



- 7 -

**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO**  
im. Generała Broni Karola Świerczewskiego

KATEDRA TAKTYKI WOJSK CHEMICZNYCH

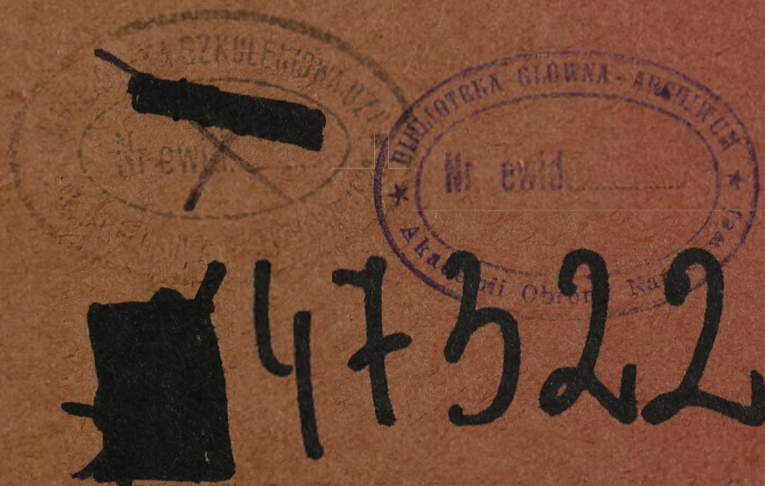
**JAWNE**



Egz. Nr.....

plk dr Stefan MICHALAK  
mjr mgr inż. Romuald MROCZYŃSKI

**SKAŻENIA PROMIENIOTWÓRCZE  
PO WYBUCHACH JĄDROWYCH  
I METODY OCENY SYTUACJI SKAŻEŃ**



WARSZAWA

LIPIEC

1971



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO  
im. Generała Broni Karola Świerczewskiego

KATEDRA TAKTYKI WOJSK CHEMICZNYCH

JAWNE

Egz. Nr.....

płk dr Stefan MICHAŁAK  
mjr mgr inż. Romuald MROCZYŃSKI

SKAŻENIA PROMIENIOTWÓRCZE  
PO WYBUCHACH JĄDROWYCH  
I METODY OCENY SYTUACJI SKAŻEŃ



47322

WARSZAWA

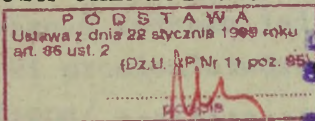
LIPIEC

1971

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO  
Im. gen. broni K. Świerczewskiego

JAWNE

KATEDRA TAKTYKI WOJSK CHEMICZNYCH



ZATWIERDZAM  
SZEFE KATEDRY TWChem

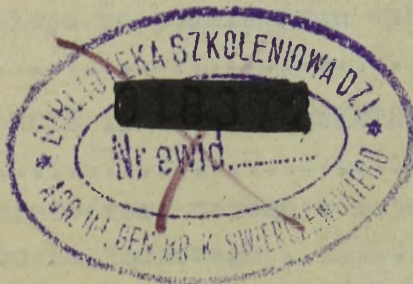
Egz.nr .... 1

/-/ płk doc. dr inż. K. NAWROCKI  
Dnia 8.09.1971 r.

PRZEKLASYFIKOWANO  
Protokół Nr 12657

płk dr Stefan MICHALAK  
mjr mgr inż. Romuald MROCZYŃSKI

SKAZENIA PROMIENIOTWÓRCZE PO WYBUCHACH JĄDROWYCH  
I METODY OCENY SYTUACJI SKAŻEŃ



WARSZAWA

Lipiec

1971 r.

[REDACTED]

[REDACTED]

PROKOROV 15307  
PROKOROV 15307

PROKOROV 15307  
[REDACTED]

15307

SPIS TREŚCI

	Str.
1. PRZYCZYNY I MECHANIZM POWSTAWANIA SKAŻENIA PROMIENIOTWÓRCZEGO TERENU .....	7
1.1. Produkty rozszczepienia ładunku jądrowego ....	8
1.2. Sztuczne pierwiastki promieniotwórcze /promieniotwórczość wzbudzona/ .....	13
1.3. Nieprzereagowana część ładunku jądrowego .....	16
1.4. Formowanie się obłoku powybuchowego .....	18
2. SKAŻENIE PROMIENIOTWÓRCZE TERENU PO NAZIEMNYCH WYBUCHACH JĄDROWYCH .....	26
2.1. Skażenie promieniotwórcze terenu w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego .....	28
2.2. Skażenie promieniotwórcze terenu na śladzie obłoku promieniotwórczego po naziemnych wybuchach jądrowych .....	32
2.3. Charakterystyka leja po naziemnych wybuchach jądrowych .....	43
3. SKAŻENIE PROMIENIOTWÓRCZE TERENU PO PODZIEMNYCH WYBUCHACH JĄDROWYCH .....	45
3.1. Skażenie promieniotwórcze terenu w rejonie podziemnego wybuchu jądrowego .....	46
3.2. Skażenie promieniotwórcze terenu na śladzie obłoku promieniotwórczego po podziemnych wybuchach jądrowych .....	49
3.3. Charakterystyka leja po podziemnych wybuchach jądrowych .....	49
4. SKAŻENIE PROMIENIOTWÓRCZE TERENU PO POWIETRZNYCH WYBUCHACH JĄDROWYCH .....	54
4.1. Skażenie promieniotwórcze terenu w rejonie powietrznego wybuchu jądrowego .....	54
4.2. Skażenie promieniotwórcze terenu na śladzie obłoku promieniotwórczego po powietrznych wybuchach jądrowych .....	56

	Str.
5. WPŁYW NIEKTÓRYCH CZYNNIKÓW NA SKAŻENIE TERENU PO WYBUCHACH JĄDROWYCH .....	59
6. SKAŻENIE PROMIENIOTWÓRCZE ATMOSFERY PO WYBUCHACH JĄDROWYCH .....	65
7. SKAŻENIE PROMIENIOTWÓRCZE SPRZĘTU BOJOWEGO, STANU OSOBOWEGO, WODY I PRODUKTÓW ŻYWNOŚCIOWYCH PO WYBUCHACH JĄDROWYCH .....	70
7.1. Jednostki pomiaru stopnia skażenia promieniotwórczego .....	71
7.2. Skażenie promieniotwórcze stanu osobowego i sprzętu bojowego /skażenie pierwotne/ .....	72
7.3. Promieniotwórcze skażenie sprzętu bojowego w czasie działania /pokonywania/ w strefach skażeń /skażenie wtórne/ .....	77
7.3.1. Skażenie promieniotwórcze uzbrojenia i sprzętu bojowego wojsk działających w strefach skażeń w terenie suchym .....	78
7.3.2. Skażenie promieniotwórcze uzbrojenia i sprzętu bojowego wojsk działających w strefach skażeń w terenie mokrym .....	79
7.3.3. Skażenie promieniotwórcze uzbrojenia i sprzętu bojowego wojsk działających w strefach skażeń w terenie pokrytym śniegiem .....	81
7.4. Skażenie promieniotwórcze stanu osobowego, umundurowania i wyposażenia .....	81
7.5. Skażenie promieniotwórcze wody .....	83
7.6. Skażenie promieniotwórcze produktów żywnościowych .....	86
7.7. Ocena rażącego działania substancji promieniotwórczych, które przeniknęły do organizmu .....	89
7.8. Ocena stopnia skażenia stanu osobowego, uzbrojenia, sprzętu, wody i produktów żywnościowych .....	92
7.8.1. Metoda obliczeniowa określania stopnia skażenia .....	93
8. OCENA STANU ZDOLNOŚCI BOJOWEJ WOJSK .....	103

	Str.
8.1. Ocena stanu zdolności bojowej wojsk, które uległy napromienieniu promieniowaniem przenikliwym /pierwotnym/ .....	107
8.2. Ocena zdolności bojowej wojsk działających w strefach skażeń promieniotwórczych .....	111
8.2.1. Porażenie stanu osobowego promieniowaniem beta .....	115
8.3. Kolejność oceny stanu bojowego wojsk, które uległo napromienieniu .....	120
9. OCENA SYTUACJI SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH .....	121
9.1. Ocena sytuacji skażeń promieniotwórczych na podstawie danych z rozpoznania .....	121
9.2. Sprowadzanie mocy dawki do wspólnego czasu od chwili wybuchu .....	123
9.3. Obliczanie dawek napromienienia stanu osobowego podczas działania w terenie skażonym .....	128
9.3.1. Obliczanie dawek napromienienia stanu osobowego działającego w rejonie wybuchu jądrowego .....	129
9.3.2. Obliczanie dawek napromienienia stanu osobowego działającego na śladzie obłoku promieniotwórczego i w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego od strony zawietrznej .....	135
9.3.3. Określanie dopuszczalnego czasu rozpoczęcia działania /czasu działania/ wojsk w terenie skażonym .....	138
9.4. Nanoszenie na mapę /szkic/ granic stref A,B,C na podstawie danych z rozpoznania skażeń .....	142
10. OCENA SYTUACJI SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH NA PODSTAWIE PROGNOZOWANIA .....	144
10.1. Określenie dawek napromienienia, jakie może otrzymać stan osobowy w czasie działania w terenie skażonym .....	145
10.2. Określenie dawek napromienienia, jakie może otrzymać stan osobowy w czasie ładowania się na środki transportowe w terenie skażonym i	

przekraczania stref skażeń względnie rejonu na- ziemnego /podziemnego/ wybuchu jądrowego od strony nawietrznej .....	146
10.3. Określanie dopuszczalnego czasu przebywania sta- nu osobowego w rejonie wybuchu lub na śladzie obłoku promieniotwórczego .....	150

**ZAŁĄCZNIKI:**

1. Karta prognozowania skażeń stanu osobowego, sprzętu i uzbrojenia .....	
2. Dziennik indywidualnej ewidencji stopnia napromie- nienia stanu osobowego .....	
3. Meldunek o stanie napromienienia stanu osobowego ..	
4. Adnotacja o napromienieniu .....	
5. Dane o stanie zdolności bojowej .....	
6. Jednostki miar .....	

## 1. PRZYCZYNY I MECHANIZM POWSTAWANIA SKAZENIA PROMIENIOTWÓR- CZEGO TERENU

Skażenia promieniotwórcze są jednym z czynników rażenia broni jądrowej.

