. Ma to wtórne znaczenie bowiem dość duże oddalenie między mostami stałymi i stosunkowo mała ich liczba na przeszkodach wodnych, stanowi o celowości ich niszczenia w warunkach wojny dla tworzenia utrudnień przewozom samochodowym i kolejowym. Wyłączenie mostów, szczególnie na szerokich przeszkodach wodnych, przez ich zniszczenie lub skażenie trwałym środkiem trującym, pociąga za sobą znaczne wydłużenie tras przewozu. Ponadto powoduje zagęszczenie pojazdów na mostach wyznaczonych jako objazdowe (zastępcze), gromadzenie się ich przed zniszczonym (skażonym) mostem lub innym obiektem inżynieryjno-drogowym, aż do czasu skierowania na drogi objazdu (bądź do czasu odkażenia danego obiektu). Przekroczenie stref skażonych będzie bowiem wiązało się z niebezpieczeństwem porażenia ludzi oraz z koniecznością dokonywania likwidacji skażeń środków transportowych poruszających się w terenie skażonym.

1.2.3. Broń biologiczna

Zastosowanie broni biologicznej w działaniach bojowych uważa się za mało prawdopodobne. Tym niemniej należy choćby wspomnieć, że co najmniej piętnaście państw naszego globu jest w posiadaniu takiej broni i co gorsza stale ja ulepsza i produkuje. Wśród państw prowadzących agresywną politykę zagraniczną i posiadających broń biologiczną wyróżnić należy Iran, Syrię, Libię i Koreę Północną.

Działania wojenne z użyciem niekonwencjonalnych środków walki wymagają specyficznych sposobów takiego ich użycia, by przyniosły jak największej korzyści militarnych, politycznych i ekonomicznych stronie stosującej taką broń. Zastosowanie czynników biologicznych w ewentualnej wojnie wiąże się nierozerwalnie z problemem obosieczności tego środka walki. Problem ten jest szczególnie ważny, dlatego że działanie broni biologicznej łatwo może obrócić się przeciwko tym, którzy ją użyli, ponieważ tworzą ją organizmy żywe, mające zdolność samodzielnej ekspansji mogące powodować epidemie na nieograniczonym obszarze, w odróżnieniu od broni jądrowej czy chemicznej. Przyjmuje się, że zastosowanie broni biologicznej, jeśli kiedykolwiek mogłaby być użyta, będzie ograniczona do ataku na wojska w rejonach działań i skupiska ludzkie w miastach i ośrodkach przemysłowych.

Broń biologiczna pozostaje jednym z najgroźniejszych środków masowego rażenia. Mimo istnienia międzynarodowych uregulowań prawnych zakazujących jej stosowania istnieje ciągle realne niebezpieczeństwo użycia tej broni zarówno do prowadzenia działań wojennych (głównie w konfliktach lokalnych) oraz do celów terrorystycznych. Według wiarygodnych informacji wiadomo, że kilkanaście państw rozwija stale technologie związane z produkcja broni biologicznej. Poza wszelka kontrolą pozostały różne grupy przestępcze, zwłaszcza terrorystyczne, dla których użycie tej taniej a niezwykle efektywnej broni może być szczególnie atrakcyjne.

Broń biologiczna to różnego rodzaju drobnoustroje chorobotwórcze (bakterie, wirusy, riketsje, grzybki) oraz środki ich przenoszenia do celu. Użycie broni biologicznej jest sprzeczne z prawem międzynarodowym. Obowiązuje konwencja z 1972 roku „O zakazie prowadzenia badań, produkcji, składowania i użycia broni biologicznej (bakteriologicznej) i toksyn oraz zniszczeniu jej zapasów. Mimo to, póki broń biologiczna istnieje, a nic nie wskazuje na jej zniknięcie, trzeba się liczyć z możliwością jej użycia zarówno w sytuacji kryzysu jak i wojny.

Środki biologiczne, mogą być użyte przez przeciwnika w postaci aerozoli. Ponadto mogą być stosowane przez rozsiewanie zakażonych owadów, kleszczy i gryzoni. Należy podkreślić, że chorobotwórcze drobnoustroje nie mają zapachu ani specyficznej barwy i są bardzo małych rozmiarów, mierzonych w mikronach lub milimikronach, co uniemożliwia ich wykrycie gołym okiem. Niektóre z nich, zwłaszcza zarodnikujące, charakteryzuje duża wytrzymałość na temperaturę, wilgoć, promienie słoneczne, środki dezynfekcyjne itp.; potrafią one zachować swoje właściwości chorobotwórcze nieraz bardzo długo (dni, tygodnie).

Broń biologiczna uzupełnia inne rodzaje broni. Może być użyta do zwalczania większych rejonów aniżeli jakakolwiek inna broń. Środkami biologicznymi można też napełniać różnego rodzaju amunicję i przyrządy. Mogą one być przenoszone do celu za pomocą lotnictwa, rakiet, balonów, artylerii itp. Ponadto przeciwnik może zastosować środki biologiczne metodami dywersyjnymi, aby zakazić punkty zaopatrywania w wodę, żywność i paszę.

Podczas wybuchu amunicji biologicznej lub rozsiania środków biologicznych z przyrządów zostaje zakażone powietrze i powstaje obłok, który z wiatrem może się rozprzestrzeniać na dużą odległość. Specjaliści uważają, że w średnich warunkach atmosferycznych, zasięg rozprzestrzeniania się obłoku biologicznego z jednego samolotu może wynosić kilkadziesiąt kilometrów. Zdolność obłoków środków biologicznych do poruszania się i względnie mała ich dawka potrzebna do spowodowania infekcji umożliwiają pokrycie rozpylanym środkiem dużych obszarów, na których położenie celów nie zostało dokładnie umiejscowione. W

ten sposób bardzo często może dochodzić do przypadkowego lub zamierzonego skażenia obiektów infrastruktury różnego typu.

Skażone odcinki terenu powstałe na drodze rozprzestrzeniania się obłoku mogą stanowić niebezpieczeństwo dla ludzi w ciągu od kilku godzin do kilku dni. Substancje zawierające drobnoustroje zarodnikujące zachowują rażące działanie w ciągu dłuższego czasu. Niska temperatura i pochmurna pogoda przedłużają okres zakażenia terenu.

Informacja o wykonaniu uderzeń środkami biologicznymi będzie docierać zwykle z opóźnieniem. Wynika to ze znacznej trudności wykrycia takiego uderzenia oraz identyfikacji środka. Tylko doświadczenie oraz szeroka sieć ogniw rozpoznania umożliwią stwierdzenie czy dana amunicja zawiera środki biologiczne.

Warto podkreślić, że objawy choroby po użyciu środków biologicznych, nie występują od razu, lecz po upływie określonego czasu. Każdej bowiem chorobie zakaźnej odpowiada określony czas inkubacji tj. czas od chwili zakażenia do wystąpienia pierwszych objawów choroby). Okres inkubacji poszczególnych chorób może wynosić od 1-2 dni (rzadko kilka godzin) do 6-7 i więcej. W tym czasie zakażeni mogą zachować zdolność do działań i do pracy.

Zarazki użyte przez przeciwnika często wywołują zarażenie otoczenia. Pierwotne ogniska zakażeń mogą się samoistnie rozszerzać przez kolejne zarażenie osób oraz zwierząt kontaktujących się z chorymi. Broń biologiczna jest w związku z tym bronią niesterowalną - nie można bowiem do końca przewidzieć granic jej rozprzestrzeniania się. Ta właściwość skłoniła większość państw do podpisania konwencji i decyduje w znacznym stopniu o małym prawdopodobieństwie użycia broni biologicznej.

Cenną właściwością broni biologicznej jest jej duża przenikalność. Obłoki skażonego powietrza przechodzą przez umocnienia, mieszkania i przedmioty. Ta zdolność umożliwia atakowanie siły żywej w umocnieniach, które są trudnym celem dla pocisków i bomb napełnionych materiałem wybuchowym oraz dla broni jądrowej małej mocy. Istotny jest również fakt, że amunicja biologiczna działa

w zasadzie na cele żywe, nie powodując zniszczeń sprzętu i obiektów. Jest to niezwykle ważne w przypadku urządzeń i środków bojowych, które w przyszłości, po wyeliminowaniu siły żywej, pozostaną w nienaruszonym stanie gotowe do dalszego wykorzystania.

Specyfika rażenia.

Czynniki biologiczne są to żywe organizmy (*bakterie, wirusy, riketsje, grzyby*) lub materiały z nich pochodzące i toksyny biologiczne, które mogą wywoływać skutki pod postacią ostrych i przewlekłych chorób, doprowadzając do epidemii zarówno u ludzi, jak i u zwierząt. Według niektórych autorów w tej grupie mieszczą się także czynniki pogarszające jakość lub wręcz uszkadzające rośliny i produkty żywnościowe. Czynniki biologiczne mogą występować w postaci kropel cieczy, aerozoli lub suchych proszków[49].

Broń biologiczna jest specyficzna w jej zdolności do powodowania dużej liczby ofiar na dużym obszarze przy minimalnych wymaganiach logistycznych i środkach przenoszenia, które mogą być trudne do wykrycia. Łatwość i niskie koszty produkcji tych środków, trudność w wykrywaniu ich obecności i problemy ochrony (oraz leczenia) potencjalnych ofiar, oraz zdolność do selektywnego atakowania ludzi, zwierząt lub roślin czyni obronę przed tą bronią szczególnie trudną.

Państwa NATO są szczególnie narażone (wrażliwe) na strategiczne, taktyczne i terrorystyczne użycie broni biologicznej. W okresie narastania pomiędzy państwami dysproporcji militarnych i ekonomicznych oraz przy poszukiwaniu przez państwa mniej zaawansowane możliwości zrównoważenia sił, może pojawić się wśród tych państw tendencja do przezwyciężania dysproporcji poprzez wybór broni masowego rażenia, która może być produkowana w sposób tani i prosty. Korzyści z zastosowania broni biologicznej wykazano już w raporcie eks-

---

[49] Franz D.R., Jahring P.B., Friedlander A.M. et al.: Clinical recognition and management o patients exposed to biological warfare agents. JAMA, 1997, 278/5, 399-411.

pertów ONZ z 1969 roku, który ocenia koszt działań przeciwko ludności cywilnej na:

- 1$/km^2 - dla broni biologicznej;
- 600$/km^2 - dla broni chemicznej;
- 800$/km^2 - dla broni jądrowej;
- 2000$/km^2 - dla broni konwencjonalnej.

W porównaniu z innymi broniami, broń biologiczna jest prosta i nie droga w produkcji. W małej skali owa produkcja wymaga niewielkich zasobów finansowych, lokalowych i aparaturowych, a samo użycie również nie wymaga specjalistycznych środków. Dodatkowo ilość drobnoustroii mogących powodować choroby jest olbrzymia. Aktualna wiedza naukowa wraz z pomocą inżynierii genetycznej umożliwia modyfikowanie drobnoustrojów z natury bezpiecznych na bardzo toksyczne.

W porównaniu z innymi broniami masowego rażenia, broń biologiczna posiada następujące właściwości:

- skutek jej użycia nie jest natychmiast zauważalny, wystąpienie symptomów może wystąpić od kilku godzin do kilku tygodni, powoduje to określone trudności w wykryciu agresora, lokalizacji miejsca zastosowania środka oraz ogranicza możliwość wcześniejszego przeciwdziałania;
- taktycznie jest to broń bardzo ekonomiczna, gdyż stosując miejscowo niewielka ilość substancji, namnaża się i przemieszcza się ona wraz z nosicielami (ludzie, zwierzęta itp.);
- może wystąpić drugorzędny skutek w postaci przenoszenia choroby na inne osobniki, a więc do epidemii;
- drobnoustroje wykorzystywane jako broń biologiczna, nie niszczą wyposażenia bądź uzbrojenia;
- elementem skażenia może być dowolny element ekosystemu (woda, powietrze, gleba itp.);
- brak możliwości ochrony w wypadku masowego użycia.

Formy użycia czynników biologicznych wynikają z postawionych celów, możliwości technicznych i innych uwarunkowań. Mogą być użyte w różnej postaci. Skażenie powietrza, jako tzw. wariant aerozolowy, jest najbardziej niebezpieczne. Wynika to z faktu, że większość czynników biologicznych łatwo może być przenoszona droga powietrzną.

Czynniki biologiczne mogą być przenoszone na człowieka przez:

- układ oddechowy;
- układ pokarmowy;
- skórę.

Zakażenie przez układ oddechowy.

Wdychanie aerozoli zawierających bojowe środki biologiczne zapewnia zarówno umiejscowienie się cząstek chorobotwórczych lub toksyn w górnych drogach oddechowych, jak też bezpośredni ich dostęp do krwiobiegu. Naturalny proces oddychania powoduje ciągły dopływ środka biologicznego do organizmu. Zasadniczym zagrożeniem jest zatrzymywanie wdychanych cząstek w płucach. Cząstki wielkości 20 mikronów mogą zakażać górne drogi oddechowe, chociaż te relatywnie duże cząstki będą zasadniczo zatrzymywane (filtrowane) w naturalnym anatomicznym i fizjologicznym procesie. Tylko znacznie mniejsze cząstki (o wymiarach 0,5-5 mikronów) dotrą skutecznie do górnych dróg oddechowych. Jeszcze mniejsze cząsteczki chociaż są wdychane to nie są skutecznie zatrzymywane w organizmie człowieka.

Systemy wytwarzania aerozoli służą do produkowania niewidocznych obłoków o cząstkach o średnicy od 0,5 do 10 mikronów, które mogą pozostawać w formie zawiesiny przez długi okres czasu. Cząstki o mniejszych rozmiarach nie są efektywne w układzie oddechowym człowieka i są stosunkowo mało stabilne w środowisku. Zakażenia przez drogi oddechowe mogą wywoływać choroby przy dawkach niższych niż te, które są wymagane dla naturalnych zakażeń drogą doustną. Przebieg choroby może się różnić od tej wywołanej naturalnie, a okres inkubacji może być krótszy.

Zakażenie przez układ pokarmowy (połknięcie).

Działanie przez przewód pokarmowy czynników biologicznych – wirusów, bakterii, pierwotniaków, czy nawet pasożytów oraz produktów toksycznych prowadzi do wywołania zespołów chorobowych.

Zapasy żywności i wody mogą zostać zakażone po ataku bronią biologiczną. Nierozważne spożywanie zakażonych produktów może wywołać chorobę.

Zakażenie przez skórę (ukąszenia owadów).

Wrotami zakażenia może być także skóra. Zmiany skórne mogą być zakażeniem pierwotnym jak i wtórnym. Nieuszkodzona skóra stanowi znakomitą obronę dla większości, ale nie dla wszystkich środków biologicznych. Jednakże, błony śluzowe i uszkodzona skóra (rany) stanowią wyłomy w tej naturalnej barierze przez które środki biologiczne wnikają z łatwością.

Skażenie wody i żywności jest łatwiejsze niż rozprzestrzenianie aerozolowe. Do tego celu można wykorzystywać drobnoustroje chorobotwórcze i wytwarzające toksyny, które w sposób naturalny szerzą się droga pokarmową.

Bezpośrednie skażenie produktów spożywczych, takich jak woda pitna, żywność lub lekarstwa będzie stosowana jako jeden ze sposobów rozsiewania czynników chorobotwórczych oraz toksyn. Ten sposób ataku będzie najbardziej dogodny dla działań sabotażowych i może być zastosowany do wybranych celów takich jak ujęcie wody lub składy żywności w jednostkach wojskowych lub bazach. Filtrowanie i odpowiednie chlorowanie znacznie zmniejsza ryzyko przenikania tych środków do wody.

Mogą być czynione próby rozsiewania typowych chorób przenoszonych przez przenosicieli poprzez wypuszczanie naturalnie (lub sztucznie) zakażonych organizmów takich jak komary, kleszcze lub muchy. Ci żywi przenosiciele mogą być namnażani w dużych ilościach i zakażani poprzez udostępnienie im jako pożywienia uprzednio zakażonych zwierząt, zakażonej krwi lub sztucznie wytworzonych źródeł środka biologicznego.

Udokumentowano, że czynniki chorobotwórcze mogą przetrwać długie okresy czasu, jak również toksyny mogą zachować aktywność przez długi czas

oraz fakt, że cząstki pyłu na których adsorbują się mikroorganizmy wpływają ochronnie na te mikroorganizmy. Potencjalne zagrożenie stanowi również opóźnione w czasie wytwarzanie wtórnych aerozoli z uprzednio skażonych powierzchni. Na mniejszą skalę, cząstki mogą przywierać do osób i ubrań tworząc dodatkowe lecz mniej znaczące zagrożenie.

Udokumentowano również możliwość przenoszenia z osoby na osobę potencjalnych środków biologicznych. Ludzie, jako nierozważni i bardzo efektywni nosiciele chorobotwórczych czynników kontaktowych mogą bez trudu stać się źródłem rozprzestrzenienia choroby (np. ospy).

W prowadzonych działaniach zbrojnych czynniki biologiczne mogą być użyte w celu trwałego lub czasowego wyeliminowania ludzi, zwierząt i roślin. W przypadku broni biologicznej czynnikiem rażenia są mikroorganizmy chorobotwórcze, takie jak wirusy, bakterie (stosowane najczęściej w formach przetrwalnikowych), riketsje czy grzyby, a także toksyny produkowane przez niektóre mikroorganizmy i trucizny roślinne. Mogą one być przenoszone przez pociski rakietowe, bomby lotnicze, pojemniki papierowe lub wykonane z kruchego materiału (szkło, tworzywa sztuczne, porcelana), a nawet jak listy i inne przesyłki pocztowe. Rozprzestrzenianiu zarazków posłużyć mogą również ich naturalni nosiciele – owady. Najbardziej prawdopodobne jest użycie pcheł, kleszczy, pluskiew, wszy odzieżowych, much, komarów a także karaluchów.

Środki biologiczne, które mogą być stosowane jako broń dzielą się na:

- **Bakterie** - Bakterie są małymi wolnożyjącymi organizmami, z których większość może być hodowana na stałej lub ciekłej pożywce. Organizmy te zbudowane są z jądra komórkowego, cytoplazmy i błony komórkowej. Rozmnażają się przez podział prosty. Choroby, które wywołują często są wrażliwe na specyficzną terapię antybiotykową.
- **Wirusy** - Wirusy są organizmami, które wymagają żywych komórek, w których się rozmnażają. Są one ściśle uzależnione od komórek gospodarza, które zakażają. Wywołują choroby, które generalnie nie reagują na antybioty-

ki, ale są zwalczane związkami antywirusowymi o ograniczonym zastosowaniu.

- **Riketsje** - Są to mikroorganizmy, które są pośrednie między bakteriami i wirusami. Tak jak bakterie, posiadają enzymy metaboliczne i błony komórkowe, wykorzystują tlen i są czułe na szerokie spektrum antybiotyków. Przypominają wirusy w tym, że rozmnażają się tylko w komórkach żywych.
- **Chlamydie** - Chlamydie to wyłącznie wewnątrzkomórkowe pasożyty niezdolne do wytworzenia swojego własnego źródła energii. Podobnie jak bakterie są wrażliwe na szeroki zakres antybiotyków. Podobnie jak wirusy, do rozmnażania wymagają żywych komórek.
- **Grzybki** - Są to prymitywne rośliny, które nie wykorzystują fotosyntezy, są zdolne do rozwoju beztlenowego i czerpania pożywienia z rozkładającej się materii organicznej. Większość grzybów wytwarza zarodniki, a formy wolnożyjące można znaleźć w glebie. Formy zarodnikowe grzybów są znaczące z punktu widzenia operacyjnego. Choroby wywoływane przez grzyby mogą być wrażliwe na różne środki grzybobójcze.
- **Toksyny** - To toksyczne substancje chemiczne wytwarzane przez i otrzymywane z roślin, zwierząt lub mikroorganizmów; niektóre toksyny mogą być otrzymane na drodze chemicznej. Toksyny mogą być zwalczane przez specyficzne przeciwciała i wybrane środki farmakologiczne.

W tym aspekcie Hurlbert z Uniwersytetu w Waszyngtonie w 1997r. określił trzy rodzaje broni biologicznej, co następnie opublikował w internecie (www. wsu. edu). Wyróżnił patogeny potencjalnie przydatne jako bron biologiczna do których zaliczył bakterie, wirusy i toksyny.

W ostatnim okresie czasu Centrum Kontroli Chorób (Center for Disease Control – CDC) dokonał podziału niebezpiecznych czynników biologicznych na trzy kategorie: A, B i C. Klasyfikacja ta ma być pomocna w stopniowej budowie systemu szybkiej diagnostyki i leczenia, począwszy od czynników stwarzających największe zagrożenie.

- **Kategoria A** – to patogeny najwyższego priorytetu charakteryzujące się łatwością rozprzestrzeniania, a tym samym wywoływania wysokiej śmiertelności, co nakłada obowiązek specjalnego zabezpieczenia. Do czynników tej kategorii należą: wąglik, dżuma, ospa, tularemia, toksyna botulinowa i gorączki krwotoczne.
- **Kategoria B** – to patogeny najwyższego priorytetu drugiego rzędu o umiarkowanie łatwym rozsiewaniu, o umiarkowanej zachorowalności i umieralności, ale wymagające wzmożonego nadzoru. Do czynników tej kategorii należą: bruceloza, toksyna *Clostridium perfringens,* nosacizna, gorączka Q, rycyna i enterotoksyna gronkowcowa.
- **Kategoria C** – to czynniki najwyższego priorytetu trzeciego rzędu, do którego należą patogeny nowo pojawiające się, które mogą być przedmiotem manipulacji w zakresie inżynierii genetycznej w celu masowego rozsiewania. Są one w zasadzie łatwo dostępne i łatwo rozprzestrzeniające się, a tym samym mogą powodować wysoką zachorowalność i śmiertelność. Do czynników tej kategorii należą: wirusy Hanta, gruźlica wielolekowooporna, wirus kleszczowego zapalenia mózgu, żółta gorączka.

Podczas wojny biologicznej istnieje możliwość użycia kilku różnych rodzajów środków biologicznych. Dwa z nich to bakterie i wirusy, które powodują zachorowania ludzi, zwierząt lub roślin. Ponadto mogą to być toksyny bakteryjne i trucizny ekstrahowane z materiału biologicznego.