Skażenia promieniotwórcze w odróżnieniu od promieniowania przenikliwego, ciepłego i fali uderzeniowej oddziałują na stan osobowy przez dłuższy okres czasu i zasięgiem swoim obejmują o wiele większe obszary aniżeli pozostałe czynniki rażenia.

Źródłem skażenia promieniotwórczego terenu obiektów terenowych stanu osobowego, uzbrojenia i sprzętu bojowego są:

1. produkty rozszczepienia ładunku jądrowego;
2. izotopy promieniotwórcze powstałe z pierwiastków chemicznych, wchodzących w skład pocisku jądrowego i otaczającego środowiska;
3. nieprzereagowana część ładunku jądrowego.

Przeważająca część wyżej wymienionych substancji promieniotwórczych, powstałych w wyniku eksplozji jądrowej w początkowej fazie formowania się obłoku powybuchowego, wchodzi w skład kuli ognistej w postaci pary lub gazów. W procesie dalszego formowania się obłoku powybuchowego pary i gazy pochłaniane są przez cząstki gruntu, które zostały wciągnięte w obłok powybuchowy przez wznoszące się prądy powietrza.

W wyniku ostygnięcia kuli ognistej oraz sorpcji gazów i par, cząstki gruntu stają się radioaktywnymi - przekształcają się w pył promieniotwórczy.

Pył promieniotwórczy opadając skaża rozległe obszary terenu, obiekty terenowe, stan osobowy, sprzęt i uzbrojenie.

Pył promieniotwórczy wypadając ze skupa pyłowego i obłoku powybuchowego skaża teren, obiekty terenowe, stan osobowy, sprzęt i uzbrojenie nie tylko w rejonie wybuchu jądrowego, ale powoduje powstanie tak zwanych stref skażeń promieniotwórczych, kierunek których jest zgodny z kierunkiem średniego wiatru. Wielkość powierzchni skażonej w rejonie wybuchu jądrowego w porównaniu do wielkości powstałych stref skażeń jest niewielka.

Wielkość skażonych powierzchni zarówno w rejonie wybuchu jądrowego, jak i na śladzie obłoku promieniotwórczego zależy od:

- rodzaju wybuchu jądrowego;
- mocy ładunku jądrowego;
- składu chemicznego gruntu w rejonie wybuchu;
- warunków atmosferycznych.

Skażenie promieniotwórcze w rejonie wybuchu jądrowego jest o wiele silniejsze aniżeli na śladzie. Zjawisko to powodowane jest tym, że skażenie promieniotwórcze w rejonie wybuchu jądrowego powodują produkty rozszczepienia ładunku jądrowego i promieniotwórczość wzbudzona.

### 1.1. Produkty rozszczepienia ładunku jądrowego

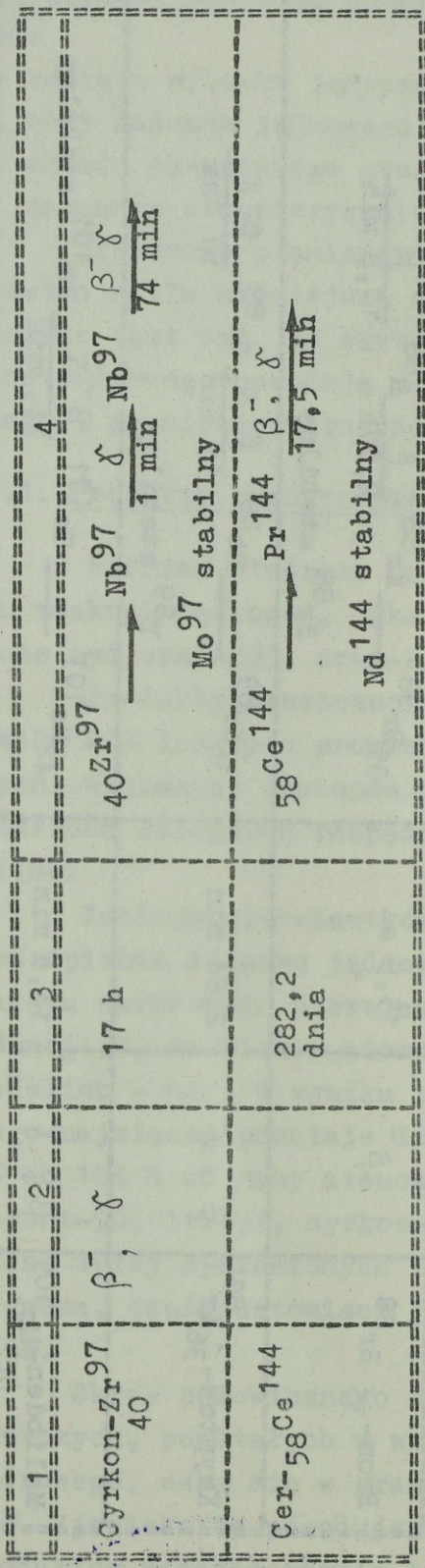
Promieniotwórcze produkty rozszczepienia powstają w wyniku reakcji jądrowej, jaka zachodzi w ładunku jądrowym, którym może być uran-233, uran-235, pluton-239.

Produkty rozszczepienia ładunku jądrowego są mieszaniną około 200 izotopów promieniotwórczych 35 pierwiastków chemicznych. Większość izotopów jest nietrwała i w procesie trzech-czterech kolejnych rozpadów przekształca się w pierwiastki stabilne.

Izotopy pierwiastków, powstałe w procesie reakcji rozszczepienia ładunku jądrowego zajmują środkową część tablicy układu okresowego pierwiastków, to jest od liczby atomowej  $Z$  równej 30, do liczby atomowej  $Z$  równej 64 /od cynku - Zn do gadolinu - Gd/. W wyniku reakcji rozszczepienia ładunku jądrowego najczęściej powstaje izotopów o masie atomowej  $A$ , równej 85 do 104 i od masy atomowej równej 130 do 141 /krypton-85, stront-90, itr-91, cyrkon-95, jod-131- cez-137, bar-140/. Większość wyżej wymienionych izotopów emituje promieniowanie beta i gamma, część natomiast jest tylko emitorami promieniowania beta.

Okres połowicznego rozpadu  $T_{1/2}$  /izotopów promieniotwórczych, powstałych w wyniku reakcji rozszczepienia ładunku jądrowego, waha się w granicach od ułamka sekundy do kilkuset lat. Zjawisko to powoduje, że z upływem czasu skład izotopowy produktów rozszczepienia ładunku jądrowego ulega zmianie.





Ilość promieniotwórczych produktów rozszczepienia, jaka powstaje w wyniku wybuchu jądrowego, zależy od mocy i rodzaju użytego paliwa jądrowego. Średnio podczas wybuchu jądrowego o mocy 1 kt powstaje około 50 g promieniotwórczych produktów rozszczepienia - izotopów. Ilość ta wzrasta proporcjonalnie do ilości użytego paliwa jądrowego /mocy wybuchu/.

Ilość powstających produktów rozszczepienia podczas wybuchu ładunku termojądrowego w przeliczeniu na jednostkę mocy jest mniejsza aniżeli w przypadku wybuchu ładunku jądrowego.

W zależności od konstrukcji ładunku termojądrowego ilość powstałych produktów rozszczepienia waha się w granicach od 5-50 g na jedną kilotonę mocy. Ilość produktów rozszczepienia na jednostkę mocy ładunków termojądrowych typu rozszczepienia - synteza - rozszczepienie można zwiększyć przez odpowiednią konstrukcję pocisków termojądrowych.

Skład izotopowy produktów rozszczepienia regulować można przez włączenie do ładunku jądrowego takich pierwiastków, z których będą w wyniku reakcji jądrowych powstawać izotopy o odpowiednim okresie połowicznego rozpadu i aktywności.

Ilościową charakterystyką rażącego działania promienio - twórczych produktów rozszczepienia jest ich aktywność.

Aktywność jest to wielkość określająca, ile atomów danego pierwiastka ulega rozpadowi w jednostce czasu.

Jako jednostkę aktywności przyjęto taką ilość substancji promieniotwórczej, w której zachodzi  $3,7 \cdot 10^{10}$  rozpadów na sekundę. Jednostkę tę nazwano kiurem /Ci/

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \frac{\text{rozp}}{\text{s}}$$

Aktywność promieniotwórczych produktów reakcji rozszczepienia ładunku jądrowego określić można na podstawie niżej podanych wzorów empirycznych:

$$A_{\beta} = 10^8 \cdot q \cdot t^{-1,2} \text{ /Ci/}$$

$$A_{\gamma} = 4 \cdot 10^7 \cdot q \cdot t^{-1,2} \text{ /Ci/}$$

gdzie: A - aktywność produktów rozszczepienia emitujących promieniowanie beta;



- A - aktywność produktów rozszczepienia emitujących promieniowanie gamma;  
 q - moc wybuchu w tonach;  
 t - czas w minutach, jaki upłynął od momentu wybuchu do czasu określania aktywności.

Aktywność produktów rozszczepienia ładunku jądrowego ulega zmianie wraz z czasem, jaki upłynął od momentu wybuchu. Zależność tę określa nam wzór:

$$A = A_0 \left( \frac{t}{t_0} \right)^{-n}$$

gdzie: A, A<sub>0</sub> - aktywność produktów rozszczepienia odpowiadająca czasowi t i t<sub>0</sub>;

n - wykładnik, który dla praktycznych obliczeń przyjmuje się równym 1,2.

Wartość wykładnika n, w zależności od czasu jaki upłynął od momentu wybuchu, zawiera tabela 2.

Tabela 2

Wartość wykładnika n

Czas od momentu wybuchu	n
1 - 30 minut	0,9
30 minut do 1 dnia	1,1
1 dnia - 4 dni	1,25
4 dni - 100 dni	1,03
100 dni - 4 lat	1,6

Aktywność produktów rozszczepienia ładunku jądrowego w rezultacie rozpadu promieniotwórczego ulega szybkiemu spadowi i po upływie 1 godziny od momentu wybuchu zmniejsza się sto - krotnie, a po upływie jednej doby tysiąckrotnie.

## 1.2. Sztuczne pierwiastki promieniotwórcze - promieniotwór - czość wzbudzona

Sztuczne pierwiastki promieniotwórcze /promieniotwór - czość wzbudzona/ powstają w wyniku wychwytu spowolnionych neutronów przez materiał pocisku jądrowego, atomy azotu i tlenu oraz przez pierwiastki znajdujące się w glebie w rejonie wybuchu jądrowego, względnie w materiale, z którego skonstruowany jest sprzęt i uzbrojenie.

Aktywność wzbudzona /to jest ilość powstałych izotopów promieniotwórczych/ zależy od wielkości i intensywności strumienia neutronów, składu chemicznego ośrodka, przez który neutrony przenikają.

Promieniotwórczość wzbudzona w materiałach, z których zbudowana jest broń jądrowa, zależy od ich składu chemicznego i konstrukcji.

Powstające izotopy promieniotwórcze łączą się z produktami rozszczepienia i tym samym zwiększają ogólną aktywność.

Z wojskowego punktu widzenia największe znaczenie posiada promieniotwórczość wzbudzona uzbrojenia i sprzętu. Aktywność wzbudzona gruntu, uzbrojenia i sprzętu bojowego w 80-90% jest wynikiem reakcji jądrowej typu  $/n, \gamma/$  zachodzącej w takich pierwiastkach, jak: glin-28, mangan-56, sód-24, żelazo-59, molibden-99, miedź-64, potas-42, krzem-31. Najbardziej intensywnie wychwytyją neutrony jądra atomów takich pierwiastków, jak: glin-28, mangan-56, krzem-31, potas-42.

Krótką charakterystykę izotopów promieniotwórczych, powstałych w wyniku wychwytu neutronów przez atomy pierwiastków wchodzących w skład gleby, sprzętu bojowego i uzbrojenia przedstawia tabela 3.

Tabela 3

Krótką charakterystyką izotopów promieniotwórczych powstałych w wyniku oddziaływania neutronów i niektórymi atomami pierwiastków środowiska

Wyjściowy izotop stabilny	Sztuczny izotop promieniotwórczy	Okres połowicznego rozpadu T 1/2	Rodzaj emitowanego promieniowania
Sód-23	sód - 24	14,8 ha	$\beta, \gamma$
Glin-27	glin- 28	2,3 min	$\beta, \gamma$
Krzem-30	krzem-32	2,7 h	$\beta$
Fosfor-31	fosfor-32	14,3 dnia	$\beta$
Potas -41	potas -42	12,4 h	$\beta, \gamma$
Wapń -43	wapń -44	152 dni	$\beta$
Mangan-55	mangan-56	2,59 h	$\beta$
Miedź-63	miedź-64	12,88 h	$\beta, \gamma$
Molibden-98	molibden-99	67 h	$\beta, \gamma$
Żelazo-58	żelazo-59	45,1 dnia	$\beta, \gamma$

Izotopy promieniotwórcze powstałe w wyniku wychwytu neutronów przez wyżej wymienione pierwiastki w przeważającej większości emitują promieniowanie beta i gamma.

Po upływie 8-10 dni od momentu wybuchu aktywność wzbudzona gruntu uwarunkowana jest obecnością w glebie, sprzęcie bojowym i uzbrojeniu żelaza - 59.

Skażenie promieniotwórcze gleby, sprzętu bojowego i uzbrojenia wywołane przez spowolnione neutrony charakteryzuje się tym, że izotopy promieniotwórcze powstają nie tylko na powierzchni gruntu, sprzętu bojowego i uzbrojenia, ale także na pewnej głębokości.

Charakter zmiany aktywności wzbudzonej gruntu od głębokości charakteryzuje tabela 4.

Charakter zmiany aktywności wzbudzonej gruntu  
w zależności od głębokości

Głębokość w gruncie w cm	Aktywność w %	Głębokość w gruncie w cm	Aktywność w %
0-3	100	20	50
5	110	30	20
10	80	35	12
15	70	40	8

Powstające w wyniku wychwytu neutronów przez atomy pierwiastków środowiska izotopy są nietrwałe i w przeciągu krótkiego okresu czasu ulegają rozpadowi powodującemu powstanie pierwiastków stabilnych.

Spad aktywności wzbudzonej w 3-3,5 doby jest powolniejszy aniżeli spad aktywności promieniotwórczych produktów reakcji rozszczepienia ładunku jądrowego.

Największe skażenie terenu powodowane aktywnością wzbudzoną występuje w rejonach, gdzie przeważa grunt piaszczysty, piaszczysto-gliniasty, gliniasto-piaszczysty i w granitach.

Najmniejsze skażenie terenu powodowane aktywnością wzbudzoną występuje w rejonach, gdzie przeważa czarnoziem.

Sztuczne pierwiastki promieniotwórcze /promieniotwórczość wzbudzona/ w zależności od mocy wybuchu jądrowego powstają w promieniu do 3000 m. Na przykład sól kuchenna w odległości 250 m od punktu zerowego wybuchu jądrowego średniego kalibru ulega skażeniu w wyniku powstania w niej aktywności wzbudzonej do  $1,9 \cdot 10^7 \frac{\text{rozp}}{\text{g min}}$ , śledź solony na tej samej odległości ulega skażeniu do  $9,8 \cdot 10^6 \frac{\text{rozp}}{\text{g min}}$ , a tytoń na tej samej odległości ulega skażeniu do  $9,6 \cdot 10^4 \frac{\text{rozp}}{\text{g min}}$ , czołg średni w odległości 250 m od punktu zerowego wybuchu jądrowego średniego kalibru ulega skażeniu na skutek powstania w pancerniu aktywności wzbudzonej do wielkości równej  $2,5 \cdot 10^4 \frac{\text{rozp}}{\text{g min}}$

Promieniotwórczość wzbudzona gruntu bardzo szybko spada na skutek tego, że większość powstałych izotopów charakteryzuje się małymi okresami połowicznego rozpadu. Po upływie jednej doby od momentu wybuchu aktywność wzbudzona gruntu określa aktywność sodu-24, a po upływie 8-10 dni aktywność żelaza-59.

### 1.3. Nieprzereagowana część ładunku jądrowego

Bardzo duża prędkość reakcji lawinowej, wzrost ciśnienia w strefie reakcji powodują, że część ładunku jądrowego nie ulega rozszczepieniu. Nierozszczepiona część ładunku jądrowego pod wpływem bardzo wysokiej temperatury zamienia się w parę i wchodzi w skład kuli ognistej.

W miarę ostygnięcia kuli ognistej pary nierozszczepionej części ładunku jądrowego sorbowane są przez cząstki pyłu, w wyniku czego staje się on radioaktywny.

W przypadku wybuchu broni termojądrowej skażenie promieniotwórcze nierozszczepioną częścią ładunku jądrowego wywołane jest przez nieprzereagowaną część zapalnika lub powłokę uranową /w bombie trójfazowej/.

Używany w amunicji jądrowej jako paliwo uran-233, uran-235, uran-238, pluton-239 są alfa aktywnymi pierwiastkami promieniotwórczymi o bardzo długim okresie połowicznego rozpadu. Fakt ten jest przyczyną, że aktywność nierozszczepionej części ładunku jądrowego jest bardzo mała i wynosi 0,002 Ci na jeden kilogram uranu-235 i 60 Ci na jeden kilogram plutonu-239.

Krótką charakterystykę izotopów uranu i plutonu przedstawię tabela 5.

Tabela 5

Krótka charakterystyka izotopów uranu i plutonu

Izotop	Okres połowicznego rozpadu $T_{1/2}$	Rodzaj emitowanego promieniowania
Ura-233	$1,6 \cdot 10^5$ lat	alfa
Uran-235	$8,8 \cdot 10^8$ lat	"
Uran-238	$4,5 \cdot 10^9$ lat	"
Pluton-239	$2,44 \cdot 10^4$ lat	"

Tabela 6

Aktywność nierozszczepionej części ładunku jądrowego

Moc wybuchu jądrowego	Waga ładunku jądrowego w kg	Waga nierozszczepionej części ładunku w kg	Aktywność nierozszczepionej części ładunku jądrowego w Ci		
			Uran-235	Uran-233	Pluton-239
mała	2	1,6	0,003	15	100
średnia	7,5	6,0	0,013	57	370
duża	37,5	30	0,064	284	1882

Stosunkowo duża aktywność nierozszczepionej części ładunku jądrowego wyklucza możliwość powstania niebezpiecznych skażeń izotopami uranu i plutonu. Znaczne skażenie terenu alfa aktywnymi izotopami uranu i plutonu może mieć miejsce przy awaryjnym wysadzeniu amunicji jądrowej, bądź jej niszczeniu za pomocą klasycznych materiałów wybuchowych bezpośrednio na powierzchni ziemi. W przypadku tym ładunek jądrowy ulega rozrzuceniu na stosunkowo niedużej powierzchni, w wyniku czego ulega

ona silnemu skażeniu. Zjawisko silnego skażenia terenu alfa aktywnymi izotopami uranu bądź plutonu będzie szczególnie występować w czasie niszczenia fugasów jądrowych lub torowania przejść w pasach min jądrowych.

#### 1.4. Formowanie się obłoku powybuchowego

Kula ognista od momentu jej powstania do momentu przekształcenia się w obłok powybuchowy przechodzi trzy fazy rozwoju.