Różnego rodzaju bojowe środki biologiczne, czynniki chorobotwórcze oraz toksyny są w dalszej części podzielone na grupy według stopnia zagrożenia, począwszy od najbardziej śmiercionośnych. Można zauważyć, że niektóre z nich są groźne tylko dla zwierząt, ale ze względu na ich potencjalne możliwości powodowania rozległych szkód są odpowiednie do użycia jako broń biologiczna.

Najbardziej realne jest wprowadzenie na uzbrojenie bakterii wąglika i toksyny botulinowej. Wirusy takie jak Ebola, chociaż są szczególnie śmiercionośne (do 90% śmiertelności w kilku przypadkach), są trudne do wprowadzenia na

uzbrojenie ze względu na ich delikatną strukturę. Ebola zabija swoje ofiary przez niszczenie zwłaszcza naczyń krwionośnych. I chociaż teoretycy wojny biologicznej postrzegają wirusa Ebola jako trudnego do wprowadzenia na uzbrojenie, to w b. Związku Radzieckim, podjęto próby, zakończone sukcesem, zastosowania jako bojowego środka biologicznego wirusa Marburg, toksonomicznie względnie zbliżonego do wirusa Ebola.

Najczęściej stosowane toksyny biologiczne porażają zwykle system nerwowy, blokując najpierw przewodnictwo tkanki nerwowej, w wyniku czego następuje paraliż mięśni odpowiedzialnych za oddychanie. Przykładem takich toksyn jest m. in. Saksitoksna, która występuje w pewnych organizmach morskich. Oddziałuje ona bezpośrednio na układ nerwowy i może szybko zabijać. Natomiast inna toksyna botulinowa, musi wniknąć w zakończenia nerwów, a dopiero potem je blokuje, tj. po 24 do 72 godzinach, kiedy to pojawiają się już poważne objawy.

Jeszcze inna śmiertelna toksyna, rycyna, pozbawia komórki zdolności wytwarzania białka, ale znowu potrzeba nie mniej niż 72 godziny, zanim nastąpi śmieć ofiary.

Ilość bojowych środków biologicznych niezbędna do wywołania choroby wewnątrz organizmu gospodarza i wyrządzenia znacznych szkód waha się w szerokich granicach. Bakterie które wywołują tularemię, mogą zarażać ludzi, gdy wdychają oni nawet mniej niż 50 komórek bakteryjnych, w zależności od obciążenia pracą w chwili ataku 30-60% tych którzy zostali zarażeni i nie byli leczeni, umrze w ciągu 30 dni. Ludzie mogą być zarażeni nawet przez pojedynczą bakterię *Caxiella burnetti* (powodującą gorączkę Q). Objawy gorączki Q, powodującej przejściową niesprawność, są względnie łagodne w porównaniu z objawami wywołanymi przez inne bojowe środki biologiczne. U ludzi zagrożonych gorączką Q podwyższa się temperatura, występują dreszcze, kaszel, ból głowy, słabość i ból w klatce piersiowej przez okres nie krótszy niż jeden tydzień. Choroba trwa około dwóch tygodni i rzadko doprowadza u chorych do stanu krytycznego lub śmierci. Podobne objawy jak gorączka Q wywołuje podana wziewnie lub droga pokarmową toksyna z rycyny, powodująca nudności i ból w klatce piersiowej,

które pojawiają się w ciągu pierwszego dnia, a śmierć następuje w ciągu tygodnia.

Jak już wspomniano podstawowym przeznaczeniem broni biologicznej jest rażenie siły żywej na dużych obszarach. Celem ubocznym będzie jednak czasowe wyłączenie z działań skażonego obszaru oraz osłabienie i sparaliżowanie woli walki przeciwnika. Współczesne poglądy na stosowanie broni biologicznej zakładają jej użycie na dwóch szczeblach: taktycznym i strategicznym.

1. Na szczeblu taktycznym stosuje się ją przeciwko:
   - odwodom i jednostkom wsparcia;
   - zespołom urządzeń tyłowych o istotnym znaczeniu;
   - liniom komunikacyjnym;
   - ośrodkom transportowym;
   - rejonom szkolenia wojsk;
   - ufortyfikowanym obiektom w okrążeniu;
   - oddziałom partyzanckim;
   - przyczółkom desantów powietrznych i morskich.

2. Na szczeblu strategicznym stosuje się ją przeciwko:
   - aglomeracjom miejskim;
   - okręgom przemysłowym;
   - rejonom ześrodkowania wojsk oraz dużym ośrodkom szkoleniowym;
   - obronie przeciwlotniczej;
   - kluczowym portom;
   - dużym węzłom kolejowym, stacjom rozrządowym i przeładunkowym;
   - dużym ośrodkom badawczo - rozwojowym;
   - polom naftowym;
   - wyrzutniom pocisków rakietowych.

Już z pobieżnej analizy przedstawionych danych wynika, że zasadniczymi celami stosowania broni biologicznej będą żołnierze, osoby cywilne lub jedni i drudzy. Ten właśnie fakt powoduje, że wśród wymienionych celów dominują takie, które charakteryzują się dużym zagęszczeniem ludności cywilnej lub wojska. Należy przy tym pamiętać, że znaczny procent zagrożonych obiektów to albo same elementy transportu albo duże obiekty zawierające w sobie elementy infrastruktury transportowej np. okręgi przemysłowe, aglomeracje miejskie itp.

Do dokładnej analizy zagrożenia bronią biologiczną niezbędne jest jednak wyłonienie pewnych kryteriów doboru celów. Zgodnie z tym charakterystyka celów, która wpływa na użycie środków biologicznych obejmuje: skład celu, jego położenie, wielkość i kształt, stałość celu, stopień ochrony siły żywej i gęstość zaludnienia.

Skład celu. Celem napadu biologicznego będą zawsze żołnierze lub osoby cywilne. Zgodnie z tym od składu celu zależał będzie wybór środka bojowego. Przy zwalczaniu jednych celów mogą być pożądane skutki nie wywołujące wypadków śmiertelnych, natomiast przy zwalczaniu innych konieczne może być uzyskanie skutków śmiertelnych. Przeciwko ludności cywilnej można przeprowadzić atak środkami wywołującymi utratę zdolności do działania, o działaniu opóźnionym, natomiast na wojska stanowiące bezpośrednie zagrożenie być może trzeba będzie wykonać szybkie uderzenie środkami wywołującymi śmierć lub utratę zdolności bojowej. Z analizy składu celu wynika, że prawie wszystkie obiekty transportu mogą, w pewnych okolicznościach stać się obiektem ataku biologicznego. Warunkiem jest jednak zgromadzenie w ich pobliżu odpowiednio dużej liczby ludności cywilnej lub żołnierzy.

Położenie. To kolejny istotny wskaźnik wpływający na istotę zagrożenia. Od położenia celu będzie bowiem zależał wybór rodzaju broni z punktu widzenia zasięgu, dokładności i bezpieczeństwa wojsk przeciwnika oraz ludności cywilnej. Jeżeli wojska przeciwnika znajdują się rejonu celu, to zabezpieczenie jakie im zapewniono /włącznie z pomocą lekarską/, może pozwolić na wybór takiego

sprzętu i środka, których dokładność rażenia nie dopuści do naruszenia wymaganego poziomu bezpieczeństwa. Szczególnie ważnym zagadnieniem jest przy tym prawidłowe określenie warunków terenowych i atmosferycznych, które mają ogromny wpływ na zachowanie się bojowych środków biologicznych w terenie. Dodatkowo głębokość celu będzie wymagała zastanowienia się nad szybkością rozkładu środka bojowego i tym samym możliwością dalszego wykorzystania zaatakowanego obszaru. Przedstawione argumenty nakazują sądzić, iż zagrożenie wynikające z położenia ewentualnych celów wynikać będzie każdorazowo z aktualnej sytuacji taktyczno – operacyjnej. Z tego względu nie można wcześniej wytypować te obiekty, które staną się później potencjalnymi celami ataku biologicznego.

Wielkość i kształt rejonu celów. Wielkość i kształt rejonu celów będzie mieć wpływ na wybór sprzętu do wykonania uderzenia biologicznego. Od wielkości celu zależeć też będzie ilość środka bojowego niezbędnego do porażenia celu. Posiadanie pewnych informacji o przeciwniku może więc posłużyć do określenia jego możliwości w zakresie wykonania uderzeń bronią biologiczną na poszczególne obiekty. Wynika z tego, że przeciwnik w zależności od potencjału bojowego jakim dysponuje może wykonywać uderzenia biologiczne w całym obszarze działań i to z pełną skutecznością lub w sposób ograniczony w podstawowym zakresie /na minimalny zasięg i na niewielkie obiekty/.

Stałość celu. Analizując kryteria doboru obiektów do uderzeń bronią biologiczną nie sposób pominąć stałości celu. Do celów niestałych zaliczamy przede wszystkim zgrupowania wojsk lub pododdziały i oddziały działające samodzielnie na dużym obszarze. Charakteryzują się one dość znaczną ruchliwością i ciągłymi zmianami położenia. Druga kategoria celów to cele stałe. Są to wszelkie wojska i obiekty zajmujące względnie stałą pozycję przez dłuższy okres czasu. Przedstawiony podział implikuje sposób wykonania uderzeń, gdyż obiekty niestałe należy razić w sposób szybki bez żmudnych kalkulacji, natomiast cele stacjonarne skłaniają do bardziej wnikliwego i dłuższego planowania. Mimo to użycie środków biologicznych, zdolnych do pokrycia znacznych obszarów terenu, umożliwia

przeciwnikowi wykonywanie uderzeń zarówno na cele obu rodzajów, zapewniając duże prawdopodobieństwo porażenia.

Obiekty wraz z całą infrastrukturą należą zarówno do jednej jak i do drugiej grupy celów. Wyróżnia się zatem cele ruchome takie jak pociągi, transporty lotnicze, konwoje drogowe i morskie oraz cele stałe obejmujące całą infrastrukturę. W zależności od znaczenia danego obiektu, każdy z nich może w pewnych warunkach stać się celem ataku biologicznego. Pozwoli to w ten sposób wyeliminować pewien potencjał ludzki lub przynajmniej uniemożliwić wykorzystanie niektórych obiektów na pewien okres czasu.

Stopień ochrony siły żywej. Wrażliwość ludzi na środki biologiczne będzie miała znaczny wpływ na wybór środka napadu. Stopień ochrony zmienia się wraz ze stanem zdrowia celów żywych i istniejącym zabezpieczeniem. Ludność cywilna i żołnierze nie korzystający z opieki lekarskiej są bardziej wrażliwi na atak biologiczny niż ci, którzy z takiej opieki korzystają. Wielkie znaczenie ma przy tym przygotowanie siły żywej do prowadzenia działań w warunkach użycia broni biologicznej. Posiadanie urządzeń detekcyjnych oraz środków ochronnych pozwala na znaczne ograniczenie zagrożenia. Dodatkowo, czynnikiem wspomagającym ochronę będzie doświadczenie w zakresie prowadzenia działań w warunkach skażeń biologicznych.

Biorąc pod uwagę powyższe kryteria można stwierdzić, że zagrożenie obiektów i środków transportowych będzie różnorodne. Zależeć będzie jedynie od stopnia przygotowania, odporności i doświadczenia ludzi oraz od poziomu wyposażenia obiektów i sprzętu w odpowiednie środki ochronne i detekcyjne. Poniższa tabela 25 przedstawia przykład określania wrażliwości na broń biologiczną.

Gęstość zaludnienia. Jest to czynnik o istotnym znaczeniu, który w pewnych sytuacjach może decydować o sposobie doboru celu dla uderzenia biologicznego. Jest rzeczą oczywistą, że mimo iż broń biologiczna może razić na dużych obszarach to nie jest jednak w stanie pokryć całej powierzchni rejonu działań. Z tego powodu rozważania nad jej użyciem sprowadzać się będą do wybrania rejonów i

obiektów, które zapewnią największe straty w sile żywej przeciwnika lub spowodują choćby czasowe ich wyłączenie z normalnej eksploatacji. W tym kontekście

Tabela 25

Szablon do określania wrażliwości ludzi na środki biologiczne

Stopień uodpornienia /przeciwko przewidywanym środkom/	**Stopień użycia indywidualnych środków ochrony przed skażeniami**	**Stan higieny**	**Mobilność ludzi**
KOMPLETNY (≥90%)- **2**	WYSOKI – **2**	DOBRY – **2**	RUCHLIWI - **2**
NIEKOMPLETNY (<90%)- **4**	ŚREDNI – **4**	ŚREDNI – **3**	MAŁO RUCHLIWI - **2**
ŻADEN – **6**	NISKI - **6**	SŁABY – **4**	STATYCZNI – **3**

SUMA PUNKTÓW	**STOPIEŃ WRAŻLIWOŚCI NA ŚRODKI BIOLOGICZNE**
6 – 10	**NISKI**
11 – 14	**ŚREDNI**
15 – 18	**WYSOKI**

Uwaga: Tabela ma charakter ogólny i nie obejmuje wszystkich czynników np. motywacji.
Źródło: Nuclear, biological and chemical (NBC) vulnerability analysis, Washington 1998

nasuwa się wniosek, że niektóre obiekty (np. transportu) mają charakter dużych skupisk ludności lub wojska /rejony operacyjnego przeznaczenia, porty morskie i lotnicze, węzły kolejowe i drogowe, bazy przeładunkowe/, inne zaś mogą stanowić ważne cele, których wyłączenie z eksploatacji może być dla przeciwnika bardzo pożądane np. mosty na głównych rzekach, niektóre trasy komunikacji kolejowej lub drogowej, wiadukty itp.

Po szczegółowej analizie obiektów infrastruktury transportu można przyjąć, że zagrożenie bronią biologiczną zależeć będzie głównie od znaczenia obiektów oraz charakteru ich wykorzystania. Będą to obiekty /podobnie jak w przypadku broni chemicznej/ zagrożone ze względu na ich znaczną wartość militarną,

polityczną lub gospodarczą, zagrożone ze względu na ich masowe wykorzystywanie przez wojska lub ludność cywilną oraz obiekty, których zagrożenie jest znikome. Przedstawia to tabela 26.

Tabela 26

Zagrożenie transportu bronią biologiczną

Rodzaj transportu	Obiekty zagrożone ze względu na ich znaczną wartość militarną, polityczną lub gospodarczą	Obiekty zagrożone ze względu na ich masowe wykorzystywanie przez wojska lub ludność cywilną	Obiekty niezagrożone lub o zagrożeniu znikomym
transport drogowy	mosty wiadukty	drogi węzły drogowe dworce autobusowe bazy transportowe	stacje paliwowe zajezdnie środki transportowe tunele warsztaty remontowe myjnie rampy załadunkowe
transport kolejowy	główne węzły kolejowe mosty wiadukty	stacje kolejowe stacje metra linie kolejowe rampy załadunkowe	tunele warsztaty remontowe środki transportowe sieć trakcyjna bocznice rozjazdy
transport lotniczy	porty lotnicze lotniska	terminale lotnicze	środki transportu lądowiska korytarze powietrzne
transport morski i śródlądowy	porty morskie stocznie	statki w portach porty lokalne i rzeczne szlaki wodne	śluzy doki pozostałe środki transportu

Źródło: Opracowanie autora

W konkluzji należy stwierdzić, że dokładne określenie zagrożenia transportu na etapie przewidywania nie jest możliwe. Potwierdzeniem tego może być przykład bomby biologicznej o wadze 200 kg. Jej skutki to: teoretyczny obszar rażenia około 88 tyś. km^2, obszar rażenia skutecznego około 3000 km^2, śmiertelność i zachorowalność na atakowanym obszarze 25– 75% populacji, czas utrzymywania się skażenia 2-18 godzin, czas, po którym następuje obezwładnienie – kilka minut lub kilka dni.

Jeżeli porównamy obszar skutecznego rażenia z powierzchnią jednostki administracyjnej kraju to okaże się, że na tym obszarze żyje 100 000 ludzi, z których zakażeniu może ulec 25 – 75% populacji. W rzeczywistości liczbowe skutki

zakażenia byłyby mniejsze, a spowodowane zmniejszaniem się koncentracji aerozolu, stosowaniem leków i szczepionek, odpornością organizmu itp. Mimo wszystko skala skażeń jest wystarczająco duża, aby w jej zasięgu znalazło się wiele z obiektów infrastruktury transportowej oraz znaczna liczba ludności ją obsługującej lub z niej korzystającej.

Zagrożenie bojowymi środkami biologicznymi, które skaziły powierzchnie rejonu, będzie się objawiać chorobami, charakteryzującymi się na ogół ostrym przebiegiem i wysoką śmiertelnością. W wypadku, kiedy jest brak odpowiedniego leczenie. Znaczna odporność zarazków na naturalne procesy dezynfekcyjne i możliwość zastosowania ich w postaci aerozolu, skraca okres inkubacji i zaostrza przebieg choroby. Najbardziej prawdopodobne, a zarazem niebezpieczne zastosowanie zarazków wąglika, brucelozy, tularemii, dżumy i cholery oraz toksyn bakteryjnych, może spowodować straty sanitarne ludzi określone na 20-30 % populacji dla zarodków żywych i na 70-80 % dla toksyn bakteryjnych.

Na ogół przyjmuje się, że straty spowodowane zarażeniem się ludzi przez kontakt ze skażonym sprzętem będą o wiele mniejsze od tych, które spowoduje bojowy środek biologiczny w chwili ataku na określony cel.

Trudno jest przyjąć jakiś jednoznaczny wskaźnik określający poziom zagrożenia BSB, tym bardziej, że nie byłby on adekwatny do skutków np. na obszarach użycia tych środków na obrzeżach stref wybuchów jądrowych, gdzie skuteczność zagrożenia będzie większa. Można jednakże dokonać porównania BSB z innymi środkami chemicznymi, by wskazać na zdolność wywoływania porażeń.

Obiekt ruchomy skażony BSB będzie zawsze sobą przedstawiał niebezpieczeństwo dla ludzi, a ponadto niezdezynfekowany może stać się w dalszym użytkowaniu źródłem rozwlekania chorób w różne części kraju.

Zastanówmy się, czy możemy wyróżnić jakiś miernik określający bezpieczny poziom zakażenia, jak np. dopuszczalne dawki toksyczne czy też dawki promieniowania?

Tabela 27

Porównanie ilości TSP i BSB potrzebne do wywoływania efektu porażenia na powierzchni 1 km^2

Rodzaj środka	Ilość na 1 km^2 [gram]
Cyjanowodór	ok. 1 236 000
Iperyt	ok. 1 236 000
Sarin	ok. 309 000
Toksyna botuliny	ok. 31
Laseczka wąglika	ok. 3
Bakteria tularemii	ok. 0.0015

Na podstawie: The Journal Of Practical Civil Defence. 1987 r.

Chcąc określić potrzeby przeprowadzenia dezynfekcji sprzętu przy pomocy jakiegoś miernika, określającego poziomu zakażenia jego powierzchni, napotykamy na trudności. Jeśli chcielibyśmy określić stężenie aerozoli biologicznych w przyziemnej warstwie powietrza, możemy przyjąć w ogromnym przybliżeniu, że osiągnie ono liczbę miliardów mikroorganizmów w metrze sześciennym. W szacunkowym przeliczeniu na jednostkę powierzchni daje to wartość około 10 x 10^9 mikroorganizmów/m^2. Nie pozwala to jednak na ustalenie granicznej dopuszczalnej wartości poziomu zakażenia mikroorganizmami jednostki powierzchni. Na nic się zdają również analogie z bojowymi środkami trującymi czy promieniotwórczymi, takie bowiem nie są dopuszczalne. O ile bowiem dla pyłu promieniotwórczego czy środków trujących można przyjąć normy wyliczone, o tyle przy BSB jest to niemożliwe. Wynika to z odmiennych właściwości, a przede wszystkim z tego, że w przypadku bojowych środków biologicznych mamy do czynienia z organizmami żywymi. Nie można więc ich włączyć w ramy kryteriów fizycznych.

Zagrożenie biologiczne obiektów i jego składowych elementów będzie zawsze wielką groźbą dla otoczenia, bez względu na rodzaj zarazka jakim będą one skażone. Bezpośrednie przenikanie BSB ze skażonej powierzchni do organi-

zmu będzie wprawdzie utrudnione (odzież, ubranie itp.), lecz jest możliwe zakażenie drogą inhalacji przez aerozol wtórny, podnoszony z tej powierzchni wskutek ruchu powietrza, spowodowanego przez ruch sprzętu, podmuchy wiatru itp. Skutkiem tego mogą być choroby, Niektóre z nich i ich oddziaływanie na ludzi pokazano w tabeli 27.

Prócz wywoływania chorób bojowe środki biologiczne wykazują inne zdawałoby się nie przystające do nich właściwości. Otóż mogą one oddziaływać niszcząco na różne materiały. Dlatego też wydaje się prawdopodobnym, użycie BSB takich, które w określonych warunkach, powodują na przykład rozkład materiałów izolacyjnych, przyśpieszenie korozji metalowych elementów, utlenianie miejsc styku kontaktów systemów elektronicznych itp. Może to doprowadzić do przedwczesnego zużycia się elementów różnych urządzeń elektronicznych, w które są wyposażone jednostki wojskowe i infrastruktury.

Tabela 28

Charakterystyka niektórych skutków wybranych chorób spowodowanych BSB

Rodzaj choroby	Czas utraty zdolności do pracy [doby]	Śmiertelność bez leczenia [%]
Dżuma	42 - 56	100
Tularemia	21 - 60	5-8 do 30
Nosacizna	21 - 28	90 – 100
Cholera	5 - 30	10 – 80
Botulizm	30 - 60	60 – 70

Na podstawie: Zaszczita ot oružija wyd. cyt..

Jak z tego wynika, bojowe środki biologiczne mogą być poważnym zagrożeniem dla ludzi poprzez zakażenia ich chorobami przenoszonymi na powierzchniach skażonego obiektu, jak i dla samego obiektu przez niszczenie jego newralgicznych elementów wyposażenia.