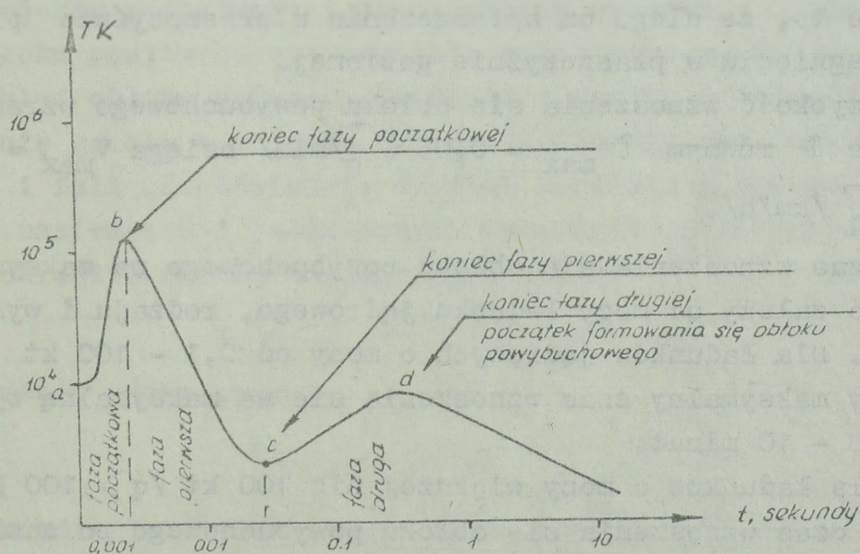
1. Fazę początkową, której czas trwania w zależności od mocy wybuchu jądrowego waha się w granicach od  $9,7 \cdot 10^{-5}$  sekund dla 10 kt do  $2,1 \cdot 10^{-3}$  sekund dla 100000 kt. Faza początkowa kończy się wyjściem czoła fali uderzeniowej na powierzchnię kuli ognistej. Charakter zmiany temperatury, w zależności od czasu, jaki upłynął od momentu powstania kuli ognistej do momentu wyjścia na jej powierzchnię czoła fali uderzeniowej, przedstawia odcinek a-b na rysunku 1. W czasie trwania fazy początkowej powstaje strefa pełnej jonizacji otaczającego kulę ognistą powietrza i promieniowanie cieplne.
2. Fazę pierwszą - której czas trwania w zależności od mocy wybuchu waha się w granicach od  $1,3 \cdot 10^{-3}$  sekund dla 0,01 kt do  $5,8 \cdot 10^{-1}$  sekund dla 100 000 kt.

Cechą charakterystyczną pierwszej fazy rozwoju kuli ognistej jest to, że granicę zewnętrzną kuli ognistej stanowi czoło fali uderzeniowej, które jest głównym emitatorem promieniowania cieplnego. W pierwszej fazie rozwoju kuli ognistej prędkość rozprzestrzeniania się jej wewnętrznej części jest równa prędkości posuwania się czoła fali uderzeniowej. Następnie prędkość ta maleje i ciało fali uderzeniowej odrywa się od wewnętrznej części kuli ognistej, przesuując się do przodu. Moment oderwania się czoła fali uderzeniowej zbiega się z wystąpieniem minimum intensywności świecenia, to jest z końcem pierwszej fazy rozwoju kuli ognistej. Charakter zmian temperatury w zależności od czasu dla pierwszej fazy rozwoju kuli ognistej przedstawia odcinek b-c na

rysunku 1, przy czym punkt c jest końcem czasu trwania pierwszej fazy kuli ognistej.

3. Fazę drugą - której czas trwania w zależności od mocy wybuchu jądowego waha się w granicach od 0,5 sekund dla 0,01 kt do 47 sekund dla 100 000 kt. Cechą charakterystyczną drugiej fazy rozwoju kuli ognistej jest to, że źródłem promieniowania cieplnego jest rozgrzane do wysokiej temperatury powietrze za czołem fali uderzeniowej, które już w tym czasie nie emituje promieniowania cieplnego, oderwanie się czoła fali uderzeniowej od kuli ognistej oraz wzrost jej objętości, rozmiarów i temperatury do  $8000^{\circ} - 10000^{\circ} \text{ K}$ . W drugiej fazie rozwoju kuli ognistej następuje wypromieniowanie około 98% całej energii promieniowania cieplnego.

Na skutek zużycia energii na ogrzanie powietrza i wypromieniowanie jej do otaczającej przestrzeni oraz na skutek znacznego zwiększenia rozmiarów kuli ognistej temperatura na jej powierzchni, a więc intensywność wypromieniowywania energii cieplnej maleje i pod koniec drugiej fazy rozwoju kula ognista przekształca się w ogromny obłok powybuchowy. Charakter zmiany temperatury w zależności od czasu w drugiej fazie rozwoju kuli ognistej przedstawia odcinek c-d, a moment powstania obłoku powybuchowego punkt d na rysunku 1.



Rys. 1. Zależność temperatury kuli ognistej od czasu, jaki upłynął od momentu jej powstania

Formowanie obłoku powybuchowego rozpoczyna się pod koniec drugiej fazy rozwoju kuli ognistej /punkt d na rysunku 1/. W fazie tej temperatura kuli ognistej jest jeszcze tak wysoka, że produkty powstałe w wyniku eksplozji ładunku jądrowego znajdują się w jej obrębie w postaci pary lub gazów.

W miarę wznoszenia i powiększania się kuli ognistej jej temperatura spada, co powoduje, że przekształca się ona w ogromny obłok powybuchowy.

Obłok powybuchowy w początkowej fazie formowania się przedstawia sobą kłębiącą się masę powietrza i dymu zmieszanego z promieniotwórczymi produktami wybuchu, tlenkami azotu i kropelkami wody, przez którą w różnych miejscach prześwieca wewnętrzna jeszcze rozżarzona część kuli ognistej. Temperatura obłoku powybuchowego w tym stadium rozwoju wynosi  $2000^{\circ}-3000^{\circ}\text{K}$  / $1726 - 2726^{\circ}\text{C}$ /, a ciśnienie jest w przybliżeniu równe atmosferycznemu. Natomiast gęstość powietrza w obłoku powybuchowym jest o wiele mniejsza od gęstości powietrza co powoduje, że obłok powybuchowy zaczyna bardzo szybko wznosić się w górę. W procesie wznoszenia się obłoku następuje tarcie między nim a chłodniczymi masami powietrza, w wyniku czego obłok powybuchowy zostaje wprowadzony w ruch wirowy i przyjmuje postać toroidu.

Znaczne różnice w szybkości strumienia powietrza opływającego obłok powybuchowy w płaszczyźnie pionowej i poziomej powoduje to, że ulega on spłaszczeniu w płaszczyźnie pionowej i rozciągnięciu w płaszczyźnie poziomej.

Szybkość wznoszenia się obłoku powybuchowego wzrasta i w czasie  $\tau$  równym  $\tau_{\max} = 0,05 \sqrt[6]{q}$  /min/ osiąga  $V_{\max} = 45 \sqrt[6]{q}$  /km/h/.

Czas wznoszenia się obłoku powybuchowego na maksymalną wysokość zależy od mocy ładunku jądrowego, rodzaju i wysokości wybuchu. Dla ładunków jądrowych o mocy od 0,1 - 100 kt wybuch naziemny maksymalny czas wznoszenia się na maksymalną wysokość wynosi 8 - 10 minut.

Dla ładunków o mocy większej niż 100 kt / $q > 100$  kt/ maksymalny czas wznoszenia się obłoku powybuchowego po naziemnych wybuchach jądrowych na maksymalną wysokość określić możemy na podstawie niżej podanej zależności.

$$\tau_{\max} = 20 / 1 - 0,11 \lg q / \text{min/}$$

W miarę wznoszenia się obłoku powybuchowego temperatura jego maleje na skutek napływu do niego dużych mas chłodnego powietrza i ciągłego wypromieniowania energii cieplnej. Obłok powybuchowy po ochłodzeniu się przybiera kolor szarobrunatny z odcieniem fioletowym. W zależności od oświetlenia słonecznego zabarwienie obłoku może wydawać się różne. Brunatny lub pomarańczowy odcień obłoku powodują tlenki azotu powstające w atmosferze pod wpływem wysokiej temperatury w strefie wybuchu.

W procesie ochładzania się obłoku powybuchowego następuje kondensacja zawartej w nim pary wodnej, w wyniku czego obłok staje się jaśniejszy. Na wysokości kilku kilometrów górną część obłoku powybuchowego przykrywa gruba warstwa skondensowanej pary wodnej, a u dołu powstaje charakterystyczny biały stożek zwrócony wierzchołkiem w kierunku środka wybuchu.

Proces wznoszenia się obłoku powybuchowego trwa tak długo, aż jego gęstość zrówna się z gęstością otaczającego powietrza i ustanie działanie siły wznoszącej. Od tego momentu obłok powybuchowy zaczyna przesuwać się zgodnie z kierunkiem i prędkością średniego wiatru. Znajdujące się w nim substancje promieniotwórcze zaczynają opadać na powierzchnię ziemi powodując promieniotwórcze skażenie terenu, stanu osobowego, uzbrojenia i sprzętu bojowego.

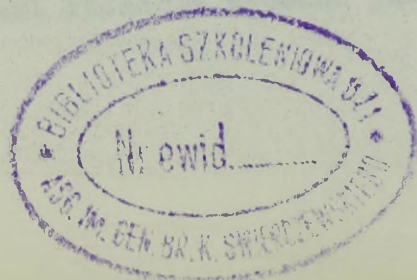
W rejonie naziemnego i powietrznego wybuchu jądrowego oprócz obłoku powybuchowego powstaje obłok pyłowy. Pył wchodzący w skład obłoku pyłowego powstaje w wyniku działania na powierzchnię gruntu w rejonie wybuchu jądrowego promieniowania cieplnego i fali uderzeniowej. Promień powstałego obłoku pyłowego przy naziemnych i powietrznych wybuchach jądrowych w przybliżeniu określić możemy na podstawie wzoru:

$$r_{\text{obł.pył}} = 35 \sqrt[3]{q} \text{ /m/}$$

a jego grubość równa się:

$$G_{\text{obł.pył}} = 2,5 \sqrt[3]{q} \text{ /m/}$$

W suchą bezwietrzną pogodę obłok pyłowy może utrzymać się w powietrzu do kilkadziesiąt minut.



Szybkie wznoszenie się obłoku powybuchowego i silne nagrzanie przyziemnej warstwy powietrza w rejonie przyległym do punktu zerowego wybuchu jądrowego powoduje powstanie bardzo silnych wstępujących ruchów powietrza w kierunku wznoszenia się obłoku. Wznoszący się ku górze strumień powietrza unosi z powierzchni ziemi olbrzymią ilość pyłu, który przybiera kształt potężnego słupa pyłu o średnicy  $d$  słup pyłu =  $5 \sqrt[3]{q/m/}$ .