1.3. Wpływ na wojska

1.3.1. Ogólna charakterystyka czynników rażenia bronią jądrową

Broń masowego rażenia – jądrowa, chemiczna i biologiczna wywiera destruktywny wpływ na wojska, a konkretnie na żołnierzy, przez skutki wywołane rażącymi czynnikami mającymi właściwości rażące, trujące i zakażające. Rozpatrzmy to charakteryzując ogólnie poszczególne jej rodzaje.

Rażące działanie broni jądrowej oparte jest na wykorzystaniu energii rozszczepienia (broń atomowa) jąder uranu i plutonu lub syntezy izotopów wodoru (broń wodorowa). Energia ta przekształca się w czynniki rażenia wybuchu jądrowego: falę uderzeniowa, promieniowanie cieplne, promieniowanie przenikliwe i skażenie promieniotwórcze.

Każdy z nich wywiera niszczące działanie zależnie od mocy i rodzaju wybuchu oraz warunków rozmieszczenia atakowanych obiektów. Ukazując ten wpływ na wojska ograniczymy się w zakresie mocy wybuchu do przyjęcia wielkości 1,5,10 i 20 kt, jako że jest to przedział taktycznej broni jądrowej.

Fala uderzeniowa powstająca podczas wybuchu działająca przez dłuższy czas, skupiająca do 60% energii, to inaczej strefa silnie sprężonego powietrza rozprzestrzeniająca się we wszystkich kierunkach. Może razić ludzi, niszczyć urządzenia, środki walki i sprzęt bojowy w dużej odległości od środka wybuchu. Jej ofiara padają przede wszystkim żołnierze rażeni nadciśnieniem na jej czole i prędkością ruchu powietrza. Wielkość nadciśnienia stanowi kryterium stopnia porażenia ludzi i niszczenia obiektów wojsk. Wyróżnia się stopień porażenia: lekki, średni, ciężki i bardzo ciężki.

Promieniowanie cieplne to promieniowanie elektromagnetyczne, zawierające widmo promieniowania nadfioletowego, widzialnego i podczerwonego. U żołnierzy powoduje oparzenia skóry, czasowe porażenie wzroku, a nawet ślepotę.

Promieniowanie przenikliwe stanowi promieniowanie gamma i neutronowe. Przenikając przez tkankę organizmu powodują, wskutek naruszenia funkcji

organów, chorobę popromienną. Zależnie od wielkości dawki promieniowania ujawniają się różne skutki biologiczne. W najcięższych wypadkach kończą się śmiercią człowieka (żołnierza).

Tabela 29

Stopień porażenia ludzi (żołnierzy) falą uderzeniową

Wartość nadciśnienia	Stopień porażenia	Skutki
0.2-0.4 KG/cm^2	lekki	krótkotrwałe uszkodzenia słuchu, ogólne lekkie kontuzje
0.5 KG/cm^2	średni	kontuzje całego organizmu, urazy mechaniczne
> 0.5 KG/cm^2	ciężki	ciężkie kontuzje całego ciała, uszkodzenia mózgu i jamy brzusznej
> 1 KG/cm^2	bardzo ciężki	uszkodzenia organów wewnętrznych i kontuzje kończące się śmiercią

Promieniotwórcze skażenie terenu zależy od mocy i rodzaju wybuchu, warunków atmosferycznych i czasu jaki upłynął od chwili wybuchu jądrowego. Z utworzonego obłoku promieniotwórczego wypadają cząstki pyłu tworząc na powierzchni ziemi strefę skażenia. Może ona osiągać wielkość kilkuset km długości i kilkadziesiąt km szerokości. Substancje promieniotwórcze emanują promieniowanie przenikliwe o wysokiej aktywności wywierające destrukcyjne działanie na ludzi, którzy znajdują się w obszarze ich oddziaływania.

Promieniotwórcze skażenie terenu zależy od mocy i rodzaju wybuchu, warunków atmosferycznych i czasu jaki upłynął od chwili wybuchu jądrowego. Z utworzonego obłoku promieniotwórczego wypadają cząstki pyłu tworząc na powierzchni ziemi strefę skażenia. Może ona osiągać wielkość kilkuset km długości i kilkadziesiąt km szerokości. Substancje promieniotwórcze emanują promieniowanie przenikliwe o wysokiej aktywności wywierające destrukcyjne działanie na ludzi, którzy znajdują się w obszarze ich oddziaływania.

Tabela 30

Przewidywane skutki biologiczne po napromieniowaniu ciała człowieka

Dawka R	Skutek	Zdolność do działania	Śmiertelność
25	bez objawów	tak	-
50	zmiany we krwi	tak	-
100-200	lekka choroba popromienna	większość tak	< 5%
200-300	średnia choroba popromienna	nie	do 25%
300-500	ciężka choroba popromienna	nie	do 50%
500-700	śmierć w kilkanaście dni	nie	do 70%

Źródło: Ochrona przed promieniowaniem jonizującym. CLOR, Warszawa 1969

Charakterystyczna cechą jest to, ze wymienione czynniki oddziałują na żołnierzy (wojska) wspólnie wywołując utratę zdolności bojowej przez tzw. porażenia kombinowane (uszkodzenia ciała, poparzenia, oślepienie i choroba popromienna).

Tabela 31

Wielkość promieni (w km) utraty zdolności bojowej przez żołnierzy wskutek porażeń kombinowanych po 1 dobie od wybuchu

Miejsce rozmieszczenia żołnierzy	Rodzaj wybuchu	Moc wybuchu w kt			
		1	5	10	20
Miejsce rozmieszczenia żołnierzy	N P	0.86 0.86	1.15 1.45	1.33 1.9	1.7 2.5
Transportery zakryte	N P	0.86 0.86	1.15 1.15	1.3 1.3	1.45 1.45
Czołgi	N P	0.7 0.76	0.89 0.93	0.98 1	1.1 1.15
Urządzenia obronne	N P	0.7 0.68	0.95 1.05	1.05 1.3	1.25 1.6

Opracowanie własne

1.3.2. Ogólna charakterystyka czynników broni chemicznej

Czynnikiem rażącym broni chemicznej są bojowe środki trujące. Ze względu na czas utrzymywania się ich w terenie dzielą się na trwałe i nietrwałe. Mogą utrzymywać się w otoczeniu przez okres rzędu godzin (warunki lotne) do miesięcy (warunki zimowe) zachowując rażące właściwości wobec ludzi - żołnierzy. Zatrucie nimi następuje różnymi drogami przez skórę, przez drogi oddechowe i w sposób kombinowany, także przez spożywanie skażonych produktów lub picie skażonej wody. Wywołuje ono utratę zdolności bojowej żołnierzy w rażącym czasie od kontaktu bśt zależnym od rodzaju substancji chemicznej i jej toksyczności.

Tabela 32

Czas utraty zdolności bojowej żołnierza zależnie od rodzaju bśt i czasu trwałości w terenie

Rodzaj bśt	Trwałość		Czas utraty zdolności bojowej od momentu skażenia
	Lato	Zima	
Paralityczno-drgawkowe Vx krople, aerozol	kilka dni	kilka tygodni (miesięcy)	od kilku minut do kilku godzin
Sarin i podobne pary, aerozol	kilka godzin	kilka dni	kilka minut
Parzące Iperyt (krople, aerozol, pary)	kilka dni	kilka tygodni	4 i więcej godzin
Ogólnotrujące Kwas pruski (pary)	kilka minut	kilka minut	kilka minut
Duszące Fosgen (pary)	kilka minut	kilka minut	4 i więcej godzin
Psychochemiczne LSD-Zr	kilka minut	kilka minut	około 8 godzin

Opracowanie własne

1.3.3. Prawdopodobne warunki powstawania skażeń promieniotwórczych, chemicznych i biologicznych

Wojska ulegną w warunkach wojny z użyciem broni masowego rażenia, skażeniu pyłem promieniotwórczym, środkami trującymi i zakażeniu bojowymi środkami biologicznymi. O rozmiarach zjawiska skażenia i o istocie skażeń zadecydują czynniki obiektywne - niektóre z nich mają charakter losowy oraz uwarunkowania wynikające ze sposobu działań wojsk. Czynniki te można podzielić na odpowiednie grupy tj.:

- właściwości substancji skażających, a przede wszystkim postać fizyczna (stan skupienia) i stopień dyspersji aerozolu;

- moc i rodzaj wybuchu jądrowego (naziemny, podziemny) lub sposób użycia broni chemicznej i biologicznej;

- warunki fizyczno-geograficzne: rzeźba i pokrycie terenu, warunki atmosferyczne w górnych i przyziemnych warstwach powietrza;

- warunki działania wojsk: charakter i przebieg operacji w stosunku do układu stref skażeń: czas pobytu w strefach skażeń; szybkość ruchu wojsk;

- warunki techniczne: typ poszczególnych obiektów składu wojsk.

Powyższe czynniki, jako wzajemnie się uzupełniające i wzajem wpływające na zjawiska skażenia otoczenia i skażenia ludzi oraz sprzętu bojowego, należy odnieść do poszczególnych rodzajów skażeń.

Skażenie promieniotwórcze będzie wynikiem albo wybuchu jądrowego, albo użycia bojowych środków promieniotwórczych przez potencjalnego przeciwnika. Po naziemnym wybuchu jądrowym powstaje olbrzymia ilość produktów promieniotwórczych: fragmenty rozszczepienia (zwane inaczej produktami rozszczepienia), nierozszczepiona część ładunku jądrowego oraz pył uniesiony z ziemi i wciągnięty przez prądy wstępujące powietrza do wnętrza obłoku powybuchowego. Produkty promieniotwórcze wskutek działania siły ciężkości opadają na powierzchnię ziemi w rejonie wybuchu i wzdłuż drogi przesuwania się niesionego wiatrem obłoku promieniotwórczego, tworząc charakterystyczną strefę ska-

żenia promieniotwórczego w terenie. Prędkość osadzania się, a więc i czas po jakim cząstka radioaktywna osiąga powierzchnię ziemi, zależy od jej wielkości.

Tabela 33

Czas wypadania pyłu promieniotwórczego w zależności od średnicy cząstek

Średnica cząstki w mikrometrach	200	100	75	50	40
Czas w godzinach	1,75	4,0	6,2	12,2	17

Pod wpływem zjawisk zachodzących w atmosferze możemy mieć do czynienia z opadem promieniotwórczym suchym, tzw. „suche osadzania", którego prędkość osadzania jest proporcjonalna do ilości pyłu w powietrzu oraz zależna od postaci fizycznej pierwiastka promieniotwórczego, wielkości cząstki pyłu, warunków turbulencji powietrza. Skażenie powierzchni ziemi przez taki osad jest w miarę równomiernie rozmieszczone w konturach strefy skażenia (elipsa) i maleje wraz ze wzrostem odległości od punktu zerowego wybuchu jądrowego. Inaczej ma się sprawa z pyłem wyniesionym do atmosfery, który stanowi zarodzie, wokół których gromadzą się chmury. Deszcz wypłukuje powietrze z zawieszonych w nim aerozoli promieniotwórczych, które opadają w postaci deszczu promieniotwórczego tzw. „osad mokry", wzmagając skażenie powierzchni ziemi. Przy intensywnych deszczach znaczna ilość skażonej wody spływa ciekami wodnymi, część wsiąka lub odparowuje z bezodpływowych zagłębień terenu, powodując w nich przyrost skażenia.

Wojska poruszając się przez strefy skażeń, będą narażone na skażenie zewnętrzne pochodzące od jednej lub kilku stref. Stopień skażenia będzie zależny od kierunku przemieszczania się w stosunku do położenia strefy, szybkości ruchu przez strefę skażeń, a nawet od czasu postoju. Może mieć bowiem miejsce sytuacja, kiedy oddział czy pododdział zatrzymany w terenie obejmie opad promieniotwórczy od jednego lub od kolejnych wybuchów.

Tabela 34

Zasięg stref skażenia promieniotwórczego w zależności od mocy naziemnego wybuchu jądrowego i prędkości wiatru

Moc wybuchu kt (Mt)	Prędkość wiatru km/godz.	Zasięg stref skażenia w km			
		A	B	C	D
10 kt	25	43	17	9.9	4.9
	50	54	19	9.7	4.3
	75	61	18	9.2	4
	100	65	17	8.4	3.7
20 kt	25	58	24	14	6.6
	50	74	27	14	6.5
	75	83	26	14	5.8
	100	90	26	13	5.7

Źródło: Metodyka oceny sytuacji promieniotwórczych w terenie. MON, Warszawa 1975 r.

Warunki techniczne wpływające na wielkość skażenia określane będą przede wszystkim typem sprzętu bojowego: czołgi, transportery, samochody, itp., narzucającym kształt, ułatwiający lub utrudniający osadzenie się i utrzymywanie pyłu promieniotwórczego na ich powierzchniach. Powierzchnie obłe nie sprzyjają utrzymaniu się na nich skażeń, zaś płaskie, a jeszcze dodatkowo osłaniane burtami, będą sprzyjać utrzymaniu się na nich skażeń. W wypadku skażeń bojowymi środkami promieniotwórczymi, skażenia będą mieć charakter ognisk. Pył promieniotwórczy będzie rozmieszczony w miarę równomiernie na skażonej powierzchni. Sprzęt wojskowy ulegnie skażeniu w zasadzie tylko wtedy, gdy znajdzie się pod opadem, rzadko wtedy, kiedy będzie się przemieszczał przez ognisko skażenia.

Skażenia chemiczne wojsk zależą przede wszystkim od metody użycia środków trujących. W wojnie chemicznej stosuje się dwa zasadnicze sposoby:

1) skażenie atmosferyczne (wytworzenie obłoku chemicznego);

2) skażenie terenu, obiektów, sprzętu itp. - wytworzenie plamy chemicznej.

Skażenie atmosfery jest przede wszystkim istotne dla porażenia ludzi środkami trującymi. By skazić sprzęt wojskowy i tym samym ograniczyć na pewien czas

możliwość jego wykorzystania, trzeba zastosować środki toksyczne w postaci aerozolu (kropel), które zroszą jego powierzchnię z określoną gęstością, a odparowując, staną się dodatkowym (wtórnym) czynnikiem porażenia ludzi. Do tego nadają się trwałe środki trujące, takie jak: Vx, Iperyt, Soman oraz środek pochodzenia białkowego - toksyna botuliny - XR.

Przy dużej trwałości substancji trującej, może ona nie zatracać swych właściwości przez okres nawet kilku tygodni, będąc źródłem skażeń atmosfery, przesuwających się w różnych kierunkach, zależnie od kierunku i siły wiatru. I tak Vx może być użyty przy pomocy lotnictwa, stosującego lotnicze przyrządy wylewcze, soman w bombach chemicznych. Soman i XR mogą przenosić do celu rakiety wystrzeliwane pojedynczo lub salwami. Wreszcie Vx, soman i iperyt może stosować artyleria, dysponująca odpowiednimi typami pocisków.

Charakterystyki środków przenoszenia, a głównie ich zasięg wskazują, iż nie wszystkie z wymienionych środków trujących mogą być jednakowo użyte w obszarze działań bojowych. Można założyć, że iperyt będzie stosowany przede wszystkim w ugrupowaniu bojowym wojsk bardzo blisko (do 15 km) od stanowiska ogniowego artylerii, natomiast pozostałe środki przenoszenie obejmą swoim zasięgiem obiekty w różnych odległościach od stanowisk startowych i lotnisk, przenosząc Vx, soman i XR. Każdy typ sprzętu powoduje powstanie rejonu użycia środka trującego o powierzchni dostosowanej do jego możliwości (ilości przenoszonego środka toksycznego) - zobacz tabela 35.

Jest to jednak nie w pełni ścisłe określenie. Środki trujące bowiem, użyte jako aerozole lub krople cieczy, podlegają wpływom warunków meteorologicznych (temperatura otoczenia i prędkość wiatru). Uniesione z powierzchni, na której nastąpiły wybuchy, wypadają z atmosfery, powodując skażenia powierzchni terenu, obiektów i sprzętu, znajdujących się w rejonie ich wypadania w kierunku wiatru. Powierzchnie i zasięgi stref niebezpiecznego skażenia dla sprzętu i terenu przedstawia tabela. Zatem możemy z całą mocą twierdzić, że sprzęt wojskowy będzie skażony w czasie opadania środków trujących w rejonie uderzenia, albo w strefie rozprzestrzeniania się kropel i aerozoli blisko rejonu uderzenia, lub też w

obu tych rejonach jednocześnie, zależnie od usytuowania pododdziału w stosunku rejonu użycia i kierunku wiatru.

Tabela 35

Rozmiary rejonów użycia środków trujących (w ha)

Środek przenoszenia	Rodzaj środka trującego			
	Vx	Soman	XR	Iperyt
Sam. mb.m, cztery	700	240		
Sam. mb., dwa	350	48		
Rakiety nie kierowane:				
- jedna wyrzutnia		64	600	
- dwie wyrzutnie		64	1200	
- cztery wyrzutnie		128		
- sześć wyrzutni		380		
Rakiety kierowane:				
- jedna wyrzutnia		100		
- dwie wyrzutnie		100		
- cztery wyrzutnie		200		
- sześć wyrzutni		600		
Artyleria	50-170	6-170		21

Źródło: Metodyka oceny sytuacji chemicznej. MON, Warszawa 1981 r.

Skażenia biologiczne powierzchni sprzętu wojskowego mogą mieć miejsce podczas i po ataku bronią biologiczną (bojowymi środkami biologicznymi) jednakże tylko w odniesieniu do takich środków, jakie wykazują wytrzymałość na niszczące działanie środowiska np. pałeczki dżumy, laseczki węglika, przecinkowce cholery, pałeczki tularemii i jad kiełbasiany.

Są to bojowe środki biologiczne zaliczane do grupy I - najniebezpieczniejsze i najbardziej prawdopodobne w użyciu. Organizmy te i toksyny rozproszone jako bojowe aerozole biologiczne, mogą być przenoszone w prądami wiatrów o sprzyjającej prędkości i kierunku, i opadać na powierzchnię sprzętu, który znalazł się na drodze ich przemieszczenia.

Tabela 36

Powierzchnia i zasięg stref skażenia chemicznego podczas rozprzestrzeniania się aerozolu środków trujących Vx

Środek przenoszenia	Rozmiar strefy	Rodzaj niebezpieczeństwa	Prędkość wiatru m/s					
			1	2	3	4	5	6
Lotnictwo mb dwa samoloty	Powierzchnia, km^2	Niebezpieczne dla sprzętu	10	15	18	19	22	24
	Zasięg, km		3	4.5	5.5	6	7	7.5
Lotnictwo mb cztery samoloty	Powierzchnia, km^2		13	16	21	22	26	27
	Zasięg, km		4	5	6.5	7	8	8.5
2 samoloty, LPW	Powierzchnia, km^2		39	55	72	78	90	96
	Zasięg, km		3	4.5	5.5	6	7	7.5
4 samoloty, LPW	Powierzchnia, km^2		52	67	84	91	102	109
	Zasięg, km		4	5	6.5	7	8	8.5
Lotnictwo mb. dwa samoloty	Powierzchnia, km^2	Niebezpieczne dla terenu	7	8	8.7	9	9.5	10.5
	Zasięg, km		2.2	2.5	2.7	2.8	3	3.3
Lotnictwo mb. cztery samoloty	Powierzchnia, km^2		10	11	12	12.5	13	14
	Zasięg, km		3.2	3.5	3.7	3.8	4	4.3
dwa samoloty, LPW	Powierzchnia, km^2		29	33	35	37	39	43
	Zasięg, km		2.2	2.5	2.7	2.8	3	3.3
cztery samoloty, LPW	Powierzchnia, km^2		42	46	48	50	52	56
	Zasięg, km		3.2	3.5	3.7	3.8	4	4.3

O głębokości przenoszenia przez wiatr bśb w różnych warunkach atmosfery mogą świadczyć dane zawarte w tabeli 37.

Tabela 37

Zasięg laseczki wąglika w kierunku wiatru dla znormalizowanego źródła 100 gram/milę

Stabilność atmosfery	Zasięg infekcyjny w milach/km
Silna turbulencja	0.6 / ok. 1
Umiarkowana turbulencja	1.5 / ok. 2.5
Naturalna	45 / ok. 75.6
Umiarkowana inwersja	200 / ok. 75.6
Silna inwersja	700 / ok. 1176

Zarazki chorobotwórcze mogą się znaleźć na zewnętrznych powierzchniach sprzętu kolejowego jako osad suchy, ale także jako osad mokry (wraz z mgłą czy deszczem), utrzymujący się na nich przez kilka do kilkunastu godzin, czy też dni. Mogą także spowodować zakażenie wewnętrznych powierzchni sprzętu, stając się tak w pierwszym, jak i w drugim wypadku źródłem zakażenia ludzi. Drobnoustroje chorobotwórcze, które opadły na powierzchnię ziemi, mogą być podnoszone wraz z pyłem, wznoszonym przez ruch wojsk i osiadać na jego różnych powierzchniach, podobnie jak pył promieniotwórczy.

W związku z długim okresem zachowania żywotności[50] mogą zakażać ludzi, stykających się ze skażonymi powierzchniami sprzętu bojowego oraz drogą przemieszczania w różne obszary kraju, zawlekać tam chorobę zakaźną - nawet bardzo daleko od źródła bezpośredniego skażenia. W efekcie mogą wybuchać epidemie, które czasem mogą się przerodzić w pandemie, wszechogarniające kraj.

Tabela 38

Czas utrzymywania się niebezpieczeństwa zakażenia niektórymi drobnoustrojami chorobotwórczymi (bśb)

NAZWA BŚB	Wytrzymałość drobnoustroju		
	w powietrzu	w wodzie	w glebie / na pow. sprzętu
Pałeczki dżumy	do 24 godz.	do 30 dni	do 90 dni
Laseczki wąglika	w postaci wegetatywnej – średnia w postaci zarodnikowej – bardzo wysoka		
Przecinkowiec cholery	---	do 30 dni	---
Pałeczka nosacizny	---	---	do 27 dni
Pałeczka brucelozy	8-24 godz.	do 30 dni	---
Riketsja gorączki Q	do 18 godz.	---	do 6 mies.

Źródło: Żółtowski Z.: Broń i wojna biologiczna. Warszawa 1969 r.

---

[50] *Dodatkowo prowadzone są prace nad wzmocnieniem zjadliwości bśb, zwiększeniem ich ekspansywności, uodpornieniem na antybiotyki i inne środki lecznicze oraz na niekorzystny wpływ środowiska zewnętrznego. Ten ostatni efekt osiąga się przez tzw. mikrokapsularyzację, czyli zamknięcie drobnoustrojów chorobotwórczych lub ich toksyn w mikrokapsułkach, sporządzonych z substancji, która rozpuszcza się dopiero w określonych warunkach. Konferencja naukowo-szkoleniowa nt. Ochrona i obrona przed bronią biologiczną. WAM. Łódź, 11 września 1985 r., s.7.*

Bojowy środek biologiczny będzie stosowany w postaci aerozolu. Wynika z tego, że zakażenie człowieka nastąpi przede wszystkim drogami oddechowymi. Stąd potrzeba określenia jak się będzie zachowywał aerozol biologiczny w warunkach otoczenia. Będą go tworzyły mikroby chorobotwórcze o rozmiarach cząstek rzędu 3 do 5 mikronów, często przy tym otoczone sztuczną otuliną (mikrokapsułkowanie środka biologicznego), zwiększającą trwałość utrzymywania się i zabezpieczającą przed wpływami środowiska zewnętrznego. Małe rozmiary cząstek spowodują głębokie wnikanie w głąb materiału konstrukcji sprzętu, w różne szczeliny, szpary itp. Sedymentacja aerozolu pierwotnego opadu biologicznego na powierzchniach spowoduje nierównomierną gęstość jej pokrycia mikrobami lub toksynami; wystąpią w różnych częściach sprzętu miejsca o dużej koncentracji środka biologicznego, bardzo trudnego do usunięcia. Inna bardzo niebezpieczna właściwość to unoszenie się ze skażonych powierzchni tzw. aerozolu wtórnego, podnoszonego przez wiatr oraz wznoszonego ruchem środka bojowego w skażonym rejonie (strefie). W tym wypadku, analogicznie jak przy skażeniu promieniotwórczym, ulegną zanieczyszczeniu elementy konstrukcji podwozia sprzętu, niejednokrotnie o większej koncentracji bśb niż to będzie miało miejsce na powierzchniach większych, zewnętrznych i płaskich. Większe skupienie pyłu biologicznego może nastąpić we wszystkich zagłębieniach oraz osłoniętych elementach urządzeń zewnętrznych. Dlatego trzeba na nie zwrócić szczególną uwagę. Obok osadów suchych, osady mokre mogą wniknąć w materiały porowate - szczególnie zewnętrznych, niemalowanych części sprzętu. Ogólnie można twierdzić, że powierzchnie szorstkie i porowate zostaną bardziej skażone i na większą głębokość niż analogiczne powierzchnie gładkie, pomalowane i polerowane. Bojowe środki biologiczne są bardzo trudne do wykrycia - nie ma przyrządów pozwalających na ich natychmiastową identyfikację. Dlatego też musimy przyjąć jako zasadę, że każde przejście pododdziału przez ognisko skażenia biologicznego, czyni go niezdolnym do dalszej eksploatacji jako źródło skażeń i zmusza do przeprowadzenia jego dezynfekcji.

Zagrożenie żołnierzy wynikające ze skażeń eksploatowanego sprzętu

Zagrożenie rozpatruje się zawsze jako skutek, który może występować lub który wystąpił po zadziałaniu na organizm ludzki określonego czynnika rażącego. W efekcie możemy mieć do czynienia z różnymi stopniami porażenia - od lekkiego do ciężkiego (śmiertelnego) - powodującego u żołnierzy obniżenie zdolności do działań bojowych. Kontakt ze sprzętem skażonym środkami promieniotwórczymi, bojowymi środkami trującymi i zakażonymi bojowymi środkami biologicznymi, będzie powodem wywoływania różnych skutków u ludzi dopóty, dopóki nie zostanie on poddany procesowi likwidacji skażeń.

Zagrożenie jakie niesie ze sobą sprzęt bojowy skażony pyłem promieniotwórczym wynika przede wszystkim z rażących właściwości skażenia promieniotwórczego. Cząstki pyłu przenoszą określoną aktywność, która decyduje o stopniu skażenia promieniotwórczego; zmienia się ona w czasie wraz z rozpadem produktów wybuchu jądrowego.

Aktywność pyłu promieniotwórczego wpływa na kształtowanie się wielkości stopnia skażenia powierzchni, na którą opadnie. Stopień skażenia nie będzie stały, ale będzie się zmieniał wraz z upływem czasu od momentu wybuchu jądrowego. Największy stopień skażenia powstanie przez opadanie pyłu promieniotwórczego - skażenie pierwotne, przy czym rodzaj sprzętu (zakryty, odkryty) będzie wywierał wpływ na jego poziom. Przyjmuje się, że podstawowa część aktywności przypada na powierzchnie poziome - do 90 % aktywności ogólnej na sprzęcie. Również i to, w której części strefy skażenia w chwili opadu promieniotwórczego znajdzie się pododdział, będzie decydować o wielkości jego skażenia. Wprawdzie skażenie promieniotwórcze nie stanowi zagrożenia dla sprzętu, ale dla ludzi stykających się z nim, dlatego też trzeba dążyć przez dezaktywację do obniżenia stopnia skażenia do dopuszczalnych norm.

Kontakt z sprzętem skażonym może u ludzi doprowadzić do napromieniowania ich organizmów dawką pochodzącą od promieniowania zewnętrznego. Jej wielkość, uzależniona od czasu działania promieniowania, mocy dawki i warunków ochrony osobistej, może przyjmować różne wartości powodujące różne skutki -

różne stopnie choroby popromiennej. Wpływa ona na ogólną sprawność i możliwość wykonywania przez ludzi określonej pracy.

Skażenie sprzętu bojowego trwałymi środkami trującymi będzie wywoływać porażenie ludzi stykających się z nim dwoma drogami:

1) przez drogi oddechowe parami środków trujących odparowujących ze skażonych powierzchni;

2) przez przenikanie (resorpcję) przez nieosłonięte części ciała, na które może się dostać środek trujący w wypadku nieuważnego obchodzenia się ze skażonym sprzętem.

W pierwszym wypadku porażenie następuje przez drogi oddechowe po wchłonięciu odpowiedniej wielkości dawki toksycznej (tzw. minutowej), uwzględniającej czas nakładania maski przeciwgazowej nie przekraczający jednej minuty.

Tabela 39

Wartości średnich „minutowych" dawek toksycznych ($mg.s.dm^{-3}$)

Rodzaj środka trującego	Dawka toksyczna			
	$^{L}Ct_{50}$	$^{I}Ct_{50}$	$^{E}Ct_{50}$	$^{P}Ct_{50}$
Vx	0.6 - 2-7	0.3 - 1.3	0.2 - 0.7	0.015 - 0.020
Soman	1.5 - 3.0	0.7 - 1.5	0.2 - 0.7	0.03
Iperyt	90	27	19	1.9

^{L}Ct - dawka śmiertelna; ^{I}Ct - dawka powodująca niezdolność do pracy; ^{E}Ct – dawka ograniczająca pełną zdolność do pracy; ^{P}Ct - dawka wywołująca pierwotne objawy zatrucia. Indeks 50 oznacza, że porażenia obejmą połowę narażonej liczby ludzi.

W drugim wypadku powierzchniowe dawki toksyczne będą odpowiednio większe, bowiem zależą od ilości środka w postaci ciekłej, jaka przedostała się (została przeniesiona) na odkrytą skórę lub ubranie.

Tabela 40

Wartości średnich powierzchniowych dawek toksycznych (działanie kontaktowe) mg

Rodzaj środka	Działanie na powierzchnię skóry			Działanie przez ubranie
	LD_{50}	ID_{50}	PD_{50}	ID_{50}
Vx	6 - 10	3 - 5	0.1	100
Soman	49 - 90	28	1.4	---
Iperyt	6000	350	2.1	1400

Skutki kontaktu ze skażonym sprzętem będą się przejawiać w postaci skażeń ludzi obsługujących go. Liczba skażonych ludzi jest trudna do ustalenia, nie możemy bowiem przyjąć jednolitej jednostki obliczeniowej, jako że zawsze liczba ludzi będzie wielkością zmienną. Dlatego też przyjmiemy, że za skażonych będzie się uważało te osoby, które znalazły się w bezpośrednim kontakcie ze skażonym sprzętem kolejowym.

Skażenia mogą spowodować utratę zdolności do działań w przedziale czasu zależnym od rodzaju środka trującego. I tak po skażeniu Vx i somanem ludzie będą tracić zdolność bojową w ciągu 3-4 godzin, a iperytem w ciągu 2-4 godzin od chwili skażenia. Przez leczenie jest możliwe odzyskanie zdolności przez 70-80 % porażonych po upływie 2-8 tygodni. 20-30 % ogólnej liczby porażonych mogą stanowić straty bezpowrotne. Podane wyżej wartości dotyczą ludzi niechronionych środkami indywidualnej ochrony przed skażeniami. Czy zatem można przyjąć, że wszyscy chronieni są bezpieczni? Nie jest to twierdzenie prawdziwe, trzeba bowiem przyjąć możliwość uszkodzeń lub niesprawności środków ochrony dróg oddechowych, bądź niewłaściwego ich dopasowania oraz innych usterek technicznych. W ich wyniku porażeniom parami środka trującego, unoszącymi się z powierzchni skażonego taboru, może ulec około 10 % ludzi kontaktujących się z nim.

Rodzaj środka trującego oraz warunki otoczenia, a przede wszystkim temperatura powierzchni skażonej i prędkość wiatru decydują o trwałości efektu skażającego, czyli o okresie w jakim tabor jest niebezpieczny dla otoczenia.

Tabela 41

Trwałość środków trujących w różnych temperaturach i przy różnych prędkościach wiatru

Temp. °C	Prędkość wiatru m/s	Środek trujący		
		Soman	Vx	Iperyt
		Stan fizyczny środków trujących		
		krople pary	krople pary	krople pary
- 20	3 - 5	2.5 - 35 dób	do 4 miesięcy	3 - 16 dób
- 10	3 - 5	1 - 11 dób	1.5 - 2 mies.	32 h - 8 dób
0	1 - 2	12 h - 3 dób	17 dób - 1 mies.	16 h - 4 dób
+ 10	1 - 2	7 h - 1.5 doby	7 - 11 dób	8 h - 2 dób
+ 20	1 - 2	3 - 23 h	3 - 5 dób	4 - 18 h

Wraz z upływem czasu następuje proces samoczynnego odkażania powierzchni skażonego sprzętu, na co wpływ wywiera głównie temperatura otoczenia. Czas tego procesu jest różny dla różnych temperatur (temperatury niższe, czas samoczynnego odkażania dłuższy i odwrotnie) i rodzajów środków trujących.

Tabela 42

Czas samoczynnego odkażania taboru kolejowego skażonego trwałym środkiem trującym

Rodzaj środka trującego	Temperatura, °C				
	- 10	0	+ 10	+ 20	+ 30
Soman	54 h	20 h	7 h	2 h	1.5 h
Vx	48 dób	15 dób	5 dób	1.7 doby	0.6 doby
Iperyt	9 dób	3-4 doby	30 h	13 h	6 h

Porównując ww. tabele można wyciągnąć jednoznacznie brzmiący wniosek, sprzęt skażony bojowym trwałym środkiem trującym należy bezzwłocznie poddać zabiegom specjalnym, by uniknąć skażeń ludzi i w konsekwencji, wskutek porażenia, spowodować utratę ich zdolności do pracy.

Zagrożenie bojowymi środkami biologicznymi, które skaziły powierzchnie sprzętu, będzie się objawiać chorobami, charakteryzującymi się na ogół ostrym przebiegiem i wysoką śmiertelnością. Znaczna odporność zarazków na naturalne procesy dezynfekcyjne i możliwość zastosowania ich w postaci aerozolu, skraca

okres inkubacji i zaostrza przebieg choroby. Najbardziej prawdopodobne, a zarazem niebezpieczne zastosowanie zarazków wąglika, brucelozy, tularemii, dżumy i cholery oraz toksyn bakteryjnych, może spowodować straty sanitarne ludzi określone na 20-30 % populacji dla zarodków żywych i na 70-80 % dla toksyn bakteryjnych.

Trudno jest przyjąć jakiś jednoznaczny wskaźnik określający poziom zagrożenia bśb, tym bardziej, że nie byłby on adekwatny do skutków np. na obszarach użycia tych środków na obrzeżach stref wybuchów jądrowych, gdzie skuteczność zagrożenia będzie większa. Można jednakże dokonać porównania bśb z innymi środkami chemicznymi, by wskazać na zdolność wywoływania porażeń.

Tabela 43

Porównanie ilości TŚP i BŚB do wywoływania efektu porażenia na powierzchni 1 km^2

Rodzaj środka	Ilość na 1 km^2 – gram
Cyjanowodór	ok. 1 236 000
Iperyt	ok. 1 236 000
Sarin	ok. 309 000
Toksyna botuliny	ok. 31
Laseczka wąglika	ok. 3
Bakteria tularemii	ok. 0.0015

Na podstawie: The Journal Of Practical Civil Defence. 1987 r.

Bezpośrednie przenikanie bśb ze skażonej powierzchni do organizmu będzie wprawdzie utrudnione (odzież, ubranie itp.), lecz jest możliwe zakażenie drogą inhalacji przez aerozol wtórny, podnoszony z powierzchni sprzętu wskutek ruchu powietrza, spowodowanego przez ruch, podmuchy wiatru itp. Skutkiem tego mogą być choroby, Niektóre z nich i ich oddziaływanie na ludzi pokazano w tabeli 44.

Tabela 44

Charakterystyka niektórych skutków wybranych chorób spowodowanych zarazkami, użytymi jako bśb

Rodzaj choroby	Sposób rozsiewania	Czas utraty (doby) zdolności do działania	Śmiertelność bez leczenia %
Dżuma	Rozpylenie receptury	42 – 56	100
Tularemia	w powietrzu	21 – 60	5-8 do 30
Nosacizna	- „ -	21 – 28	90 - 100
Cholera	- „ -	5 – 30	10 - 80
Botulizm	Skażenie przedmiotów Rozpylenie w powietrzu	30 – 60	60 – 70

Na podstawie: Zaszczita ot oružija .... Op.cit.

Obok wywoływania chorób bojowe środki biologiczne wykazują inne zdawałoby się nie przystające do nich właściwości. Otóż mogą one oddziaływać niszcząco na różne materiały. Dlatego też wydaje się prawdopodobnym, użycie bśb takich, które w określonych warunkach, powodują na przykład rozkład materiałów izolacyjnych, przyśpieszenie korozji metalowych elementów, utlenianie miejsc styku kontaktów systemów elektronicznych itp. Może to doprowadzić do przedwczesnego zużycia się elementów różnych urządzeń elektronicznych, w które są wyposażone jednostki sprzętowe wojsk.

2. PROBLEMY ZAGROŻENIA WOJSK LADOWYCH BMR W TOKU DZIAŁAŃ BOJOWYCH

2.1. Nowe oblicze działań i zagrożeń

Nowe potężniejsze środki walki, coraz większa precyzja rażenia, coraz większe parametry jakościowe i ilościowe uzbrojenia wojsk lądowych wymuszają potrzebę korygowania ocen charakteru przyszłych działań bojowych. Technika bowiem narzuciła obraz współczesnego zagrożenia; ona tez określa możliwości obrony. W tej dziedzinie trwa swego rodzaju pojedynek między ofensywnością zagrożeń rodzajowych defensywnymi sposobami ich unikania. Z tym wiąże się inna strona zagadnienia, a mianowicie przypuszczalnie wysokie straty na polu działań zbrojnych i nieuniknienie im towarzyszące zniszczenia otoczenia pola walki.

Jakie mogą być ewentualnie działania bojowe i zagrożenia wojsk im towarzyszące? Odpowiedź na powyższe pytanie jest nader skomplikowana choćby ze względu na zmiany w rozmachu działań i sposoby ich prowadzenia. Skok w ruchliwości wojsk lądowych w przestrzeni działań zbrojnych był niegdyś niemały, dzisiaj stał się olbrzymi. Z dużą dozą pewności można twierdzić, że przyszłe działania bojowe będą bardzo wyczerpujące. Znajduje to uzasadnienie racjonalne nie tylko w dużej sile niszczącej broni jądrowej, chemicznej czy biologicznej, lecz także w gwałtownym skoku jakościowym broni klasycznej. Już sprawdza się prognoza, ze w przyszłych działaniach decydować będą bronie elektroniczne, jakie pozbawią przeciwnika energii lub zakłócą funkcjonowanie jego elektroniki. Można zatem zaryzykować twierdzenie, że współczesne działania bojowe rozwijać się będą pod presją dwu czynników, a mianowicie: olbrzymiej siły ognia broni klasycznej i BMR oraz ruchliwości wojsk w przestrzeni. Stosunek między nimi zadecyduje o tym, czy działania będą przebiegać dynamicznie, czy statycznie.

W działaniach wojsk – operacje połączone – zwraca się uwagę, ze mimo wysokiej ruchliwości do walki wchodzić się będzie częściami, w warunkach silnych zakłóceń oraz znacznych zagrożeń, zagrożeń jednoczesnym ponoszeniem strat. Nowe precyzyjne bronie neoklasyczne zmuszą do rozśrodkowanie wojsk – sił i środków – w przestrzeni. Czy wpłynie to na zmniejszenie podatności na uderzenie bronią masowego rażenia? Czy istnieje możliwość uchronienia się przed ich skutkami? Czy wpłynie to na sposób działań?

Można ryzykować twierdzenie, że ze wszystkich odpowiedzi, przebijać będzie przekonanie iż sukces odniesie ten, kto będzie miał lepsza taktykę działań, kto lepiej i skuteczniej wykorzysta walory nowoczesnych wojsk.

Nie trzeba tłumaczyć, ze w przyszłych działaniach bojowych można znacznie zdezorganizować manewr oddziałów i pododdziałów wojsk lądowych przez stworzenie lokalnych stref skażeń promieniotwórczych, chemicznych (chemicznych biologicznych) i tak bardzo opóźnić ich wejście do walki, że ich późniejsze działanie nie będzie miało wpływu na wynik operacji. Istnieje przekonanie, że przed ogniem środków bojowych nowej generacji nie można uciec, że nastąpiło jego zespolenie z uderzeniem. Równolegle do wzrostu możliwości rażenia nastąpił wzrost ruchliwości wojsk, ich zdolność do manewru. I o ile wyłoniło to przed wojskami nowy krąg zadań bojowych i sposobów ich wykonania w działaniach zaczepnych i obronnych, o tyle spowodowało trudności w sferze pokonywania terenu, np. stref skażeń BMR.

Współczesny szczebel operacyjny dysponuje środkami rażenia ułatwiającymi mu osiągnięcie nakazanych celów uzależnione od sukcesów na szczeblu niższym. Większa swoboda operacyjna może wystąpić w działaniach prowadzonych z użyciem broni masowego rażenia, w każdym jednak przypadku sukces wyższego szczebla musi być utrwalony sukcesem szczebla niższego.

Bardzo wiele kontrowersji wzbudza zagadnienie tempa działań wojsk (natarcia), tym bardziej, ze sporo zastrzeżeń budzi pogląd, iż im silniejsze obezwładnienie bronią jądrową, tym będzie ono wyższe. Tymczasem wielki wpływ na nie wywrze tzw. sytuacja radiacyjna czy chemiczna (biologiczna), to znaczy moż-

liwość pojawienia się tworzonych stref skażeń bronią masowego rażenia. Ich stworzenie nawet w niewielkiej liczbie w decydującym stopniu wpłynie na obniżenie ruchliwości wojsk, zwłaszcza jeśli nie będzie możliwe ich obejście. Tym samym wzrośnie stopień podatności wojsk na zagrożenia promieniotwórcze, chemiczne i biologiczne, przez co obniży się ich poziom zdolności bojowej.

We współcześnie pojmowanych działaniach wojsk dużą rolę mogą odegrać zespolone uderzenia z powietrza i ziemi. Idzie tu o wzajemne uzupełnianie się o wspomaganie, torowanie drogi, itp., o koncentrację sił i środków w najważniejszym miejscu. Ale idzie tu również o przeciwdziałanie takiemu sposobowi działania przez użycie selektywne lub kombinowane składowych broni masowego rażenia. Uderzenia bronią atomowa czy chemiczną będą koncentrowane na artylerii i jednostkach pancernych, pancernych ich skutki wykorzystane do osiągnięcia celu działań. Jest to jednak trochę iluzoryczne, jako że trzeba liczyć się możliwością znalezienia się w obszarze wtórnych zagrożeń. To powoduje, ze rodzą się wątpliwości, czy takie sposoby są słuszne.

Utrwaliło się przekonanie, że w warunkach stosowania BMR głównymi realizatorami będzie artyleria rakietowa i lotnictwo wojsk lądowych. Uderzenia tą bronią, wybiórczo na wskazane (wybrane) obiekty przeciwnika, wprawdzie eliminują potrzebę posiadania przewagi w siłach i środkach, ale mimo wszystko będzie ona konieczna. Można przypuszczać, że w niektórych przypadkach doprowadzi to do poprawy stosunku sił, ale wymusza również potrzebę podejmowania odpowiednich wysiłków przeciwdziałania skutkom skażeń. A to diametralnie zmienia sytuację stawiając wojska przed ryzykiem skażeń i zmniejszenia zdolności bojowej, co z kolei skutkuje niepewnością co do możliwości osiągnięcia celu działań bojowych. Podobny punkt widzenia zarysowuje się w spojrzeniu na problemy związane z organizowaniem i prowadzeniem działań defensywnych. Jej istota w odniesieniu do użycia BMR sprowadza się między innymi do zapewnienia wojskom odporności na czynniki rażenia. Problem jednak w tym, że obecnie będzie to forma działań bojowych przygotowana doraźnie, co nastręcza wiele trudności.