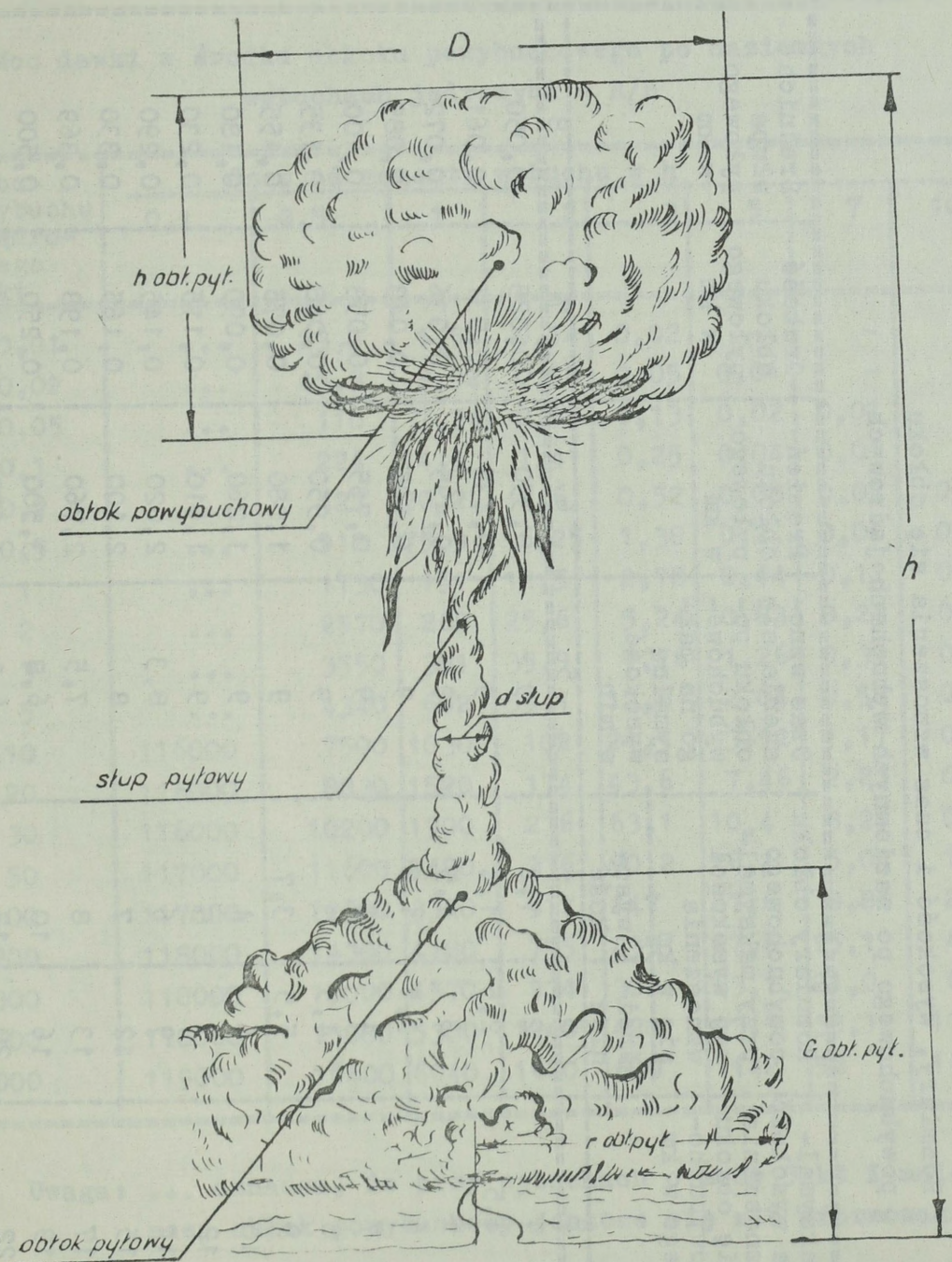
Przy naziemnych wybuchach jądrowych słup pyłowy połączony jest z obłokiem powybuchowym. Przy powietrznych wybuchach jądrowych słup pyłowy łączy się z obłokiem powybuchowym tylko w tym przypadku, jeżeli wysokość wybuchu  $H > 20 \sqrt[3]{q}$ .

Ilość pyłu, jaka może być wciągnięta w obłok powybuchowy, zależy od mocy i rodzaju wybuchu jądrowego oraz od fizyko-chemicznych właściwości gruntu w rejonie wybuchu jądrowego.

Dla praktycznych obliczeń można przyjąć, że w czasie naziemnych wybuchów jądrowych na 1 kt mocy w obłok powybuchowy może być wciągnięte około 3 t pyłu.

Podstawowe parametry i części składowe wybuchu jądrowego przedstawia rysunek 2, a ilościową charakterystykę poszczególnych parametrów zawiera tabela 7 i 8.





Rys. 2. Podstawowe parametry i części składowe wybuchu jądrowego

Tabela 7

Rozmiary, wysokość i czas wznoszenia się obłoku  
powybuchowego po naziemnych wybuchach jądrowych

1	2	3	4	5	6	7	8
Moc wy- buchu jądro- wego w kt	Maksymal- na wysokość wznoszenia się obłoku powybucho- wego w km	Rozmiary obłoku powybuchowego przy maksymal- nej wysokości wznoszenia się w km	wyso- kość	Czas wznoszenia się obłoku po- wybuchowe- go na mak- symalną wysokość w min	Promień obłoku pyłowego w km	Grubość obłoku pyłowego w km	Srednica słupa pyłowego w km
1	4	2	1,2	9	0,350	0,025	0,050
2	4,5	2,5	1,4	9	0,436	0,031	0,061
3	5	3	1,5	9	0,495	0,036	0,072
5	6	3,5	1,6	9	0,595	0,043	0,085
10	7	4	2	9	0,735	0,053	0,100
10	8	4,5	3	9	0,950	0,068	0,135
30	9	5,5	3,7	9	1,080	0,075	0,155
50	10	6	4	9	1,260	0,090	0,180
100	12	7	5	9	1,610	0,115	0,230
200	14	9	6	8,3	2,020	0,145	0,290
300	15	12	7	8	2,100	0,165	0,330
500	17	13	8	7,5	2,760	0,198	0,369
1000	19	16	10	6,8	3,500	0,250	0,500
2000	22	20	12	6,1	4,400	0,370	0,620
3000	24	25	13	5,8	5,050	0,425	0,720

Tabela 8

Moc dawki w środku obłoku powybuchowego po naziemnych  
wybuchach jądrowych w R/h

Moc wybuchu jądro- wego w kt	Czas od momentu wybuchu w h							
	0,1	0,5	1	2	3	5	7	10
0,01	...	23,5	1,53	0,14	0,02	-	-	-
0,02	...	45,3	2,92	0,28	0,05	0,01	-	-
0,05	...	110	7,34	0,69	0,13	0,02	0,01	-
0,1	...	224	14,5	1,41	0,25	0,04	0,01	-
0,2	...	427	30,2	2,6	0,52	0,08	0,02	0,01
0,5	...	912	75,9	6,25	1,38	0,2	0,06	0,2
1	...	1730	151	12,5	2,78	0,44	0,12	0,03
2	...	2570	269	25,6	5,24	0,83	0,23	0,07
3	...	3550	381	35,9	7,76	1,26	0,35	0,1
5	...	4340	602	59,1	12,6	2,04	0,58	0,17
10	116000	7500	1030	102	24,5	3,92	1,17	0,32
20	116000	8830	1520	174	43,6	7,46	2,23	0,61
30	116000	10200	1900	236	63,1	10,4	3,21	0,89
50	117000	11600	2480	336	90,2	16,1	5,04	1,44
100	117000	12300	3320	517	147	27,6	8,84	2,57
200	118000	14300	4180	775	235	47,6	15,1	4,66
300	118000	15000	4570	934	302	63,1	21,0	6,48
500	118000	15800	5300	1240	420	93,5	32,1	10,1
1000	119000	16400	6040	1620	600	142	52	16,7

Uwaga: ... oznacza, że przy wybuchach o mocy 5 kt i mniej-  
szej obłok powybuchowy jeszcze się nie sformował.

## 2. SKAŻENIE PROMIENIOTWÓRCZE TERENU PO NAZIEMNYCH WYBUCHACH JADROWYCH

Przy naziemnych wybuchach jądrowych substancje promieniotwórcze powstałe w wyniku rozszczepienia ładunku jądrowego mieszają się z roztopionym gruntem w rejonie wybuchu jądrowego. Część roztopionego gruntu po ochłodzeniu pozostaje na powierzchni ziemi tworząc w rejonie wybuchu jądrowego skorupę promieniotwórczą żużlu. Druga część stopionego gruntu wraz z rozdrobnionym gruntem z leja powybuchowego i pyłem promieniotwórczym powstałym w rejonie wybuchu jądrowego na skutek działania promieniowania neutronowego i fali uderzeniowej uniesione zostają do góry przez silne prądy wstępującego powietrza, tworząc słup pyłowy.

Przy naziemnych wybuchach jądrowych słup pyłowy połączony jest z obłokiem powybuchowym w wyniku czego do obłoku wciągnięta zostaje ogromna ilość pyłu i gruntu zmieszanych z produktami rozszczepienia ładunku jądrowego.

W początkowej fazie formowania się obłoku powybuchowego temperatura w nim jest jeszcze tak wysoka, że grunt i pył, które zostały wciągnięte do obłoku przez silne wstępujące prądy powietrza, ulegają roztopieniu i przechodzą w stan gazowy, a zatem mieszają się z substancjami promieniotwórczymi znajdującymi się w obłoku powybuchowym /produkty rozszczepienia ładunku jądrowego, nieprzereagowana część ładunku jądrowego, sztuczne izotopy promieniotwórcze elementów konstrukcyjnych pocisku jądrowego/.

W miarę ochładzania się obłoku powybuchowego powstają w nim duże ilości cząstek promieniotwórczych o bardzo wysokiej aktywności.

Cząstki gruntu i pyłu, które zostają wciągnięte do obłoku powybuchowego w późniejszych okresach jego rozwoju, nie ulegają roztopieniu, a wchodzą w kontakt z substancjami promieniotwórczymi znajdującymi się w obłoku powybuchowym i przekształcają się w pył promieniotwórczy.