„Doraźna" znaczyć będzie, że bez rozbudowanej infrastruktury inżynieryjnej, że wojska pozostaną odsłonięte, ze przez to staną się podatne na rażące oddziaływanie broni atomowej i chemicznej (biologicznej). Nawet bowiem ukrycie za pancerzem – wykorzystanie osłabienia promieniowania jądrowego, urządzeń filtrowentylacyjnych, itp. urządzeń ochronnych – nie zapewni dostatecznych warunków ochrony, co będzie skutkować zwiększoną podatnością na zagrożenia BMR. Ową podatność zwiększy jeszcze aktywność obrońcy, wyrażające się nie tylko ruchem wojsk do przodu, lecz także wzdłuż frontu, do tyłu, aktywnością ognia (zmiana stanowisk ogniowych), manewrem pododdziałów oddziałów w przestrzeni obronnej, przerzutem wojsk. Wszystko to powoduje, ze wojska będą wystawione na oddziaływanie rażących czynników BMR, będą musiały pokonywać strefy skażeń (promieniotwórczych, chemicznych, biologicznych) narażając się na wtórne skutki BMR. To bez wątpienia wpłynie na podatność na zagrożenia i czasowe lub długookresowe zmniejszenie ich zdolności do działań.

Reasumując powyższe można twierdzić, że połączenie działań pozycyjnych, opóźniających i zaczepnych przyczyni się do zwiększenia poziomu ryzyka narażenia na skażenia i skutki innych czynników rażących BMR, co jednoznacznie wskazuje na wzrost podatności na zagrożenia BMR.

Z analizy materiałów tematycznych można wyprowadzić wniosek, że decydujący wpływ na charakter działań wojsk lądowych wywiera stale rosnąca ruchliwość, ruchliwość tym samym wykonywanie różnych form manewru o coraz większym rozruchu. Ruchliwość w szerokim rozumieniu tego pojęcia nie jest tylko zdolnością do przesunięcia się w określonym kierunku, bo byłaby to zwykła szybkość marszu. Jest to zdolność do sprawnego przemieszczania się w kierunku odpowiadającym postawionemu zadaniu, dla wyprzedzenia przeciwnika w uderzeniu lub dla uchylenia się spod niego, bez względu na warunki terenowe i atmosferyczne, porę roku i doby.

Z tą cechą działań wojsk lądowych związane są niebezpieczeństwa wynikające wprost stad, że zwiększa się podatność wojsk na zagrożenia BMR. Idzie o to, że nie unikną one przemieszczenia się przez wytworzone strefy, skażenia, nie

unikną bezpośredniego uderzenia jądrowego czy chemicznego (biologicznego), nie zmniejsza niebezpieczeństwa ataku BMR, nie utrudnia wykonania dokładnych uderzeń bronią atomową czy chemiczną.

Reasumując owe rozważania, można powiedzieć, że bez względu na formy działań bojowych wojsk lądowych, bez względu na sposoby ich realizacji, w warunkach użycia broni masowego rażenia, będą one podatne na oddziaływanie jej rażących czynników, zmniejszających czasowo lub długotrwale zdolność bojową wojsk, wpływających na wzrost problemów ochrony i obrony przed ich skutkami.

2.2. Ocena podatności wojsk lądowych na zagrożenia BMR

Próbując ocenić skłonność wojsk na rodzajowe zagrożenia czynnikami rażącymi broni masowego rażenia wskażmy najpierw na reguły jej użycia na polu walki. Spośród ich wielkiej gamy można, moim zdaniem, wskazać na te, jakie są współbieżna z przewidywanym charakterem działań bojowych wojsk lądowych. Przede wszystkim trzeba wskazać na:

- użycie BMR (atomowej, chemicznej i biologicznej) we współdziałaniu z klasycznymi środkami rażenia i działaniem wojsk wzmagające skutki rażącego działania na wojska drogą synergii;

- ciągłość i aktywność rażenia BMR, postrzegane jako postępowanie uderzeń, dążenie do narzucenia sposobu działania, wprowadzenie nowych środków rażenia i sposobów użycia, utrzymywanie przeciwnika pod stałą presją zagrożenia;

- selektywne uderzenia na cele pojedyncze – pododdziały i oddziały – dla bezpośredniego fizycznego ich niszczenia;

- tworzenie lokalnych stref skażeń dla utrudnienia prowadzenia działań bojowych.

Oczywiście można wyłonić jeszcze inne, jednak w tym przypadku idzie o próbę oceny podatności wojsk lądowych na zagrożenia w podstawowych formach (walki) działań bojowych – działaniach zaczepnych i działaniach obronnych.

Można przyjmować różne kryteria i mierniki ocenowe. W tym przypadku wydaje się, że powyższe zagadnienie rozpatrzone będzie z punktu widzenia znaczenia obiektu uderzenia i jego położenia wobec używającego BMR.

2.2.1. Zagrożenie w czasie działań ofensywnych

W toku działań ofensywnych trzeba liczyć się z możliwością użycia BMR, jaka będzie narastała wraz ze zmniejszaniem się odległości wojsk od rubieży ataku. Czyli im bliżej tej linii, tym poziom zagrożenia większy, jako że wojska znajdą się w zasięgu artylerii rakietowej i lotnictwa.

W większości wypadków mogą być stosowane uderzenia atomowe naziemne, ze względu na to, że może to opóźnić podejście wojsk do wyznaczonych im rejonów działań bojowych, jak również zdezorganizować procedury przygotowania do działań ofensywnych i wymusić działanie w środkach ochrony, co nie pozostaje bez znaczenia wobec obniżenia zdolności bojowej i psychomotorycznej. Mając na względzie odległość między rejonami wyjściowymi, a rubieżą ataku, można domniemywać wzrost poziomu zagrożenia, w związku z możliwością oddziaływania większej liczby środków przenoszenia broni masowego rażenia. W tym wypadku wydaje się, że opłacalnymi celami pojedynczymi będą prawdopodobnie oddziały i pododdziały – pułk, batalion. Można przyjąć, iż jeden wybuch taktycznego ładunku jądrowego o mocy 10 lat, może wywołać całkowitą utratę zdolności bojowej batalionu zmechanizowanego lub kompanii czołgów. Ponadto, jeśli obiektem uderzenia będzie np. element infrastruktury inżynieryjnej, może mieć miejsce sytuacja pojawienia się stref skażeń promieniotwórczych, jakich pokonywanie wpłynie na tempo przemieszczenia wojsk i na zwiększenie podatności na oddziaływanie promieniowania jonizującego. Można wtedy liczyć się również z wykonywaniem uderzeń atomowych powietrznych dla zatrzymania ruchu wojsk i spowodowania strat w ludziach i sprzęcie.

W sytuacji kiedy przeciwnik utraci inicjatywę można przewidywać, iż sięgnie po broń chemiczną wykonując nią uderzenia na cele (pododdziały), jakich

zniszczenie lub obezwładnienie pozwoli na kontrole sytuacji. To dodatkowo skomplikuje działanie wojsk, ze względu na bezwzględne przestrzeganie reguł obrony przeciwchemicznej – działanie w środkach ochrony indywidualnej i zbiorowej, co wpłynie na obniżenie zdolności psychomotorycznych żołnierzy i ogólnego poziomu zdolności bojowej wojsk. Tym bardziej, ze w grę mogą wchodzić bojowe środki trujące: sarin i soman. Istnieje również możliwość stosowania bśt takich, jak Vx i iperyt, ale pod warunkiem zachowania odległości zapewniającej bezpieczeństwo dla wojsk używającego (są to trwałe środki trujące). Toteż obiektem – celem uderzenia mogą być elementy infrastruktury obronnej, znajdujące się w tyłowym obszarze działań.

Elementy ugrupowania ofensywnego znajdujące się w styczności z przeciwnikiem mogą znaleźć się w zasięgu wszystkich środków rażenia BMR, a konkretnie bronią atomową i chemiczna. Jest to sytuacja nad wyraz trudna choćby, ze względu na to, że precyzja rażenia wybranego celu (pododdziału) sprawia, iż można tego dokonać bez większego ryzyka porażenia wojsk własnych. Ze względu jednak na możliwość doboru mocy ładunków atomowych do wielkości potencjalnego celu, szczególnie zagrożone mogą być oddziały i pododdziały drugorzutowe oraz inne elementy ugrupowania rozmieszczone na głębokości kilku kilometrów od rubieży styczności wojsk.

W takiej sytuacji użycie bśt jest bardzo mocno uzależnione od warunków meteorologicznych i zadań wykonywanych przez wojska - pododdziały i oddziały – na kierunkach działań ofensywnych. Toteż wojska mogą być rażone (podatne) środkami trującymi takimi, jak: sarin, soman (nietrwałe bśt) i BZ (psychochemiczne bśt) po to, by z jednej strony czasowo zatrzymać działania ofensywne i zmusić żołnierzy pododdziałów i oddziałów do prowadzenia działań w środkach ochrony indywidualnej (zmniejsza to zdolność bojową ze względu na psychomotoryczne oddziaływanie na człowieka), z drugiej strony nie wykluczyć możliwości działań wojsk własnych.

Środki trujące typu Vx i iperyt (trwałe w terenie) mogą być stosowane dla:

- izolowania pola walki na samodzielnych, wydzielonych kierunkach dla niedopuszczenia dopływu świeżych sił przez tworzenie stref skażeń chemicznych;

- załamania działań ofensywnych i stworzenia po ustąpieniu zagrożenia, warunków rozpoczęcia działań zaczepnych przez broniące się pododdziały i oddziały.

Przełamanie obrony przeciwnika może wywołać przeprowadzenia przez niego kontrataku. By utworzyć odpowiednie warunki do tego może wykonać uderzenie bronią jądrową i chemiczna połączone z kontratakiem piechoty i czołgów wspartych uderzeniem lotnictwa wojsk lądowych i artylerii. Toteż oprócz uderzeń atomowych małej mocy, można przewidywać użycie nietrwałych bśt – sarinu sarinu omanu – bardzo szybko powodujących skutki śmiertelne i sanitarne.

W toku działań ofensywnych może dojść do pościgu przeciwnika, toczonego w szybkim tempie i w stałym kontakcie z jego elementami ugrupowania. W tej sytuacji można spodziewać się przeciwdziałania opóźniającego ruchliwość wojsk lądowych przez tworzenie stref zaporowych, niszczenie mostów, węzłów drogowych i innych obiektów infrastruktury terenowej. Środkiem do tego mogą być: ładunki jądrowe średniej mocy, umożliwiające utworzenie stref silnych skażeń promieniotwórczych, lub iperyt i Vx tworzące strefy skażeń chemicznych. To pozwoli, wskutek niezbędnej konieczności przeprowadzenia manewru unikowego lub neutralizacji skażeń, na oderwanie się od ścigających wojsk.

W treści powyższych opisów zasygnalizowano problem BMR w działaniach ofensywnych. Czy taki będzie scenariusz działań? Czy takie będą formy użycia BMR? Trudno to jednoznacznie ocenić, chociaż można domniemywać słuszność przedstawionych stwierdzeń.

2.2.2. Zagrożenie w toku działań defensywnych

Działania obronne, do jakich wojska lądowe przechodzą czasowo, są koniecznością stwarzającą warunki przejścia do ofensywy.

Pododdziały i oddziały będą zagrożone BMR zarówno w czasie organizowania działań defensywnych, jak i w toku przegrupowania dla stworzenia warunków przejścia do działań ofensywnych.

Zagrożenia można upatrywać w uderzeniach jądrowych powietrznych na elementy przegrupowujących się wojsk lądowych i naziemnych dla stworzenia stref skażeń i dla zabezpieczenia skrzydeł nacierających wojsk. I obiektami mogą być:

- środki przenoszenia BMR;
- stanowiska dowodzenia;
- pododdziały (oddziały) odwodowe;
- elementy infrastruktury terenowej.

Broń chemiczna może być użyta po to, by zadać przeciwnikowi straty i jednocześnie stworzyć warunki działania wojskom własnym. Prawdopodobne może być użycie psychochemicznych bśt, chociaż niewykluczone będzie Vx i iperyt dla tzw. działań nękających, opóźniających rozbudowę obrony, zmuszenie do działania w środkach ochrony obniżających sprawność fizyczną i psychiczną żołnierzy i przez to zmniejszających poziom zdolności bojowej. W takiej sytuacji broń jądrowa i chemiczna może być zastosowana w tych obszarach działań bojowych, gdzie będzie się dążyć do wykonania zadań bojowych stosunkowo małą liczbą ludzi i sprzętu.

Pododdziały wojsk lądowych broniące się w bezpośredniej styczności z przeciwnikiem są narażone na działanie broni atomowej małej mocy. Broń chemiczna może być użyta (bśt sarin) wobec elementów ugrupowania na skrzydłach oraz wobec artylerii, stanowisk dowodzenia i pododdziałów drugiego rzutu (bśt trwałe) do ich obezwładnienia.

W toku działań obronnych użycie broni atomowej i chemicznej może mieć miejsce przeciwko pododdziałom pierwszorzutowym i położonym w głębi. Będą

to prawdopodobnie uderzenia powietrzne ze względu na to, by zachować bezpieczeństwo własnych wojsk wobec ewentualnych skażeń promieniotwórczych. Bojowe środki chemi8czne – sarin, BZ, LSD-25 – mogą być wykorzystane przeciwko pododdziałom na pierwszej pozycji obrony, a Vx, iperyt i soman (trwałe bśt) do zabezpieczenia skrzydeł i styków nacierających wojsk przez tworzenie stref skażeń chemicznych. Ich skutkiem może być:

- porażenie żołnierzy bez środków ochrony;
- skażenie sprzętu i środków walki;
- nękanie żołnierzy przeciwnika

co wpłynie na obniżenie zdolności bojowej wojsk.

2.3. Rola i znaczenie BMR w działaniach bojowych

Bez wglądu na sposób toczenia się działań bojowych, ich formy, zaangażowane siły i środki, itp. istotną sprawą jest pytanie o rolę i znaczenie broni masowego rażenia w systemie współczesnych środków rażenia. Odpowiedzi na nie można poszukiwać w różnych sferach opisowych. Jednakże znajdujemy ją w interpretacji zadań, jakie można przy jej pomocy wykonać na polu działań zbrojnych. Do nich zalicza się:

- po pierwsze, zniszczenie celów (pododdziałów, oddziałów) o małych wymiarach (liczbowych i powierzchniowych) bez narażenia się na niebezpieczeństwo odwetu;
- po drugie, zniszczenie lub pozbawienie zdolności do walki żołnierzy przeciwnika, ich wyczerpanie i znużenie prowadzące do obniżenia zdolności psychomotorycznych;
- po trzecie skażenie terenu lub sprzętu bojowego i innych zasobów w celu utrudnienia posługiwania się nim;
- po czwarte, porażenie żołnierzy pododdziałów i oddziałów znajdujących się w urządzeniach inżynieryjnych, sprzęcie bojowym i innych okryciach.

Wprawdzie nie wyklucza się selektywnego użycia poszczególnych rodzajów BMR, jednak jedną z zasad jej stosowania jest jej łączenie z innymi środkami rażenia. Pozwala to zadawać różnorodne obrażenia, zapewniające większą skuteczność rażenia niż przy oddzielnym użyciu tych środków walki.

Nieodłączną cecha oddziaływania BMR na żołnierzy wojsk lądowych w toku działań bojowych jest wywołanie skutków ubocznych. Zaliczyć do nich można zamieszanie, panikę, zakłócenia w przestrzeganiu nakazów ochrony, prowadzenia czynności ochronnych, itp., jakie występują wśród żołnierzy. Nawet przy wysokim stopniu przestrzegania dyscypliny i reguł obrony przed BMR wojska mogą utracić zdolność bojową w znacznym stopniu, w szeregu zdarzeń wskutek napięcia psychicznego, przeciążenia fizycznego oraz przemęczenia powodujących straty.

To wszystko prowadzi do wniosku, ze rola jaka może odegrać BMR nie jest mała, wręcz przeciwnie stale wzrasta wskutek postępu w technice orężnej i przemianach w środkach jej przenoszenia. Tym bardziej, ze wywoływane skutki rażące nie szukają dzisiaj i są porównywalne ze skutkami broni konwencjonalnej. To zaś wskazuje na możliwość jej powszechnego zastosowania przeciwko nieosłoniętym żołnierzom pododdziałów i oddziałów do obniżenia ich zdolności bojowej.

3 OCENA MOŻLIWOŚCI OBRONNO-OCHRONNYCH W WYMIARZE TAKTYCZNYM (OPERACYJNYM) I TECHNICZNO SPECJALNYM

Z ogniskowo-przestrzennego charakteru walki i istnienia na nim obiektów infrastruktury gospodarczej wynika, że w obszarze działań wojennych skażeń, spowodowane BMR będą towarzyszyły walczącym wojskom.

Jeśli tak jest, to pojawia się szereg pytań, zwłaszcza o to, jakie skutki będą wywoływać (skażenia – przyp. aut.) na polu walki?

Z doświadczeń historycznych dalszej i bliższej przeszłości, a i z treści wcześniejszych rozdziałów wynika, że skażenia będą razić żołnierzy, obniżać ich zdolność do działań i utrudniać te działania na polu walki.

Co zatem należy zrobić, ażeby zminimalizować skutki rażącego oddziaływania BMR na wojska?

Wydaje się, że najważniejsze będzie w porę użycie skutecznych środków ochronnych. Czy takie posiadamy?

Na te i inne pytania spróbuję odpowiedzieć w następnych podrozdziałach, opisując zależności:

- skażenia a zdolność bojowa wojsk;
- skażenia a możliwości ochrony wojsk przed ich skutkami.

3.1. Możliwości zachowania zdolności bojowej w warunkach zagrożeń w walce

Najpierw odpowiedzmy na pytania: Czym jest zdolność bojowa wojsk? i Czy istnieją wskaźniki określające jej poziom?

„Zdolność bojowa" to właściwości pododdziałów, oddziałów, związków taktycznych i operacyjnych przejawiające się w ich możliwościach taktycznych, operacyjnych lub bojowych wykonywania określonych zadań, postawionych przez

przełożonych lub podejmowanych z własnej inicjatywy, niezależnie od pory roku, doby, warunków atmosferycznych i właściwości terenu".

Regulamin działań taktycznych wojsk lądowych (sygn. Szt. Gen. 1422/94) wskazuje na dwa stany zdolności bojowej (trzeci to brak zdolności bojowej – przyp. aut.), a mianowicie:

- pełną zdolność bojową – możliwość natychmiastowego wykonania zadań;
- ograniczoną zdolność bojową – możliwość wykonania zadań w ograniczonym zakresie.

Regulamin prezentuje również główne czynniki składowe zdolności bojowej. Są nimi:

- poziom wyszkolenia bojowego wojsk i ich odporność na uderzenia przeciwnika;
- ilość i jakość środków walki i sprzętu bojowego, ich stan techniczny i gotowość do użycia w walce;
- stopień przygotowania pododdziałów i oddziałów do walki;
- możliwość prowadzenia rozpoznania wojsk i środków walki przeciwnika;
- gotowość środków i systemów elektronicznych do wykorzystania w dowodzeniu;
- możliwość zabezpieczenia logistycznego.

Wymienione powyżej czynniki w mniejszym lub większym stopniu są związane ze skutkami skażeń BMR. O wykonaniu zadania w warunkach skażeń zadecyduje umiejętność zachowania się żołnierzy w terenie skażonym oraz odporność ugrupowania na skutki tych skażeń. Stan techniczny środków ochrony przed skażeniami wpłynie na możliwości prowadzenia działań wojsk w terenie skażonym (jeżeli nie zapewniają ochrony przed BMR, to uniemożliwią wykonanie zadania w rejonie skażeń – przyp. aut.). Również pozostałe z wymienionych czynników zdolności bojowej będą wpływały na wykonanie zadania bojowego. Jeżeli zatem wykonanie tych zadań w warunkach skażeń okaże się w pełni niemożliwe, to możemy mówić o obniżaniu zdolności bojowej, spowodowanym BMR.

Kiedy taka sytuacja może wystąpić?

Z jednej strony, gdy zawiedzie podmiot – żołnierz, a z drugiej przedmiot – uzbrojenie i sprzęt wojskowy (UiSW). Może to nastąpić również wtedy, gdy wystąpią straty w ukompletowaniu wojsk.

Każde działania bojowe będą powodowały określone straty stanu osobowego i sprzętu. Zachowanie zdolności bojowej będzie zatem polegało, prócz utrzymania wojsk w gotowości do wykonania postawionych zadań, na posiadaniu odpowiedniej liczby żołnierzy zdolnych do wykonania zadań bojowych.

Sztab Generalny WP przyjmuje, ze straty wojsk lądowych w operacji obronnej (z uwzględnieniem m.in. sił przeciwnika na kierunku zagrożenia, warunków prowadzenia wojny, organizacji wojsk) kształtować się będą na następującym poziomie[51]:

a) dla ZT (jako podstawowej jednostki kalkulacyjnej) średnie straty dobowe:
   - przegrupowanie – 0,5-1,0% stanu etatowego;
   - obrona – I rz. oper. – 6,0-8,0% stanu etatowego;
   - obrona – odwody oper. – 4,0-6,0% stanu etatowego;
   - działania zaczepne (przeciwuderzenie) – 4,0-6,0% stanu etatowego;

b) dla korpusu – średnie straty dobowe:
   - w operacji obronnej – 2,0-3,0% stanu etatowego;
   - przeciwuderzenie – 3,0-4,5% stanu etatowego;
   - po dziesięciu dobach walki – 20,0-30,0% stanu etatowego;

c) dla jednostek OT w OW – 0,5-1,5% stanu etatowego;

d) dla jednostek operacyjnych OW:
   - obrona – I rzut operacyjny – 1,5-2,5% stanu etatowego;
   - obrona – odwody operacyjne – 1,0-1,5% stanu etatowego;

e) dla WLąd przy konfliktach zbrojnych o średniej intensywności – 2,0-2,5% stanu etatowego, w tym:
   - wojska operacyjne – 2,0-3,0% stanu etatowego;
   - wojska OT – 1,0-1,5% stanu etatowego.

---

[51] *Biuletyn Informacyjny Szt. Gen. Nr 1/94, s.100.*

Podobne poglądy prezentowane SA w Biuletynie Informacyjnym Szt. Gen. Nr 2/95. Przyjęte, w treści rozdziału „Zabezpieczenie logistyczne OW (korpusu) w trakcie przygotowania i prowadzenia działań operacyjnych", wskaźniki strat przedstawiają tabele: 5 i 6.

Cytowana na początku podrozdziału definicja zdolności bojowej, jak również podział zdolności bojowej na pełną i ograniczoną, nie podają wymiernych kryteriów jej oceny. Wskazuje się tu jedynie na możliwość wykonania zadań. Nie mniej we wspomnianym wcześniej Biuletynie Informacyjnym Szt. Gen. Nr 1/94 przytacza się wskaźniki liczbowe. Powołując się na doświadczenia przeszłych działań taktycznych autorzy biuletynu wskazują na „aktywne działania prowadzone przez ZT (pełna zdolność bojowa – przyp. aut.) przy stanie osobowym:

- powyżej 70% w działaniach obronnych;
- powyżej 75-80% w działaniach zaczepnych".

Tabela 45

Orientacyjne dobowe wskaźniki strat UiSW (w%) w KZ[1]

Lp.	Rodzaj uzbrojenia	W działaniach obronnych			W działaniach zaczepnych		Straty bezpowrotne średniodobowe. Zarządzenie Nr 05 z 13.01. 1995r.
		I rz.	odwodów	średnia	I rz.	odwodów	
1.	Czołgi	10-15	7-9	8-11	17-21	10-12	1,1
2.	BWP	9-15	6-8	7-10	12-14	13-17	0,9
3.	TO i SO	5-7	4-6	5-7	10-12	6-8	0,7
4.	Art. i moździ.	10-15	8-12	9-16	15-20	10-15	0,7
5.	Środki ppanc.	10-15	8-12	9-16	15-20	10-15	0,7
6.	Broń strzelecka	5-7	2-4	3-6	8-10	3-5	0,5
7.	Samochody	3-5	2-4	3-5	8-10	5-7	0,7

Uwaga: 1. Aneks do Vademecum Logistycznego (PF 276 z 02.12.1994 r.)
Na podstawie: Biuletyn Informacyjny Sztabu Generalnego nr 2/95, Warszawa 1995

Tabela 46

Prognozowane straty sanitarne (w %)

Szczebel organizacyjny	Operacja obronna	Przeciwuderzenie
KZ	2,0-3,0	3,0-5,0
OW	1,0-2,5	1,5-2,5

Na podstawie: Biuletyn Informacyjny Sztabu Generalnego nr 2/95

Uwzględniając prezentowane wcześniej średnie straty dobowe ZT będzie posiadał zdolność bojową w ograniczonym zakresie (bez uzupełniania strat):

- po 3-4 dobach operacji zaczepnej;
- po 4-5 dobach operacji obronnej (5-8 dób dla odwodów operacyjnych).

Przedstawione wielkości strat, jako parametry taktyczne działań wojennych, odnoszą się do potrzeb w zakresie uzupełnienia wojsk. Tworzą je wszelkie możliwe rodzaje strat, w tym także straty spowodowane skutkami skażeń powstałych po uwolnieniu TSP. Jednakże te ostatnie, prócz strat sanitarnych, powodują również straty nie uwzględniane przy obliczaniu stopnia ukompletowania jednostek wojskowych (utrata zdolności do działania pojedynczych żołnierzy – przyp. aut.).

W tym miejscu rozważań należy zastanowić się – czy, wskutek pośredniego oddziaływania BMR na wojska, obniżenie zdolności bojowej zostanie pogłębione? Chodzi o to, czy skażenia wywołane BMR, prócz strat osobowych, wywrą ujemne oddziaływanie na walczące wojska, powodując utrudnienie w wykonywaniu zadania bojowego lub wręcz uniemożliwiając jego wykonanie?

To co powiedzieliśmy do tej pory odnosiło się do problemu zdolności bojowej wojsk. Ale na zdolność bojową wojsk składa się sama zdolność pojedynczych żołnierzy. Zatem możemy ją rozpatrywać jako stan fizyczny i psychiczny pozwalający na działanie na polu walki w różnych warunkach otoczenia. Przejdźmy wobec tego do rozpatrywania zdolności do działania pojedynczego żołnierza.

Jest faktem, ze bezpośrednie oddziaływanie BMR na wojska powoduje porażenia żołnierzy, eliminujące ich w dalszej walki (straty śmiertelne i sanitarne –

rysunek 15). Wielkości owych strat umożliwiają liczbowe (wymierne) przedstawienie oceny wartości bojowej wojsk (zdolność do działania).

O wykonaniu zadania nie decyduje jednak sama liczba żołnierzy, lecz także ich jakość. Jak mogą na nią wpływać skażenia lub groźba ich powstania?

Zagadnieniu temu prof. Śladkowski poświęcił jeden z rozdziałów swojej pracy nr. „Obrona przeciwchemiczna a zagrożenia w czasie pokoju i wojny". Opisano w nim, ze rezultatem oddziaływania BMR (samej możliwości wystąpienia takiego oddziaływania – zagrożenie skażeniami), prócz porażeń sanitarnych, jak również wzrost napięcia psychicznego, przeciążenie fizyczne i psychiczne (m.in. wskutek użycia indywidualnych środków ochrony przed skażeniami). Mogą one prowadzić do zmniejszenia efektywności prowadzenia działań, opóźnień w wykonaniu zadania, a tym samym do obniżenia zdolności bojowej żołnierzy (rysunek 16).

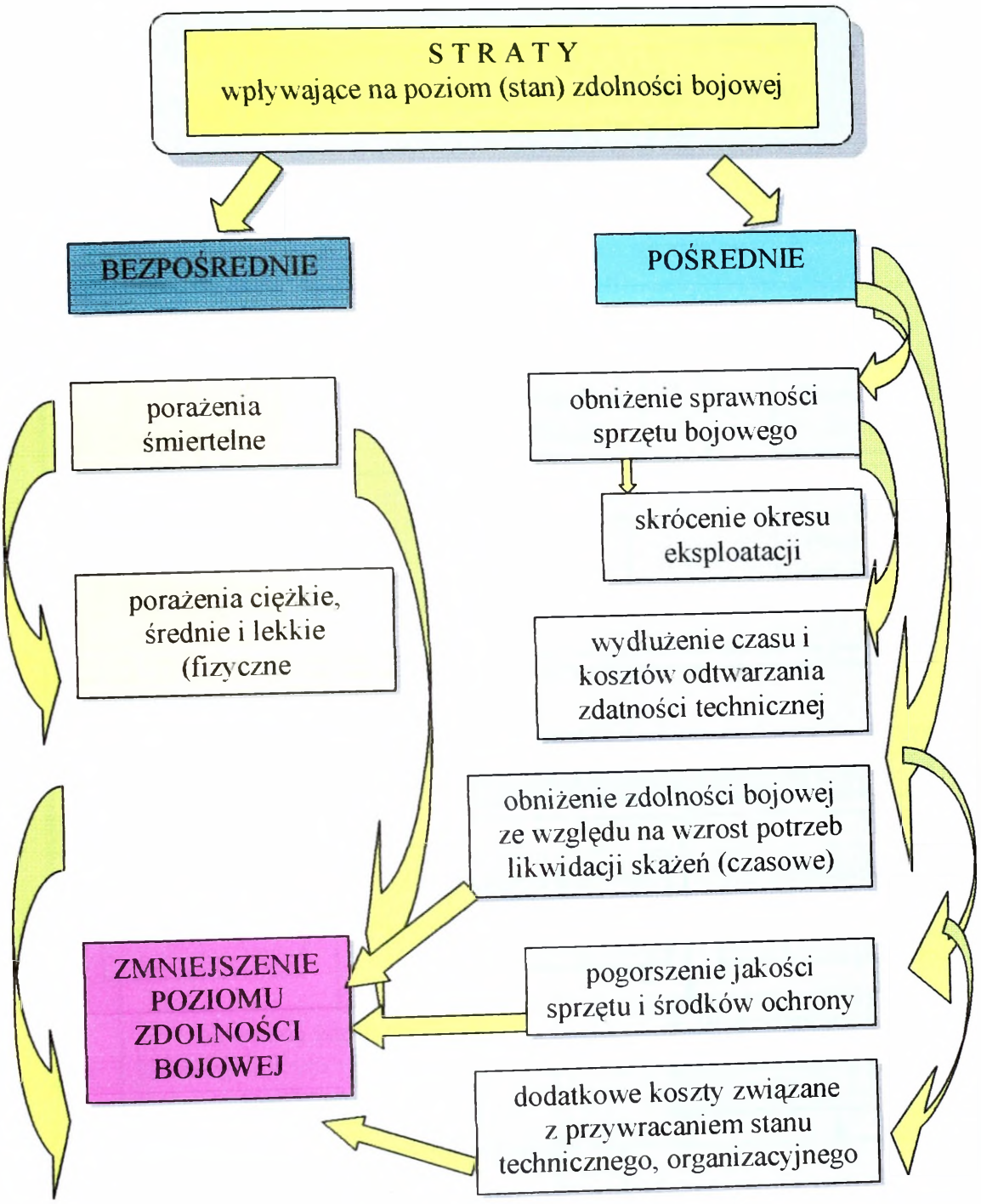
Świadczy o tym i potwierdza zasadność problemu np. zachowanie się żołnierzy w konflikcie w rejonie Zatoki Perskiej. Dowiedziono bowiem, że użycie odzieży ochronnej w tym konflikcie spowodowało obniżenie sprawności psychomotorycznej walczących wojsk:

- o 53% w wykonywaniu komend i rozkazów;
- o 60% w strzelaniu ogniem pojedynczym z karabinu M16;
- o 17% w strzelaniu seriami z karabinu M16;
- o 50% przy obsłudze środków łączności[52]

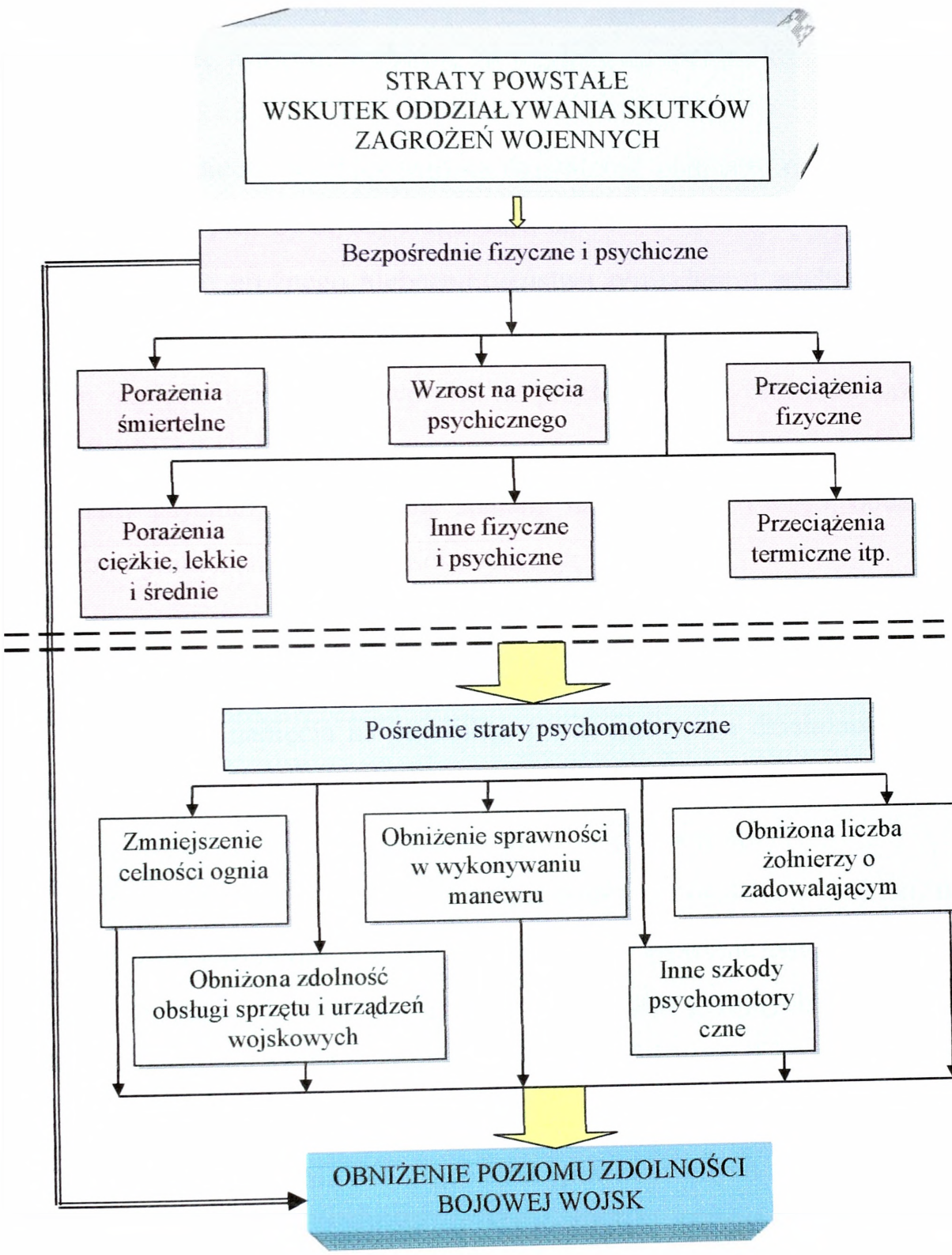
Odpowiadając zatem na wcześniejsze pytanie możemy stwierdzić, że obok rażenia fizycznego skutki użycia TSP oddziałują na psychikę, ważny choć trudno mierzalny składnik zdolności bojowej.

---

[52] Śladkowski S., Toksyczne środki przemysłowe (Zagrożenie, metody oceny, ochrona), AON, Warszawa 1993, s.15.



Rys. 15. Klasyfikacja strat oraz ich związki ze stanem zdolności bojowej



Rys. 16. Typologia ewentualnych strat spowodowanych zagrożeniami wojennymi oraz związki ze zdolnością bojową

Można przypuszczać, że sprawność psychomotoryczna wojsk działających w obszarze POW może ulec obniżeniu tak, jak to miało miejsce w rejonie Zatoki Perskiej z tym, że wartości liczbowe, ze względu na różnice klimatyczne, nie będą aż tak duże.

Wpływ napięcia psychicznego na działalność żołnierzy opisuje również w jednej ze swoich prac B. Styksy wskazując, iż:

- „przeżywanie groźnego niebezpieczeństwa powoduje u wielu żołnierzy napięcie nerwowe przejawiające się w zmianach funkcji fizjologicznych;
- stan napięcia nerwowego wpływa na przebieg takich procesów jak: uwaga, myślenie, pamięć itp.;
- zmiany psychiczne, wywołane stanami napięcia nerwowego, oddziałują na wyniki praktycznej działalności żołnierzy;
- napięcie może wpływać na psychikę i działanie na żołnierzy depresyjnie i mobilizująco;
- różny wpływ napięcia na psychikę, a tym samym na działalność żołnierzy, zależy od ich cech osobowych, między innymi od postawy moralnej, wyszkolenia, doświadczenia, stosunku do służby wojskowej itp."[53]

Napięcie psychiczne może zatem spowodować, opisane wcześniej, obniżenie sprawności psychomotorycznej żołnierzy lub wywołać określone straty psychiczne[54] Problem strat psychicznych, w działaniach zbrojnych, dostrzegano już od dawna lecz dopiero lekarze armii napoleońskiej zaczęli go opisywać (wtedy jako nerwowe majaczenie).

Rozleglejsze badania dotyczące strat spowodowanych stresem walki zaczęto prowadzić po I wojnie światowej. Na podstawie dostępnej literatury[55] dowia-

---

[53] *Styksy B., Psychologiczna charakterystyka walki zbrojnej, skrypt ASG, Warszawa 1987, s.17.*

[54] *Ogół niekorzystnych psychologicznych skutków długotrwałego uczestnictwa w walce, przejawiających się w trzech strefach: somatycznej, psychicznej i behawioralnej, prowadzących do znacznego spadku, bądź nawet całkowitej utraty zdolności do działania i powodujących wyłączenie żołnierzy z walki – zob. Rokicki B., Psychologia dowodzenia cz. III, AON, Warszawa 1997, s.37.*

[55] *Cytowane w :Psychologia dowodzenia cz. III, AON, Warszawa 1997:*
- *Radzyński Z., Problemy życia psychicznego żołnierzy;*
- *Bilikiewicz T., Psychoterapia w praktyce ogólnowojskowej, Warszawa 1970;*
- *Noy S., Combat stress reactions, [w:] Gol R., dbook of Military Psychology, New York 1991;*
-Borgosz J., Psychologia – czwarty rodzaj broni?, Polska Zbrojna 1991, nr 13 i 14.

dujemy się, że straty psychiczne w latach 1915-1918 wynosiły w armii niemieckiej i brytyjskiej średnio 10%, a łączna ilość hospitalizowanych przypadków neuropsychiatrycznych osiągnęła prawie 100 tysięcy osób. W czasie II wojny światowej straty psychiczne w armii amerykańskiej wynosiły prawie 1,4 miliona żołnierzy, a wskaźnik reakcji stresu walki dochodził, w niektórych bitwach, do 48% ogółu rannych. W wojnie październikowej 1973 roku na Bliskim Wschodzie (Izrael a Egipt i Syria) zanotowano 70% strat psychicznych wśród rannych żołnierzy izraelskich.

W opinii B. Rokickiego, podzielającego poglądy specjalistów NATO, straty psychiczne (a raczej reakcje stresu walki) mogą być współcześnie równe, a nawet większe niż straty spowodowane bezpośrednim oddziaływaniem ogniowym. Tak wysokie straty mogą powstać zwłaszcza tam, gdzie nie przygotowano żołnierzy pod względem psychologicznym w toku szkolenia bojowego, oraz gdzie nie respektowano zasad pracy psychologicznej w walce.

W jakim stopniu na wielkość strat psychicznych mogą wpłynąć BMR i skażenia nią wywołane?

W cytowanej powyżej opinii, jej wyraziciel wskazuje na możliwość określenia wpływu skażeń na zachowanie żołnierzy (np. przerażenie, strach, lęk, stany depresyjne) lecz wskazanie na wielkość strat psychicznych spowodowanych skażeniami, wydaje się mu niemożliwe (ze względu na mnogość czynników warunkujących zachowanie - sytuacyjnych, osobowościowych i czynnościowych).

Możemy wobec tego przyjąć, że skażenia BMR przyczyniają się do powstawania strat psychicznych oraz, zgadzając się z powyższą opinią, że nie możemy określić tych strat.

Czy jesteśmy w stanie określić, w jakim zakresie one powstają?

Odpowiedź na to pytanie jest jeszcze bardziej złożona niż na poprzednie. Nie dotarłem bowiem do opracowania obejmującego ocenę strat psychicznych powodowanych BMR. Jedynym materiałem dotyczącym określania strat psychicznych była publikacja w MW nr 3/1987 autorstwa Łagosza na temat „Prognozowanie sytuacji urazowo-psychicznej składu osobowego wojsk w rejonie

porażenia jądrowego"[56]. Autor omawianego materiału, na podstawie klinicznej analizy zaburzeń nerwowo psychicznych wywołanych licznymi trzęsieniami ziemi (Wiernyj – 1997, Jałta – 1927, Aszchabad – 1948, Skopje – 1963, Taszkient – 1966), dokonał klasyfikacji możliwych zaburzeń według stopnia porażenia i utraty zdolności bojowej (tabela 47).

Tabela 47

Klasyfikacja możliwych zaburzeń nerwowo-psychicznych wśród składu osobowego według stopnia porażenia, utraty zdolności bojowej i terminu jej odzyskania

Zaburzenia nerwowo-psychiczne	Stopień porażenia	Utrata zdolności bojowej	Termin powrotu do linii
Reakcje nerwicowe i psychiczne	-	Krótkotrwała, od kilku minut do jednej doby	Pozostanie w linii, nie wymagające leczenia
Ostre psychozy	Lekki i sredni	Długotrwała od 5 do 10 osób	Po upływie 10-15 dób
Stany nerwicowe	Średni i ciężki	Długotrwała, 2-3 tygodnie do miesiąca	Częściowo, po upływie 1-1,5 miesiąca
Przewlekle psychozy reaktywne	Ciężki	Zupełna, powyżej dwóch miesięcy	Leczenie kilkumiesięczne

Na podstawie: Łagosz „Prognozowanie sytuacji urazowo-psychicznej składu osobowego wojsk w rejonie porażenia jądrowego, MW nr 3/87

W dalszej części publikacji jego autor podaje kilka wzorów do prognozowania zdolności bojowej. W jednym z nich można ją prognozować, zdaniem autora, przy pomocy aktywności bojowej (wzór 1).

Prezentowanych w artykule wartości wskaźników, występujących w powyższym wzorze, nie można rzecz jasna odnieść w prostej linii do sytuacji skażeń chemicznych, toteż problem znalezienia odpowiednich wartości wskaźników dla tej sytuacji pozostaje otwarty.

---

[56] *Omówienie artykułu Milowanowa W.P. – „Informacionnyj sbornik staba OS" nr 32/1986.*

$$A_b = 1 - \exp\left[-k_{mpp} * k_{zdr}\,(1-k_{zm})\right]; \qquad (1)$$

gdzie: A_b - aktywność bojowa

exp - podstawa logarytmu naturalnego;

k_{mpp} - wartość liczbowa wskaźnika stanu moralno-politycznego i psychologicznego wojsk;

k_{zdr} - wartość liczbowa wskaźnika charakteryzującego stan zdrowotny wojsk;

k_{zm} - wartość liczbowa wskaźnika zniszczenia siły żywej.

Uważam, że możliwie szybko powinna zająć się tym problemem grupa psychologów.

Powróćmy jeszcze do strat fizycznych.

Zgodnie z metodyką[57], straty fizyczne – porażenia, które mogą powstać w strefach skażenia chemicznego, kształtować się będą na poziomie:

- w rejonie zniszczenia obiektu – 100% stanu osobowego bez środków izolacyjnych ochrony dróg oddechowych;
- w strefach rozprzestrzeniania się skażeń – 1-3% stanu osobowego w środkach filtracyjnych ochrony dróg oddechowych (niesprawność i uszkodzenia masek przeciwgazowych).