Rozmiary i ciężar cząstek promieniotwórczych, jakie powstają w słupie pyłowym i obłoku powybuchowym są różne. I tak w dolnej części słupa pyłowego znajdują się cząstki o średnicy

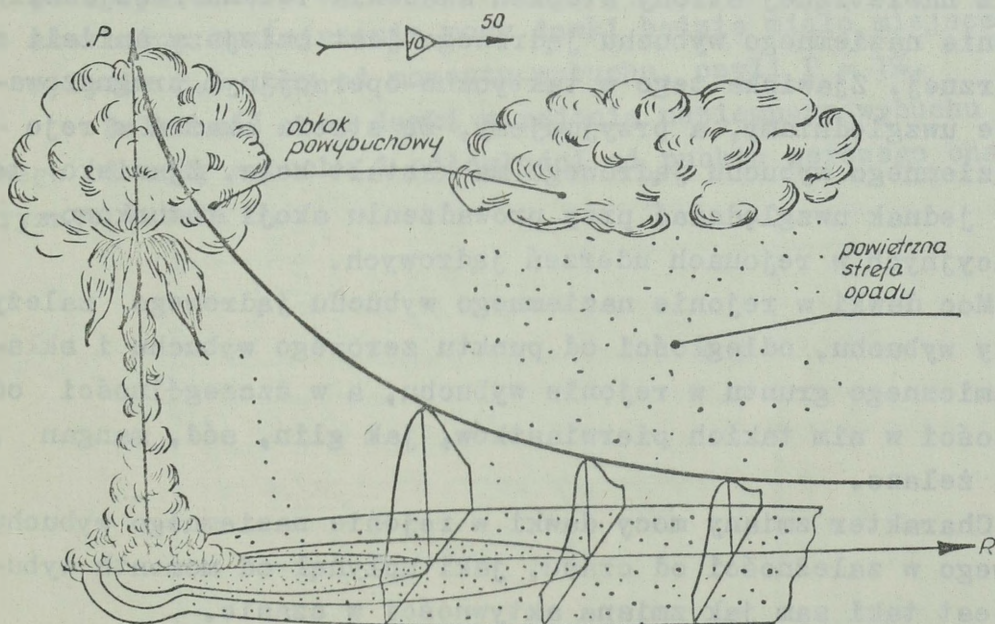
1000 mikronów i większej. Cząstki te opadają w rejonie wybuchu jądrowego powodując silne skażenie promieniotwórcze terenu.

Podstawowa masa cząstek promieniotwórczych znajdujących się w górnej części słupa pyłowego i obłoku powybuchowego to cząstki o średnicy do 600 mikronów. Cząstki o tej średnicy są nośnikiem podstawowej części aktywności.

W miarę ochładzania się obłoku powybuchowego szybkość jego wznoszenia maleje i po osiągnięciu maksymalnej wysokości równa się zero. Od momentu tego cząstki pyłu promieniotwórczego znajdujące się w obłoku powybuchowym pod wpływem działania siły ciężkości zaczynają opadać na ziemię, powodując powstanie powietrznej strefy opadu, a po opadnięciu na ziemię skażenie promieniotwórcze terenu na śladzie obłoku promieniotwórczego.

Linia łącząca punkty o największej mocy dawki wzdłuż drogi przesuwania się obłoku promieniotwórczego tworzy oś śladu.

Rozkład mocy dawki po naziemnych wybuchach jądrowych zarówno w rejonie wybuchu, jak i na śladzie charakteryzuje rysunek 3.



Rys.3. Rozkład mocy dawki w rejonie i na śladzie obłoku promieniotwórczego po naziemnych wybuchach jądrowych

## 2.1. Skażenie promieniotwórcze terenu w rejonie naziemnego wy- buchu jądrowego

Źródłem skażenia promieniotwórczego terenu w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego są: żużel promieniotwórczy /produkty reakcji rozszczepienia ładunku jądrowego zmieszane z roztopionym gruntem/, promieniotwórczość wzbudzona gruntu w rejonie wybuchu jądrowego i pył promieniotwórczy wypadających z dolnej części słupa pyłowego i obłoku powybuchowego.

Promieniotwórczość wzbudzona gruntu w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego powoduje powstanie strefy skażonej, forma /kształt/ której zbliżona jest do koła.

Należy jednak mieć na uwadze, że w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego wypadają cząstki promieniotwórcze /pył promieniotwórczy/ z dolnej części słupa pyłowego i obłoku powybuchowego, w wyniku czego symetryczność strefy skażonej względem punktu zerowego wybuchu jądrowego zostaje naruszona. W wyniku naruszenia symetryczności strefy, stopień skażenia terenu /moc dawki/ w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego jest różny.

Z nawietrznej strony stopień skażenia terenu /moc dawki/ w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego jest mniejszy aniżeli z zawietrznej. Zjawiska tego w taktyczno-operacyjnym prognozowaniu nie uwzględniamy, a przyjmujemy, że strefa skażeń w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego ma kształt koła. Zjawisko to należy jednak uwzględniać przy prowadzeniu akcji ratunkowo-ewakuacyjnych w rejonach uderzeń jądrowych.

Moc dawki w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego zależy od mocy wybuchu, odległości od punktu zerowego wybuchu i składu chemicznego gruntu w rejonie wybuchu, a w szczególności od zawartości w nim takich pierwiastków, jak glin, sól, mangan, krzem, żelazo.

Charakter zmiany mocy dawki w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego w zależności od czasu, jaki upłynął od momentu wybuchu, jest taki sam jak zmiana aktywności w czasie.

$$Pt_2 = Pt_1 \left( \frac{t_1}{t_2} \right)^{1,2} \quad [R/h]$$

gdzie:  $Pt_1$  - moc dawki w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego odpowiadająca czasowi  $t_1$  od momentu wybuchu;

$Pt_2$  - moc dawki w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego odpowiadająca czasowi  $t_2$  od momentu wybuchu.

Dla celów praktycznych można przyjąć, że:

- jeżeli moc dawki w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego po upływie 1 h od momentu wybuchu przyjąć za 100%, to: dziesięciokrotne zmniejszenie mocy dawki będzie miało miejsce po upływie 7 h od momentu wybuchu, czyli  $P=10\%$ ; stokrotne zmniejszenie mocy dawki będzie miało miejsce po upływie 2 dni od momentu wybuchu, czyli  $P = 1\%$ ; tysiąckrotne zmniejszenie mocy dawki będzie miało miejsce po upływie 14 dni od momentu wybuchu, czyli  $P = 0,1\%$ .

Charakter zmiany mocy dawki w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego uwarunkowanej aktywnością wzbudzoną jest nieco inny.

Jeżeli moc dawki w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego po upływie jednej godziny od momentu wybuchu przyjąć za 100% , to:

- dziesięciokrotne zmniejszenie mocy dawki będzie miało miejsce po upływie 24 h od momentu wybuchu czyli  $P = 10\%$ ;
- stokrotne zmniejszenie mocy dawki będzie miało miejsce po upływie 3,5 doby od momentu wybuchu, czyli  $P = 1\%$ .

Zależność mocy dawki w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego od mocy wybuchu i odległości od punktu zerowego charakteryzuje tabela 9.

Tabela 9

Moc dawki w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego po upływie 1 h od momentu wybuchu w R/h

Odległość od punktu wybuchu w m	Moc wybuchu jądrowego w kt											
	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200	300	500
50	600	1200	1800	3000	6000	12000	18000	30000	60000	120000	180000	300000
100	175	350	525	875	1750	3500	5250	8750	17500	35000	52500	87500
200	33	66	100	165	330	660	1000	1650	3300	6600	10000	16500
300	12,5	25	38	62	125	250	375	635	1250	2500	3750	6250
400	4,5	9	14	22	45	90	135	225	450	900	1350	2250
600	0,8	1,6	2,4	4	8	16	24	40	80	160	240	400
800	0,17	0,3	0,5	0,8	1,7	3,4	5,1	8,5	1,7	3,4	5,1	8,5
1000	0,05	0,1	0,15	0,3	0,5	1	1,5	2,5	5	10	15	25
1500	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$
2000	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$

Wojska działające w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego w pierwszych godzinach po wybuchu mogą otrzymać dawki promieniowania powodujące utratę zdolności bojowej. Wielkość dawek jakie może otrzymać stan osobowy, działający w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego - zawiera tabela 10.

Tabela 10

Dawki jakie może otrzymać stan osobowy działający w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego o mocy 1 kt w R

Odległość punktu zerowego wybuchu jądrowego w m	Czas przebywania w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego począwszy od 0,1 h do momentu wybuchu						
	0,5 h	1 h	5 h	10 h	1 doba	2 doby	Do∞
100	380	510	840	1000	1300	1400	1900
200	78	100	170	210	260	300	390
300	24	32	53	64	80	90	120
400	8	10	17	21	26	30	40
500	3,2	4,3	7	8,5	11	12	16
600	1,4	1,9	3	3,7	4,6	5,2	7
800	0,32	0,43	0,7	0,85	1,1	1,2	1,6
1000	0,086	0,12	0,19	0,23	0,29	0,33	0,43
1200	0,026	0,035	0,057	0,069	0,087	0,1	0,13
1400	$8,6 \cdot 10^{-3}$	0,012	0,019	0,023	0,029	0,032	0,043
1600	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$8,5 \cdot 10^{-3}$	0,011	0,012	0,016
1800	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$
2000	$5 \cdot 10^{-4}$	$6,8 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$

Uwaga: Dawki, jakie może otrzymać stan osobowy działający w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego o innej mocy aniżeli podana w tabeli 10, otrzymujemy przez pomnożenie dawki z tabeli 10 przez moc wybuchu w kt

$$D_n = D_{10} \cdot q \quad [R]$$

gdzie:  $D_n$  - dawka, jaką otrzyma stan osobowy działający w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego o mocy  $q$ ;

$D_{10}$  - dawka wzięta z tabeli 10.

## 2.2. Skażenie promieniotwórcze terenu na śladzie obłoku pro - mieniotwórczego po naziemnych wybuchach jądrowych

Przyczyną skażenia promieniotwórczego terenu na śladzie obłoku promieniotwórczego po naziemnych wybuchach jądrowych jest pył promieniotwórczy, wypadający ze słupa pyłowego i z obłoku powybuchowego.

Konfiguracja i rozmiary śladu promieniotwórczego zależą od mocy wybuchu jądrowego, wysokości wybuchu, rodzaju gruntu w rejonie wybuchu jądrowego, wysokości, na jaką wznosi się obłok powybuchowy, prędkości i kierunku średniego wiatru.

W wypadku, kiedy kierunek i prędkość średniego wiatru w poszczególnych warstwach atmosfery aż do maksymalnej wysokości wzniesienia się obłoku powybuchowego nie ulegają dużym waha -  
niom, powstały ślad obłoku promieniotwórczego ma kształt wy -  
ciągniętej elipsy.

Stopień skażenia terenu /moc dawki/ wzdłuż drogi przesuwania się obłoku promieniotwórczego jest niejednakowy. Zjawi -  
sko to uwarunkowane jest tym, że w skład słupa pyłowego i ob -  
łoku powybuchowego wchodzi cząstki promieniotwórcze /pył pro -  
mieniotwórczy/ o niejednakowych rozmiarach i ciężarze. Cząstki  
o większych rozmiarach /1000 mikronów i więcej/ i ciężarze opa -  
dają w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego i w niedużej odle -  
głości od niego. Cząstki mniejsze /do 1000 mikronów/ i lżejsze  
opadają na ziemię po tym, gdy obłok powybuchowy osiągnie maksy -  
malną wysokość wzniesienia się.

Czas, w okresie którego opada pył promieniotwórczy na da -  
nej odległości od punktu zerowego wybuchu jądrowego, zależy od  
prędkości średniego wiatru, prędkości opadania pyłu i jego  
składu dyspersyjnego. Średnio można przyjąć, że czas, w okre -  
sie którego na danej odległości od punktu zerowego wybuchu  
opada pył promieniotwórczy, waha się w granicach od 15 minut  
do 2 godzin. Dokładnie czas, w okresie którego opada pył pro -  
mieniotwórczy na danej odległości od punktu zerowego wybuchu  
jądrowego, określić możemy na podstawie wzoru:

$$\tau = \frac{6 \sqrt{0.25 + 0.0017R^2}}{V_{\text{śred}}} \quad [h]$$

gdzie:  $\tau$  - czas opadania pyłu promieniotwórczego na danej odległości od punktu zerowego wybuchu;  
 $R$  - odległość wzdłuż osi śladu w km;  
 $V_{\text{śred}}$  - prędkość średniego wiatru w km/h.

Czas od momentu wybuchu, po upływie którego obłok promieniotwórczy osiągnie daną odległość od punktu zerowego wybuchu jądrowego, określa zależność

$$t = \frac{R}{V_{\text{śred}}} + t_{h_{\text{max}}} \quad [h]$$

gdzie:  $t$  - czas od momentu wybuchu, po upływie którego obłok promieniotwórczy osiągnie daną odległość od punktu zerowego wybuchu jądrowego w godzinach;  
 $R$  - odległość od punktu zerowego wzdłuż osi śladu w km;  
 $V_{\text{śred}}$  - prędkość średniego wiatru w km/h;  
 $t_{h_{\text{max}}}$  - czas wznoszenia się obłoku powybuchowego na maksymalną wysokość w godzinach.

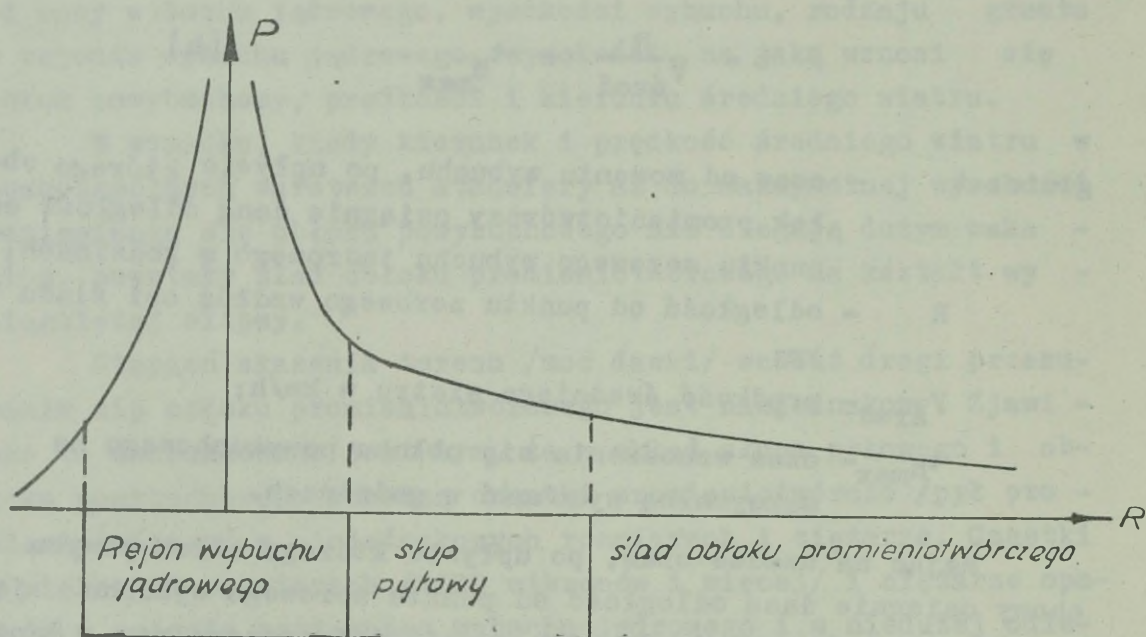
Mając na uwadze czas, po upływie którego obłok powybuchowy osiągnie daną odległość od punktu zerowego wybuchu jądrowego oraz czas opadania pyłu promieniotwórczego na danej odległości, określić możemy czas od momentu wybuchu, po upływie którego na danej odległości sformuje się ślad obłoku promieniotwórczego.

$$t_{\text{sform.ślad}} = t + \frac{\tau}{2} \quad [h]$$

gdzie:  $t_{\text{sform.ślad}}$  - czas od momentu wybuchu, po upływie którego na danej odległości od punktu zerowego wybuchu jądrowego wzdłuż osi śladu sformuje się strefa skażeń;  
 $t$  - czas od momentu wybuchu, po upływie którego obłok powybuchowy osiągnie daną odległość od punktu zerowego wybuchu;

$\tau$  - czas opadania pyłu promieniotwórczego na dużej odległości od punktu zerowego wybuchu w godzinach.

Po naziemnych wybuchach jądrowych maksymalne znaczenie mocy dawki występuje w rejonie wybuchu, które następnie wraz ze wzrostem odległości od punktu zerowego wzdłuż osi śladu maleje. Charakter zmiany mocy dawki wzdłuż osi śladu przedstawia rysunek 4, a ilościową charakterystykę tej zmiany - tabela 11.



Rys. 4. Charakter zmiany mocy dawki wzdłuż osi śladu po naziemnych wybuchach jądrowych

Tabela 11

Zależność mocy dawki od odległości od punktu zerowego wybuchu jądrowego wzdłuż osi śladu.

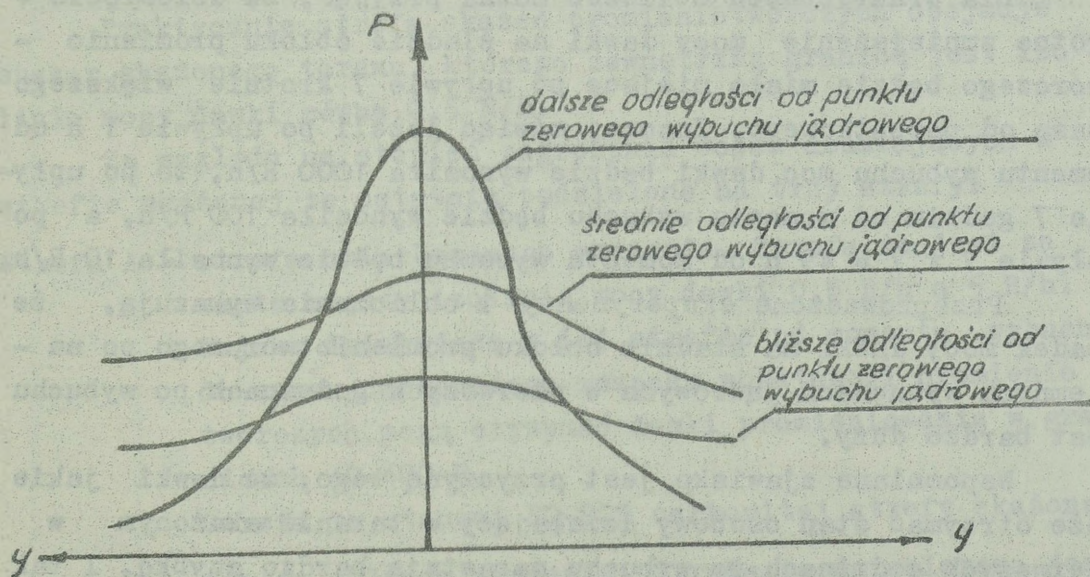
$q = 100 \text{ kt}$ ,  $V_{\text{śred}} = 50 \text{ km/h}$ ;  $t = 10 \text{ h/}$

Odległość od punktu zerowego w km	2	4	6	8	10	20	25	30	40
Moc dawki w R/h	590	270	165	110	80	28	23	17	10

Odległość od punktu zerowego w km	50	60	80	100	125	150	175
Moc dawki w R/h	7,4	4,7	2,8	1,7	1	0,6	0,5

Moc dawki na śladzie obłoku promieniotwórczego zmienia się nie tylko w zależności od odległości wzdłuż osi śladu, ale i ulega zmianie w zależności od odległości w bok od osi śladu. Szybkość spadku mocy dawki w przekroju poprzecznym śladu zależy od odległości od punktu zerowego wybuchu i odległości w bok od osi śladu.

Na odległościach niedużych od punktu zerowego wybuchu jądrowego moc dawki w bok od osi śladu spada bardzo gwałtownie. Wraz ze wzrostem odległości od punktu zerowego wybuchu jądrowego spadek mocy dawki w bok od osi śladu jest powolniejszy. Charakter zmiany mocy dawki w zależności od odległości wzdłuż osi śladu i odległości w bok od osi śladu przedstawia rysunek 5, a ilościową charakterystykę tej zmiany ilustruje tabela 12.