Innym poważnym zagrożeniem związanym ze zdolnością bojową może być wpływ skażeń na możliwości manewrowe wojsk. Zagadnieniu temu poświęcony będzie następny podrozdział pracy.

3.2. Potrzeby i możliwości ochronne sprzętu bojowego wojsk

Potrzeby obrony (ochrony) wojsk przed skażeniami zrodziła wojna. Mimo upływu czasu ciągle są one utrzymywane przez kontynuowanie wyścigu zbrojeń. Wiedzie on ku poszukiwaniu doskonalszych środków walki, by coraz skuteczniej niszczyć przeciwnika, szybciej rozgramiać jego siły i osiągać sukces w przewi-

---

[57] *Metodyka oceny sytuacji chemicznej po skażeniach TSP, MON 1993 r.*

dywanej wojnie (sytuacji kryzysowej). Ale doskonalenie broni prowadzi także, z czego zdajemy sobie sprawę, do zmian rodzaju i jakości zagrożenia.

Oczywiste jest, że obrona (ochrona) wojsk nie zawsze była na takim samym poziomie. Jej wymagania zarówno wobec sprzętu i środków ochrony przed skażeniami, jak i wobec zasad ich użycia, eksploatacji itp., zmieniały się, dostosowując do coraz to innych zagrożeń, jakie pojawiały się i jakie będą się pojawiać na polu walki.

Niewątpliwie dzień 22 kwietnia 1915 roku był początkiem do dziś rozwiązywanego problemu zaspokajania potrzeb obrony (ochrony) przed skażeniami. Wtedy to zjawiła się na frontach I wojny światowej broń chemiczna. Przyniosła ona z sobą nowy rodzaj zagrożenia: zagrożenie wojsk skażeniami powietrza i terenu działań bojowych. Od tej chwili niezbędna stała się ochrona (obrona) przed skażeniami inhalacyjnymi. W jakiś czas potem, po zastosowaniu w walce ciekłych środków trujących, potrzeby wojsk poszerzyły się o ochronę przed zewnętrznymi skażeniami kroplowymi. Jeszcze później, po II wojnie światowej, do uzbrojenia weszła broń jądrowa, wprowadzając na pole walki inny, nieznany dotychczas rodzaj zagrożenia, rozszerzając potrzeby obrony (ochrony) wojsk o nowe zagadnienia wymagające rozwiązania. Nieodzowna się stała, obok chemicznej, obrona (ochrona) przed skażeniami promieniotwórczymi.

Tak więc powstającym zagrożeniom, początkowo chemicznego, później atomowo-chemicznego pola walki, wojska musiały i muszą do dziś przeciwstawiać „środki", zapewniające żołnierzom obronę (ochronę) przed utratą zdrowia i życia.

Dlatego też przez minione dziesięciolecia zagadnienia obrony (ochrony) przed skażeniami były stale rozwijane, a rosnące potrzeby zaspokajane przez modernizowanie i doskonalenie sprzętu ochrony indywidualnej i zbiorowej.

Ten krótki rys historyczny wskazuje i potwierdza, że obrona (ochrona) przed skażeniami jak była aktualna niegdyś, tak bez wątpienia jest aktualna dziś.

Zagrożenia bowiem są takie same, tyle tylko, że może je spowodować użycie coraz nowszych generacji broni masowego rażenia. Wskazuje także, iż proces

zaspokajania potrzeb obrony (ochrony) wojsk i ludności przed skażeniami ciągle się rozwija, zmieniając tylko zakres, rozmiary oraz jakość i dostosowując się do sytuacji zagrożeń, jakie pojawiają się oraz jakie mogą się pojawić na perspektywicznym polu walki.

Potrzeby obrony (ochrony) wynikają z konkretnego zagrożenia. Jest ono jednak różnie postrzegane. Nie ulega wątpliwości także i to, że bardzo często popadamy ze skrajności w skrajność, szczególnie jeśli chodzi o określenie przez nas możliwości pojawienia się rodzaju realnego zagrożenia w ewentualnej wojnie. A to często prowadzi albo do bagatelizowania owego problemu, albo do nadawania mu nie zawsze właściwej roli. To zaś z kolei nie pozostaje bez wpływu na potrzeby i możliwości obronienia (ochronienia) się przed następstwami skażeń.

W ciągu kilku ostatnich minionych lat, w kręgach militarnych i politycznych przesunięto na dalszy plan rolę, jaką odgrywała broń jądrowa i chemiczna w toku wojny. Do tego przyjęto nie zawsze w pełni uzasadnione założenie, iż toczący się proces redukowania liczebności armii różnych systemów militarnych oddala prawdopodobieństwo wojny z jej stosowaniem.

W prawdzie rozwój nowoczesnych konwencjonalnych środków walki i niektóre współczesne nam konflikty zbrojne zdawały się założenie takie potwierdzać, ale zaprzecza temu sytuacja na arenie międzynarodowej. Nie można także wykluczyć sytuacji, że broń masowego rażenia nie dostanie się w niepowołane ręce. Tym bardziej jest to niebezpieczne, że nasilają się w świecie tendencje jej posiadania.

To powoduje, że nie można przechodzić obojętnie obok zagadnień obrony (ochrony) wojsk i ludności przed skażeniami.

Z oceny zagrożenia wojsk bronią masowego rażenia wynika, że pododdziały, a niekiedy całe oddziały i związki taktyczne zmuszone będą do długotrwałych działań w strefach skażeń promieniotwórczych, chemicznych i biologicznych.

Konieczne jest więc stosowanie różnorodnych środków obrony (ochrony) przed skażeniami. Skuteczność obrony (ochrony) zależna jest od umiejętności i sposobu wykorzystania etatowych środków ochrony przed skażeniami znajdują-

cych się w wyposażeniu każdego żołnierza, a także wykorzystania właściwości ochronnych sprzętu bojowego, urządzeń filtrowentylacyjnych i warunków terenowych. Wykorzystanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami – masek przeciwgazowych i odzieży ochronnej – ma istotny wpływ na obniżenie strat spowodowanych skażeniami (o 60-90%), jednak powoduje poważny spadek sprawności działania fizycznego i umysłowego (o 25-30%)[58].

Ponadto indywidualne środki ochrony przed skażeniami nie chronią przed falą uderzeniową i promieniowaniem przenikliwym wybuchu jądrowego i tylko nieznacznie osłabiają działanie rażące promieniowania cieplnego, a łączny czas przebywania w maskach przeciwgazowych nie powinien przekraczać 6-8 godzin. Część niedogodności związanych z wykorzystaniem indywidualnych środków ochrony przed skażeniami eliminują ruchome środki ochrony zbiorowej: wyposażenie w urządzenia filtrowentylacyjne – transportery opancerzone, bojowe wozy piechoty, czołgi i nadwozie wozów specjalnych. Długotrwałe korzystanie z tych środków obok niewątpliwych zalet ma szereg wad, do których można zaliczyć ograniczone możliwości organizacji odpoczynku, spożywania posiłków i udzielania pomocy medycznej porażonym. Ponadto ilości etatowe tych środków nie zapewniają ochrony wszystkim żołnierzom pododdziałów (oddziałów, ZT), a nawet ich większej części. Żołnierze, którzy korzystają z ruchomych środków ochrony przed skażeniami w stosunku do całego stanu osobowego w pododdziałach (oddziałach, ZT) stanowią od 15 do 57%[59].

Ogólnie rzecz biorąc, środki ruchome zapewniają ochronę przed bezpośrednim skażeniem promieniotwórczym i chemicznym oraz kilkakrotnie osłabiają dawkę promieniowania przenikliwego (samochody specjalne – 2 razy, transportery opancerzone – 4 razy, czołgi – 10 razy).

Niemniej jednak całkowitą ochronę żołnierzy przed skażeniami pyłem promieniotwórczym, środkami trującymi i biologicznymi oraz znaczne osłabienie

---

[58] *Zabezpieczenie chemiczne działań bojowych pułk dywizja, Warszawa, MON 1981, s. 45.*
[59] *M. Krauze, I. Nowak, S. Śladkowski, Obrona przeciwchemiczna wojsk armii w operacji obronnej na obszarze kraju, Warszawa, AON 1990, s. 83.*

działania pozostałych czynników rażenia broni jądrowej zapewniają obiekty inżynieryjne wyposażone w urządzenia filtrowentylacyjne. W świetle zagrożenia bronią masowego rażenia organizacja obrony (ochrony) zbiorowej wojsk i ludności w okresie wojny i kryzysu powinna zapewnić długotrwałą obronę (ochronę) przed skażeniem i porażeniem przy kompleksowym wykorzystaniu indywidualnych i zbiorowych środków ochrony.

3.2.1. Możliwości ochrony wojsk przed skażeniami promieniotwórczymi

Wiadomo, że całkowita obrona (ochrona) przed wszystkimi czynnikami broni jądrowej w warunkach wojny, kryzysu jest niemożliwa. Dlatego też ważnym zagadnieniem jest określenie zakresu tej obrony (ochrony) możliwego do osiągnięcia i na tej podstawie określenie ogólnych wymagań w stosunku do stacjonarnych środków ochrony zbiorowej.

Wymagania te dotyczą obrony (ochrony) przed rażeniem: falą uderzeniową, promieniowaniem cieplnym i promieniowaniem przenikliwym, skażeniem promieniotwórczym i chemicznym.

Działanie rażące na organizm ludzki fali uderzeniowej może być bezpośrednie i pośrednie. Działanie bezpośrednie jest wynikiem gwałtownych zmian ciśnienia czoła fali uderzeniowej (impulsem nadciśnienia) i ciśnienia dynamicznego. Działanie pośrednie sprowadza się do zranień i uszkodzeń ciała w wyniku ugodzenia odłamkami niszczącymi podmuchem budowli, sprzętu bojowego i innych obiektów. Rozpatrując rażenie ludzi w ukryciach polowych należy brać pod uwagę rażenie bezpośrednie, gdyż przed rażeniem pośrednim ludzie są w pełni zabezpieczeni. Impuls nadciśnienia czoła fali uderzeniowej powodujący rażenie bezpośrednie – utrata zdolności bojowej wynosi od 0,02 MPa/moc wybuchu powyżej 100 kt/ do 0,14 MPa/moc poniżej 1 kt/[60]. Konstrukcja ukryć powinna osłabić rażące działanie fali uderzeniowej jednak jest oczywiste, że ukrycia typu polowego nie zabezpieczają ludzi przed porażeniem w dowolnym punkcie pola ra-

---

[60] *J. Pięta, J. Szymczak, A. Zadrąg, Wykorzystanie stacjonarnych środków zbiorowej ochrony przed skażeniami w wojskach operacyjnych, Warszawa, ASG WP 1981, s. 14.*

żenia fali uderzeniowej, gdyż posiadają one określoną odporność na zniszczenie. Wartości nadciśnień fali uderzeniowej, powodujące zniszczenia obiektów inżynieryjnych wynoszą:

- przykrytych szczelin 0,008 MPa;
- drewniano ziemnych punktów obserwacyjnych 0,12 MPa;
- schronów przedpiersiowych 0,15 MPa;
- schronów typu lekkiego 0,25 MPa;
- schronów typu ciężkiego 0,75 MPa;
- długotrwałych urządzeń obronnych 1,5 MPa.

Z powyższego wynika, że warunkiem niezbędnym i wystarczającym, jaki powinny spełniać ukrycia polowe jest takie zredukowanie nadciśnienia panującego na zewnątrz ukrycia, aby nadciśnienie wewnątrz było niższe od 0,02 MPa. Współczynnik redukcji powinien wynosić dla:

- przykrytych szczelin – 4 razy,
- drewniano ziemnych punktów obserwacyjnych – 6 razy,
- schronów przedpiersiowych – 7,5 razy,
- schronów typu lekkiego – 12,5 razy,
- schronów typu ciężkiego – 37,5 razy,
- długotrwałych urządzeń obronnych – 75 razy[61].

Obiekt powinien osłabiać rażące działanie fali uderzeniowej i zmniejszać promień rażenia ludzi w takim stopniu, aby porażenie ich wewnątrz obiektu nie występowało w większej odległości od punktu zerowego wybuchu niż wynosi promień zniszczenia danego obiektu. Nadciśnienie wewnątrz powinno być scedowane w granicach od kilku do kilkudziesięciu razy w stosunku do nadciśnienia zewnętrznego.

Działanie rażące na ludzi promieniowania cieplnego polega na wywoływaniu różnych stopni oparzeń ciała. Oparzenia te mogą być wywoływane bezpośrednio

---

[61] *Tamże, s. 18.*

– w wyniku pochłonięcia energii cieplnej rozchodzącej się prostoliniowo od świecącej kuli ognistej i pośrednie – od palących się przedmiotów.

Oparzenie pośrednie może nastąpić w przypadku zapalenia się łatwopalnych części konstrukcyjnych obiektu. Z powyższego wynika, że obiekt powinien zabezpieczać ludzi przed bezpośrednim działaniem impulsu cieplnego wybuchu jądrowego i być odporny na zapalenie się w odległości od punktu zerowego wybuchu jądrowego równej i większej niż wynosi promień zniszczenia go falą uderzeniową.

Stopień porażenia organizmu promieniowaniem przenikliwym wybuchu jądrowego związany jest z ilością pochłoniętej energii. Charakteryzuje go wielkość dawki promieniowania. Porażenie objawia się w postaci choroby popromiennej. Wartością progową dawki wywołującej pierwszy (lekki) stopień choroby popromiennej, jest dawka 100 cGy. Dawka dopuszczalna przy jednokrotnym napromienieniu wynosi 50 cGy. Poniżej tej granicy choroba popromienna w zasadzie nie powinna wystąpić nawet przy dużej populacji napromieniowanych. Dawka pochłonięta przez żołnierzy wewnątrz ukrycia zależy niewątpliwie od dawki zewnętrznej. W celu jego określenia należy więc ustalić dawkę maksymalną zewnętrzną. Dawka zewnętrzna w polu promieniowania przenikliwego gwałtownie zmienia się wraz z niewielką zmianą odległości od punktu zerowego wybuchu. Jej maksimum przypada w punkcie zerowym. Jest jednak oczywiste, że tej wartości nie ma sensu przyjmować do obliczeń, gdyż prawie wszystkie obiekty inżynieryjne ulegną tu zniszczeniu mechanicznemu. Celowo jest natomiast przyjmować dawkę maksymalną w takiej odległości od punktu zerowego wybuchu, w której obiekty te chronią żołnierzy przed rażeniem pozostałymi czynnikami rażącymi falą uderzeniową i promieniowaniem cieplnym. Odległość ta, w świetle wyżej przeprowadzonych rozważań dotyczących rażenia ludzi falą uderzeniową, odpowiada promieniowi zniszczenia danego obiektu. Zależy ona od mocy wybuchu. Proporcje pomiędzy zasięgiem poszczególnych czynników rażenia w rejonach wybuchów ładunków jądrowych o różnych mocach są takie, że im mniejsza jest moc wybuchu, tym bardziej wyeksponowane jest promieniowanie przenikli-

we kosztem zmniejszenia zasięgu pozostałych czynników. Dlatego też przy danym (założonym) nadciśnieniu fali uderzeniowej maksymalna dawka promieniowania przenikliwego wystąpi w rejonie wybuchów ładunków bardzo małych mocy, a szczególnie ładunków neutronowych. Tak więc wybuch ładunku neutronowego należy przyjąć za podstawę do wyznaczenia dawek maksymalnych, a następnie współczynników jej redukcji. Wyżej przedstawionym wartościom nadciśnienia fali uderzeniowej powodującym zniszczenie obiektów inżynieryjnych w rejonie wybuchu ładunków neutronowych o mocy 1 Gg, odpowiadają następujące odległości od punktu zerowego wybuchu:

- dla przykrytych szczelin – 150 m,
- drewniano-ziemnych punktów obserwacyjnych – 120 m,
- schronów przedpiersiowych – 100 m,
- schronów typu lekkiego – 80 m,
- schronów typu ciężkiego – 20 m,
- długotrwałych urządzeń obronnych – 0 m[62].

Odległościom tym odpowiadają następujące dawki promieniowania przenikliwego:

- dla przykrytych szczelin – $3 \cdot 10^6$ cGy
- drewniano-ziemnych punktów obserwacyjnych – $4 \cdot 10^6$ cGy,
- schronów przedpiersiowych – $6{,}2 \cdot 10^6$ cGy,
- schronów typu lekkiego – $7 \cdot 10^6$ cGy,
- schronów typu ciężkiego – 10^7 cGy,
- długotrwałych urządzeń obronnych – 10^7 cGy.

Aby powyższe dawki zredukować do dawki dopuszczalnej (50 cGy) należy zapewnić następujące współczynniki redukcji dawki:

- dla przykrytych szczelin – $6 \cdot 10^4$ cGy
- drewniano-ziemnych punktów obserwacyjnych – $8 \cdot 10^4$ cGy,

---

[62] *W rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 Gg wykonanego na wysokości 150 m nie występuje nadciśnienie powodujące zniszczenie długotrwałych urządzeń obronnych (1,5 MPa). Dlatego do określenia dawki maksymalnej należy przyjmować dawkę w punkcie zerowym.*

- ❖ schronów przedpiersiowych – $1{,}2 \cdot 10^5$ cGy,
- ❖ schronów typu lekkiego – $1{,}4 \cdot 10^5$ cGy,
- ❖ schronów typu ciężkiego – $2 \cdot 10^5$ cGy,
- ❖ długotrwałych urządzeń obronnych – $2 \cdot 10^5$ cGy.

Na podstawie przeprowadzonych rozważań można sformułować wymagania ogólne w stosunku do stacjonarnych obiektów ochrony przed skażeniami, dotyczące ochrony ludzi przed promieniowaniem przenikliwym.

Ogólnie obiekt powinien zmniejszać dawkę promieniowania przenikliwego do wartości dopuszczalnej w odległości od punktu zerowego wybuchu jądrowego równej i większej od promienia zniszczenia danego obiektu falą uderzeniową. Współczynniki redukcji dawek powinny być zawarte w granicach $6 \cdot 10^4$-$2 \cdot 10^5$.

Niebezpieczeństwo dla ludzi związane z kolejnym czynnikiem rażenia wybuchu jądrowego – skażeniem promieniotwórczym – może być dwojakie.

Po pierwsze – żołnierze przebywający w terenie skażonym są narażeni na napromieniowanie zewnętrzne i związane z tym pochłonięcie dawek przekraczających dawki dopuszczalne, co w konsekwencji prowadzi do choroby popromiennej oraz, po drugie – mogą być narażeni na skażenia pyłem promieniotwórczym (pierwotne lub wtórne). Skażenie umundurowania, skóry i śluzówek, a także przeniknięcie pyłu promieniotwórczego do wnętrza organizmu poprzez drogi pokarmowe i oddechowe może doprowadzić do ciężkich miejscowych porażeń organizmu nawet w tych przypadkach, kiedy dawka napromienienia zewnętrznego będzie znacznie niższa od dopuszczalnej.

Maksymalna dawka napromienienia w terenie skażonym pyłem promieniotwórczym w czasie całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych w środku strefy szczególnie niebezpiecznego skażenia wynosi 10^4 cGy. Wynika z tego, że wymagana krotność osłabienia promieniowania w terenie skażonym dla wszystkich rodzajów ukryć wynosi $2 \cdot 10^2$.

Wielkość ta jest znacznie mniejsza od wymaganych współczynników redukcji dawek promieniowania przenikliwego, tj. ukrycia spełniające wymagania

sformułowane dla promieniowania przenikliwego całkowicie zabezpieczają przed napromienieniem w terenie skażonym.

Rażenie pyłem promieniotwórczym ludzi znajdujących się w ukryciach może nastąpić w wyniku przeniknięcia pyłu do wnętrz wraz z powietrzem, głównie w momencie jego wypadania (skażenie pierwotne) lub wniesienia go przez inne osoby – przybywające z zewnątrz. Konstrukcje ukryć i zasady ich eksploatacji powinny zabezpieczyć ludzi przed obydwiema ewentualnościami.

W związku z powyższym można uznać, że obiekty ochrony powinny zapewnić całkowitą i długotrwałą ochronę ludzi przed pierwotnym i wtórnym skażeniem pyłem promieniotwórczym.

3.2.2. Możliwości ochrony wojsk przed skażeniami chemicznymi

Porażenia ludzi bronią chemiczną następuje w wyniku przedostania się kropel i aerozolu środka trującego na powierzchnię ciała i jego przeniknięcie do organizmu przez skórę oraz w wyniku przeniknięcia aerozolu i par środka trującego przez błony śluzowe, drogi oddechowe i przewód pokarmowy. Porażenie (skażenie) kroplami i aerozolem może nastąpić w rejonie uderzenia chemicznego – natychmiast po jego wykonaniu lub po upływie kilkunastu-kilkudziesięciu minut, w strefie rozprzestrzeniania się aerozolu. Porażenie parami środka trującego może nastąpić zarówno w rejonie uderzenia chemicznego, jak i w obszarze rozprzestrzeniania się pierwotnego i wtórnego obłoków skażonego powietrza. Długotrwałość niebezpieczeństwa porażenia obłokiem pierwotnym wynosi do kilkudziesięciu minut od momentu wykonania uderzenia, a wtórnym – równa jest trwałości danego środka trującego w konkretnych warunkach meteorologicznych (od kilkunastu minut do kilku miesięcy).

Obłok chemiczny może wędrować dziesiątki kilometrów póki przestanie być niebezpieczny. Całkowicie niezabezpieczeni ludzie mogą oczekiwać, że dopiero w odległości 20 km od celu nie zginą w wyniku działania współczesnych bojo-

wych środków trujących, a nie będą mieli objawów ciężkiego zatrucia dopiero w odległości 40 km[63]

Biorąc powyższe pod uwagę wydaje się, że właściwe wyposażenie i wyćwiczenie wojska (ale także ludności cywilnej) w zakresie obrony przed bronią chemiczną ma zasadnicze znaczenie dla zapobiegania jej użycia i zmniejszenia skutków jej zastosowania.

Zachodzi pytanie czy praktycznie możliwe jest takie zabezpieczenia wojska (ludności).

Współczesne maski przeciwgazowe zatrzymują do 99% cząstek substancji toksycznych. Prawidłowo i szybko założone powinny powodować, że straty w wyniku zastosowania broni chemicznej byłyby przynajmniej o jeden rząd wielkości mniejsze niż po zastosowaniu broni konwencjonalnej[64].

Nowoczesna filtracyjna odzież ochronna wydaje się zabezpieczać w wystarczającym stopniu przed działaniem bojowych środków trujących w znacznie mniejszym stopniu wpływając na ograniczenie zdolności bojowej żołnierza niż rozwiązania poprzednie.

Obecne urządzenia detekcyjne pozwalają na wczesne powiadomienie o ataku chemicznym, a co za tym idzie, na szybkie zastosowanie środków ochrony indywidualnej i zbiorowej.

Wszystkie te stwierdzenia są niewątpliwie prawdziwe. Praktyczna jednak ich ocena wartości ochronnych w warunkach współczesnego środowiska pola walki jest nieco mniej optymistyczna.

Obecnie produkowana maski przeciwgazowe są rzeczywiście bardzo skuteczne i dużo wygodniejsze od poprzednich. Nawet jednak bardzo dobra brytyjska maska przeciwgazowa typu S6 obniża zdolność widzenia o 25%, zmniejszając możliwości kontaktu głosowego o 2/3. Obarcza ponadto wysiłkiem porównywalnym z noszeniem ciężaru 8 kg. Współczesne maski są ponadto trudniejsze

---

[63] V. A. Utgoff, *The Challange of Chemical Weapons : An American Perspective*, London, Macmillan Press 1990.
[64] *D. Griffith, NBC Defence Technology International 1987 Yearbook, s. 38.*

do dokładnego dopasowania. Mała stosunkowo część twarzowa, nawet przy zastosowaniu bardzo elastycznego materiału, może powodować wystąpienie niewielkiego zasysania środka trującego. W przypadku substancji o bardzo wysokiej toksyczności (np. toksyna botulinowa) nawet te niewielkie ilości mogą powodować wystąpienie objawów zatrucia. Nie można także bagatelizować wpływu stresu na skuteczność zastosowania maski przeciwgazowej w sytuacji zagrożenia podczas ataku chemicznego. Dobrym przykładem jest tu fakt (dotyczący ludności cywilnej) śmiertelnego uduszenia około 60 obywateli Izraela, którzy założyli maski przeciwgazowe po ogłoszeniu alarmu chemicznego (jak się okazało przedwczesnego) nie wyjmując zatyczek z pochłaniacza[65]. Lęk przed bronią chemiczną musiał być tak wielki, że paraliżował racjonalne działanie.

Współczesna izolacyjna odzież ochronna, pomimo olbrzymiego postępu technicznego, nie może być stosowana powszechnie. Jest zbyt kosztowna i mimo wszystko zmniejsza wyraźnie wydolność fizyczną (chociaż można tu wiele osiągnąć, prowadząc systematyczny trening). Wszystkie inne rozwiązania (jak np. specjalne narzutki) nie zabezpieczają w pełni przed działaniem substancji toksycznych o działaniu parzącym (iperyt). Obecne urządzenia do detekcji i wczesnego ostrzegania pozwalają na bardzo szybkie powiadomienie. Są jednak bardzo kosztowne, a warunkiem ich skuteczności jest jednak duże nasycenie nimi wojska oraz sprawne ich działanie.

Wszystko to pozwoliło Lindseyowi[66] założyć, że straty w przypadku udanego ataku chemicznego z użyciem związków fosforoorganicznych sięgać mogą nawet 30% stanu osobowego, przy założeniu, że żołnierze są dobrze przygotowani i wyposażeni w środki ochrony indywidualnej. Jedna czwarta porażonych uratuje się bez żadnego leczenia, dla ¼ wystarczający będzie zastrzyk odtrutki z autostrzykawki dokonany samodzielnie lub przez kolegę. Jedna czwarta porażonych będzie wymagała dodatkowego leczenia z zastosowaniem reaktywatorów i następnych iniekcji atropiny. Ostatnia ¼, najciężej porażonych, będzie miała zabu-

---

[65] *G. Bar-Sela, informacja ustna.*
[66] *D. Lindsey, Military Medicine 1960, 125, 598.*

rzenia oddychania. Aby przeżyć będzie musiała mieć zastosowane stosunkowo wcześnie sztuczne oddychanie, a więc wymagać będzie pomocy osób trzecich. Także praktyczna skuteczność odtrutek zależeć będzie przede wszystkim od szybkości ich podania po zatruciu. Na współczesnym polu walki wchodzi tu w rachubę ich zastosowanie jedynie w ramach samopomocy lub pomocy koleżeńskiej.

Skażenie (porażenie) ludzi znajdujących się w zbiorowych środkach ochrony może nastąpić w wyniku przeniknięcia (wniesienia) do wnętrz środków trujących w postaci stałej (dymu), cieczy, aerozolu, pary lub gazu. Wynika z tego, że obiekty te powinny zabezpieczać całkowitą i długotrwałą ochronę ludzi przed skażeniami (porażeniem) środkami trującymi w postaci dymu, cieczy, aerozolu, par czy gazu.

PODSUMOWANIE

Prezentowany materiał ma charakter poznawczy. Zawarte w nim treści wskazują na potrzebę śledzenia zmian, zachodzących w technice orężnej i środkach rażenia, a zwłaszcza w sferze broni masowego rażenia, wywierającej wpływ na podatność (skłonność) wojsk na skutki oddziaływania ich rażących czynników.

Ma to istotne znaczenie dla wojsk toczących działania orężne w warunkach potencjalnego zagrożenia uderzeniami atomowymi, chemicznymi, biologicznymi i powstałymi skażeniami rozpatrywanymi w wymiarze taktyczno-operacyjnym.

Bardzo trudno jest jednoznacznie określić poziom owej podatności i wskazać jednoznaczne kryteria pomiarowe. Toteż problem ten potraktowano przyczynkowo ukazując problematykę zagrożeń w połączeniu z ogólnie wskazanymi obiektami wojsk i otoczenia, jakie mogą być na nie narażone. Umożliwia to podjęcie badań szczegółowych o charakterze cząstkowym odnoszonych do konkretnego rodzaju czynnika rażącego BMR i jego wpływu na stan wojsk walczących.

W wyniku dokonanych zamierzonych uogólnień w treści pracy wyróżniono grupy problemowe.

Pierwsza, dotyczy zagadnień ukazujących czynniki rażenia poszczególnych rodzajów BMR i ich wpływ fizyczny na obiekty wojsk i otoczenia. Ta grupa mieści się w specjalności: teoria rażącego działania broni masowego rażenia.

Druga grupa wątków polemicznych kieruje uwagę czytelnika ku roli i randze BMR odgrywanej w toku działań ofensywnych i defensywnych wojsk lądowych, co znajduje swe miejsce w teorii działań wojsk w warunkach skażeń i zakażeń.

Trzecia grupa problemów stanowi sobą próbę oceny podatności wojsk na zagrożenia BMR rozpatrywanej w aspekcie zdolności bojowej. Zwraca się tu uwagę na skutki fizyczne (straty osobowe) i skutki psychomotoryczne (straty psychiczne) powodowane albo bezpośrednio przez uderzenia BMR albo przez ich rażące czynniki. Na tym tle wskazano – w aspekcie ogólnym – na możliwości ochrony i obrony wojsk zmniejszające podatność na skutki użycia BMR – broni atomowej, biologicznej i chemicznej.

Reasumując, podstawowym celem pracy było – w zakresie teorii - wyartykułowanie tych związków miedzy BMR a działaniem wojsk w warunkach jej użycia, jakie wskazują na potrzebę podejmowania czynności obronno-ochronnych i ocenowych. Celem pośrednim było uświadomienie potrzeby zajęcia się tą problematyką w przyszłych dokonaniach badawczych.

Tym bardziej, że z obecnych uwarunkowań wyłaniających się z treści Doktryny obronnej RP, Strategii bezpieczeństwa RP czy dokumentów Paktu NATO wynika, iż BMR nadal będzie odgrywać rolę środka rażącego na potencjalnym polu działań bojowych wojsk.

Autor zdaje sobie sprawę z tego, iż opracowanie mimo pewnych braków może być materiałem inicjującym pewne dokonania w teorii i praktyce obrony przed bronią masowego rażenia. Można bowiem podjąć i rozwiązywać cząstkowe problemy badawcze z omawianej przezeń sfery uwzględniające zarówno problemy podatności wojsk na skutki fizyczne oddziaływania BMR, jak i na skutki psychiczne powodowane przez jej czynniki.

SPIS LITERATURY

1. Biuletyn Informacyjny ACE Nr 2/6/95, Wrocław 1996
2. Bobiński E., Żelaziński J.: Czy zmądrzeliśmy po ostatnich powodziach? Materiały konferencji naukowo-technicznej nt. „Zagrożenie klęskami żywiołowymi". Bielsko-Biała, 14-16 października 1998
3. Borysiewicz M., Furtek A., Potempski S., „Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi", Instytut Energii Atomowej, Otwock-Świerk, 2000
4. Borysiewicz M., Potempski S., „Ryzyko poważnych awarii rurociągów przesyłowych substancji niebezpiecznych. Metody oceny", CIOP, Warszawa 2003
5. Bureau d'Analise des Risques et Pollutions Industrielles (ARIA), Ministre de l'Environment, Direction de la Prevention des Pollutions et des Risques, Service de l'Environment Industriel (BARPI), Lyon, Francja
6. Cozzani V., Zanelli S., „EUCLID – A study on emission of unwanted compounds linked to industrial disasters", JRC, Ispra, MAHB, EUR 17351EN, ECSC-EN-EAEC, Bruksela 1997
7. Failure and Accident Technical Information System (FACTS), Department of Industrial Safety, TNO, Apeldoorn, Holandia
8. Feluch W.: Powódź czy wezbranie ? Wykład inauguracyjny. Zeszyty Naukowe SGSP, Nr 28, styczeń 2002 (w druku)
9. Feluch W.: Wyznaczanie intercepcji opadu i retencji wody na powierzchni gruntu w okresie wegetacyjnym. Przegląd Geofizyczny 1975, Rocznik XX(XXVIII), z. 4.
10. Guidelines for hazard evaluation procedures, CCPS AIChE, 1992
11. Guidelines for Quantitative Risk Assessment, Committee for Prevention of Disasters, Holandia, 1999
12. Janik P., Dziwulski D., Porowski R., „Bezpieczny zakład. Sto sposobów na uniknięcie kłopotów. Poradnik"., PIP, Warszawa 2003
13. Kletz T., „Hazop & Hazan", IchemE, Rugby 1992
14. Kozieł S. R.: Kategoryczna forma prognozy temperatury w codziennym biuletynie meteorologicznym. Wiadomości IMGW. Tom XXII(XLIII), 1999, z.4.
15. Kozieł S. R.: Ryzyko a podejmowanie decyzji. I Ogólnopolska Szkoła, Jachranka, 28-30 września 1998
16. Lambor J.: Metody prognoz hydrologicznych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1962
17. Maciejewski M.: Współczesne problemy ekstremalnych zagrożeń środowiska w Polsce. IMGW, I Ogólnopolska Szkoła, Jachranka 28-30 września 1998

18. Major Accident Reporting System (MARS), Major Accident Hazard Bureau, European Commission, Joint Research Centre, ISIS, Ispra, Włochy.

19. Major Hazard Incident Data (MHIDAS), AEA Technology Ltd., Warnington, Wielka Brytania.

20. Markowski A. S., „Zapobieganie stratom w przemyśle. Część III: Zarządzanie bezpieczeństwem procesowym", Politechnika Łódzka, Łódź, 2000

21. Michalik J. S., Domański W., „Program zapobiegania awariom i system zarządzania bezpieczeństwem w zakładach zwiększonego oraz dużego ryzyka poważnej awarii przemysłowej", CIOP, Warszawa 2002

22. Michalik J. S., Gajek A., „Tworzenie się niebezpiecznych substancji chemicznych podczas poważnych awarii przemysłowych", CIOP, Warszawa 2002

23. Michalik J. S., Kijeńska D.T., „Identyfikacja obiektów zagrażających poważną awarią przemysłową", CIOP, Warszawa 2000

24. Mierkiewicz M., Sasim M., Kadłubowski A.: System osłony hydrologicznej w dorzeczu Środkowej i Dolnej Wisły. Wiadomości IMGW. Tom XXII(XLIII), 1999

25. Milczarek A., M. Borysiewicz M., „Podręcznik oceny zgodności raportu o bezpieczeństwie z wymaganiami przepisów odnoszących się do zapobiegania poważnym awariom przemysłowym", Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2002

26. Mioduszewski W.: Woda jako czynnik zagrożenia w krajobrazie rolniczym. Materiały konferencja naukowo-technicznej nt.: „Zagrożenie klęskami żywiołowymi". Bielsko-Biała, 14-16 października 1998

27. Nowe wyzwania stawiane przed obroną przeciwchemiczną i ochroną środowiska, Komunikat naukowy na konferencję dotyczącą przewidywanych kierunków zmian systemowych w wojskach obrony przeciwchemicznej, Warszawa 1997

28. Obrona przeciwchemiczna Sił Zbrojnych RP, Instrukcja SGen. WP, Warszawa 1995

29. Obrona przeciwchemiczna w działaniach operacyjnych wojsk lądowych, AON, Warszawa 1995

30. Podstawowe kategorie sztuki wojennej, AON, Warszawa 1997

31. Probabilistic Safety Analysis Procedures Guide, NUREG/CR-2815, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington D.C. 1985

32. Rasmussen K., „The experience with the major accident reporting system from 1984 – 1993", European Commission, JRC, EUR 1634EN, 1996

33. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 czerwca 2002r. w sprawie szczegółowego zakresu informacji wymaganych do podania do publicznej wiadomości przez komendanta wojewódzkiego Państwowej Straży Pożarnej (Dz. U. Nr 78, poz. 712).

34. Soukas J., Pyy P., „Ocena ważności czterech metod identyfikacji zagrożeń z opisem zdarzenia", VTT Raport Badawczy nr 516, 1998

35. Ustawa z dnia 11 stycznia 2001r. o substancjach i preparatach chemicznych (Dz. U. Nr 11, poz. 84)

36. Ustawa z dnia 14 czerwca 1960r. Kodeks postępowania administracyjnego (tekst jednolity Dz. U. Nr 98, poz. 1071 z późniejszymi zmianami)

37. Ustawa z dnia 19 grudnia 2002 r. o zmianie ustawy o odpadach oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. Nr 7, poz. 78)

38. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. Nr 62, poz. 627)

39. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (Dz. U. Nr 3, poz. 18)

40. Wystąpienie Szefa WOPChem. DWL na kolegium związanym z oceną stanu i perspektyw rozwoju wojsk obrony przeciwchemicznej na tle innych rodzajów wojsk i służb, Warszawa, wrzesień 1997

41. Zaleski B., Majka A., Grosset R., Kubicki W., Grunt-Mejer I., „Plany operacyjno-ratownicze wewnętrzne i zewnętrzne", CIOP, Warszawa 2002

SPIS RYSUNKÓW

Rys. 1 Hipotetyczne zagrożenie obszaru kraju bronią jądrową 9

Rys. 2 Hipotetyczne zagrożenie obszaru kraju bronią biologiczną 10

Rys. 3. Hipotetyczne zagrożenie obszaru kraju bronią chemiczną..... 11

Rys. 4. Ogólny podział energii wybuchu jądrowego 13

Rys. 5. Ciśnienie dynamiczne i nadciśnienie statyczne w funkcji czasu 17

Rys. 6. Schemat rozprzestrzeniania się fali uderzeniowej naziemnego wybuchu jądrowego 20

Rys. 7. Wielkość nadciśnienia na czole fali uderzeniowej w różnych odległościach od środka wybuchu naziemnego o mocy 30 kt..... 20

Rys. 8. Wielkość nadciśnienia na czole fali uderzeniowej w różnych odległościach od środka wybuchu naziemnego o mocy 30 kt..... 21

Rys. 9. Widmo elektromagnetyczne..... 23

Rys. 10. Pierwotny podział energii wybuchu..... 24

Rys. 11. Zamiana promieniowania rentgenowskiego na falę uderzeniową i promieniowanie świetlne 25

Rys. 12. Zmiany temperatury w zależności od czasu po wybuchu o mocy 20kt..... 27

Rys. 13. Zależność długości fal różnych rodzajów promieniowania od temperatury dla ciała doskonale czarnego 28

Rys. 14. Moc dawki promieniowania gamma w odległości 300 m od punktu zerowego wybuchu o mocy 1 kt..... 38

Rys. 15. Klasyfikacja strat oraz ich związki ze stanem zdolności bojowej..... 131

Rys. 16. Typologia ewentualnych strat spowodowanych zagrożeniami wojennymi oraz związki ze zdolnością bojową 132

SPIS TABEL

Tabela 1. Prędkość fali uderzeniowej w zależności od ciśnienia..... 15

Tabela 2. Ciśnienie dynamiczne i prędkość wiatru w stosunku do nadciśnienia statycznego..... 18

Tabela 3. Czas trwania fazy nadciśnienia w zależności od odległości i mocy wybuchu 18

Tabela 4. Wielkość nadciśnienia na czole fali uderzeniowej w różnych odległościach od punktu zerowego wybuchu 22

Tabela 5. Widmo promieniowania świetlnego w zależności od temperatury 29

Tabela 6. Zasięg widzialności oraz współczynnik osłabienia w zależnościom stanu atmosfery 32

Tabela 7. Wielkość impulsów świetlnych [kJ/m^2]w różnych odległościach od wybuchu w zależności dla różnych wartości współczynnika osłabiania [K] promieniowania świetlnego 33

Tabela 8. Wielkość impulsów świetlnych [kJ/m^2] w różnych odległościach od środka powietrznego wybuchu jądrowego dla wybuchów o mocy 20kt i 100kt 34

Tabela 9. Skuteczny zasięg kwantów gamma w powietrzu na różnych wysokościach.....39

Tabela 10. Wpływ energii kwantów gamma na sposób oddziaływania z różnymi substancjami 40

Tabela 11. Wzajemny stosunek dawki pochodzącej od neutronów do dawki promieniowania gamma 44

Tabela 12. Szybkość zużywania energii przez człowieka podczas wykonywania prac o różnej intensywności 50

Tabela 13. Dopuszczalny czas pracy w indywidualnych środkach przed skażeniami 51

Tabela 14. Zasięg rozprzestrzeniania się wtórnego obłoku skażenia powietrza 53

Tabela 15. Trwałość środków trujących w terenie 53

Tabela 16. Rozmiary rejonu użycia środków trujących [km^2] 55

Tabela 17. Powierzchnia i zasięg stref skażenia chemicznego podczas rozprzestrzeniania się Fx 56

Tabela 18. Gęstość skażenia BST w zależności od masy i liczby kropli opadłych na skażoną powierzchnię 57

Tabela 19. Orientacyjne wielkości kropli cieczy i plamy powstałej na tkaninie 58

Tabela 20. Zależność desorpcji od temperatury otoczenia i upływu czasu 60

Tabela 21. Gęstość skażenia trwałego gumy[g/m^2] zależnie od czasu kontaktu środka trującego ze skażona powierzchnią 61
Tabela 22. Zagrożenie bronią chemiczną obiektów infrastruktury gospodarczej kraju 70
Tabela 23. Wartości dawek toksycznych wybranych BST 72
Tabela 24. Czas samoczynnego odkażania taboru skażonego trwałym środkiem trującym 74
Tabela 25. Szablon do określania wrażliwości ludzi na środki biologiczne 91
Tabela 26. Zagrożenie transportu bronią biologiczną 92
Tabela 27. Porównanie ilości TSP i BSB potrzebne do wywoływania efektu porażenia na powierzchni 1 km^2 94
Tabela 28. Charakterystyka niektórych skutków wybranych chorób spowodowanych BSB 95
Tabela 29. Stopień porażenia ludzi (żołnierzy) falą uderzeniowa 97
Tabela 30. Przewidywane skutki biologiczne po napromieniowaniu ciała człowieka 98
Tabela 31. Wielkość promieni (w km) utraty zdolności bojowej przez żołnierzy wskutek porażeń kombinowanych po 1 dobie od wybuchu 98
Tabela32. Czas utraty zdolności bojowej żołnierza zależnie od rodzaju bśt i czasu trwałości w terenie 99
Tabela 33. Czas wypadania pyłu promieniotwórczego w zależności od średnicy cząstek.. 101
Tabela 34. Zasięg stref skażenia promieniowania w zależności od mocy naziemnego wybuchu jądrowego i prędkości wiatru 102
Tabela 35. Rozmiary rejonów użycia środków trujących (w ha) 104
Tabela 36. Powierzchnia i zasięg stref skażenia chemicznego podczas rozprzestrzeniania się aerozolu środków trujących Vx 105
Tabela 37. Zasięg laseczki wąglika w kierunku wiatru dla znormalizowanego źródła 100 gram/milę 105
Tabela 38. Czas utrzymywania się niebezpieczeństwa zakażenia niektórymi drobnoustrojami chorobotwórczymi (bśt) 106
Tabela 39. Wartości średnich „minutowych" dawek toksycznych (mg.s.dm^{-3}) 109
Tabela 40. Wartości średnich powierzchniowych dawek toksycznych (działanie kontaktowe) mg 110
Tabela 41. Trwałość środków trujących w różnych temperaturach i przy różnych prędkościach wiatru 111

Tabela 42. Czas samoczynnego odkażania taboru kolejowego skażonego trwałym środkiem trującym 111
Tabela 43. Porównanie ilości TŚP i BŚP do wywoływania efektu porażenia na powierzchni 1 km^2 112
Tabela 44. Charakterystyka niektórych skutków wybranych chorób spowodowanych zarazkami, użytymi jako bśp 113
Tabela 45. Orientacyjne dobowe wskaźniki strat UiSW (w%) w KZ 128
Tabela 46. Prognozowane straty sanitarne (w %) 129
Tabela 47. Klasyfikacja możliwych zaburzeń nerwowo-psychicznych wśród składu osobowego według stopnia porażenia, utraty zdolności bojowej i terminu jej odzyskania 135

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Akademii Obrony Narodowej
Nr 57815