Rys. 5. Charakter zmiany mocy dawki w zależności od odległości w bok od osi śladu

Moc dawki w bok od osi śladu

Tabela 12

$/q = 100 \text{ kt}$ ;  $V_{\text{śred}} = 50 \text{ km/h}$ ;  $t = 10 \text{ h/}$

Odległość wzdłuż osi śladu w km	Odległość w bok od osi śladu w km								
	0	1	2	3	4	5	10	15	20
2	590	0,06	-	-	-	-	-	-	-
6	165	29,7	0,16	-	-	-	-	-	-
10	80	35	3,12	0,06	-	-	-	-	-
20	28	21	9	2,1	0,28	0,02	-	-	-
50	7,4	6,9	5,5	3,8	2,3	1,2	0,005	-	-
100	1,7	1,65	1,53	1,34	1,12	0,9	0,13	0,005	-

Spadek mocy dawki w czasie na śladzie obłoku promienio -  
twórczego przebiega nieco inaczej aniżeli w rejonie wybuchu ją-  
drowego. Zjawisko to uwarunkowane jest tym, że skażenie pro -  
mieniotwórcze terenu na śladzie obłoku promieniotwórczego po -  
wodowane jest przez produkty rozszczepienia ładunku jądrowego.

Dla praktycznych obliczeń można przyjąć, że dziesięcio -  
krotne zmniejszenie mocy dawki na śladzie obłoku promienio -  
twórczego będzie miało miejsce po upływie 7 krotnie większego  
czasu od początkowego. Inaczej mówiąc jeżeli po upływie 1 h od  
momentu wybuchu moc dawki będzie wynosiła 1000 R/h, to po upły-  
wie 7 godzin od momentu wybuchu będzie wynosiła 100 R/h, a po  
upływie  $7 \times 7 = 49 \text{ h}$  od momentu wybuchu będzie wynosiła 10 R/h.

Przeprowadzone eksperymenty i obliczenia wykazują, że  
spadek mocy dawki na śladzie obłoku promieniotwórczego po na -  
ziemnych wybuchach jądrowych w pierwszych godzinach po wybuchu  
jest bardzo duży.

Wspomniane zjawisko jest przyczyną tego, że dawki jakie  
może otrzymać stan osobowy działający w terenie skażonym w  
pierwszych godzinach po wybuchu narastają bardzo szybko. I tak  
jeżeli stan osobowy będzie działać w terenie skażonym po upły-  
wie 1 h od momentu wybuchu, to w ciągu pierwszej doby otrzyma  
46% dawki całkowitej, w okresie drugiej doby 9% dawki całkowi-  
tej, a w okresie trzeciej doby 4% dawki całkowitej.

Z danych przytoczonych wyżej wynika, że największy przyrost dawki następuje w ciągu pierwszej doby od momentu wybuchu, że najbardziej niebezpieczna jeżeli chodzi o napromienienie wojsk jest pierwsza doba po wybuchu.

Ślad opadu pyłu promieniotwórczego zasięgiem swym obejmuje znaczną powierzchnię terenu, na którym moc dawki waha się w bardzo dużym przedziale.

Tak duże wahania mocy dawki na śladzie obłoku promieniotwórczego pozwalają na to, że możemy rozpatrywać tylko tę część skażonego terenu, który stwarza określony stopień zagrożenia dla wojsk.

Tę część terenu skażonego na śladzie obłoku promieniotwórczego, która stwarza określony stopień zagrożenia dla wojsk nazwano strefą skażeń promieniotwórczych.

Jako kryterium określające stopień zagrożenia wojsk działających w strefie skażeń promieniotwórczych przyjęto wielkość dawki całkowitej  $D_{00}$ , to jest dawki jaką mógłby otrzymać stan osobowy działający w terenie skażonym od momentu wybuchu do czasu całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych.

Praktycznie strefa skażeń promieniotwórczych obejmuje obszar skażonego terenu, którego zewnętrzną granicą jest izolinia mocy dawki równa  $0,5 \text{ R/h}$ .

Ze względu na stopień zagrożenia wojsk działających w strefie skażonej tę ostatnią podzielono na trzy strefy:

Strefa A - strefa umiarkowanego skażenia. Strefa ta jest zawarta między izolinia moc dawki  $0,5 \text{ R/h}$  a  $5 \text{ R/h}$ .

Wojska działające w tej strefie od momentu wybuchu do czasu całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych mogą otrzymać dawki promieniowania w granicach  $40-400 \text{ R}$ .

Strefa ta stanowi 80-90% całkowitej strefy skażonej.

Strefa B - strefa silnego skażenia. Strefa ta ograniczona jest izolinia moc dawki  $5 \text{ R/h}$  i  $15 \text{ R/h}$ . Wojska działające w tej strefie od momentu wybuchu do czasu całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych mogą otrzymać dawki promieniowania w granicach  $400-1200 \text{ R}$ . Strefa ta stanowi 7-12% całkowitej strefy skażonej.

Strefa C - strefa niebezpiecznych skażeń. Strefa ta obejmuje skażony obszar terenu ograniczony izolinia mocy dawki 15 R/h. Wojska działające w tej strefie od momentu wybuchu do czasu całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych mogą otrzymać dawki powyżej 1200 R. Strefa ta stanowi 2-6% całkowitej strefy skażonej.

Szczególną charakterystykę stref skażeń promieniotwórczych ilustruje tabela 13.

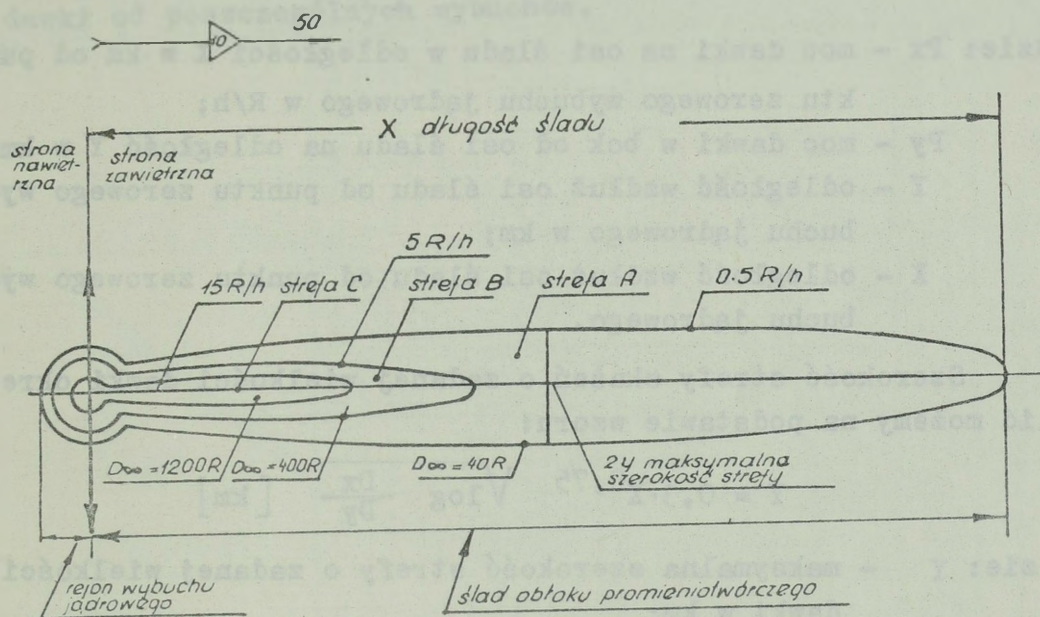
Tabela 13

Charakterystyka stref skażeń promieniotwórczych

Dane charakteryzujące strefy skażeń promieniotwórczych	Strefy skażeń					
	A		B		C	
	granica zewnętrzna	granica wewnętrzna	granica zewnętrzna	granica wewnętrzna	granica zewnętrzna	granica wewnętrzna
1	2	3	4	5	6	7
Dawki promieniowania w terenie odkrytym, emitowane w czasie całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych /Doo/ w R	40	400	400	1200	1200	1200
Średnia wielkość mocy dawki w terenie w R/h						
1. Godzina po wybuchu	8	80	80	240	240	240
2. Dwie godziny po wybuchu	3,5	35	35	100	100	100
3. Trzy godziny po wybuchu	2	20	20	60	60	60
4. Pięć godzin po wybuchu	1	10	10	30	30	30
5. Dziewięć godzin po wybuchu	0,5	5	5	15	15	15
Procent w stosunku do całkowitej strefy skażonej	80-90		7-12		2-6	

Zewnętrzna granica strefy A stanowi granicę bezpieczeństwa, ponieważ za przedziałem tej strefy dawki jakie może otrzymać stan osobowy nie będą przekraczały dawek dopuszczalnych.

Graniczny sposób przedstawiania strefy skażonej ilustruje rysunek 6.



Rys. 6. Strefa skażeń promieniotwórczych

Powierzchnię powstałych stref skażeń po naziemnych wybuchach jądrowych obliczyć możemy na podstawie wzoru:

$$S = 0,8 \cdot X \cdot Y \quad [\text{km}^2]$$

gdzie:  $X$  - długość strefy skażonej w km;

$Y$  - szerokość strefy skażonej w km.

Szerokość strefy skażeń o zadanej mocy dawki obliczyć możemy na podstawie wzoru:

$$Y = 0,3 \cdot X^{0,75} \sqrt{\frac{P_x}{P_y}} \quad [\text{km}]$$

gdzie:  $Y$  - maksymalna szerokość strefy z zadaną graniczną izolinia moc dawki w R/h;

$P_x$  - moc dawki w punkcie przecięcia się malej i dużej

osi śladu /maksymalnej szerokości i długości strefy skażonej/;

$P_y$  - moc dawki na granicy strefy.

$$\log P_y = \log P_x - 11,1 \frac{Y^2}{X^{1,5}} \quad [R/h]$$

gdzie:  $P_x$  - moc dawki na osi śladu w odległości  $X$  w km od punktu zerowego wybuchu jądrowego w  $R/h$ ;

$P_y$  - moc dawki w bok od osi śladu na odległość  $Y$  w km;

$Y$  - odległość wzdłuż osi śladu od punktu zerowego wybuchu jądrowego w km;

$X$  - odległość wzdłuż osi śladu od punktu zerowego wybuchu jądrowego.

Szerokość strefy skażeń o zadanej wielkości dawki określić możemy na podstawie wzoru:

$$Y = 0,3 \cdot X^{0,75} \sqrt{\log \frac{D_x}{D_y}} \quad [km]$$

gdzie:  $Y$  - maksymalna szerokość strefy o zadanej wielkości dawki w km;

$X$  - odległość wzdłuż osi śladu w km;

$D_x$  - dawka na danej odległości  $x$  wzdłuż osi śladu;

$D_y$  - dawka na zadanej odległości  $y$  w bok od osi śladu.

Znaczenie mocy dawki w bok od osi śladu określić możemy na podstawie wzoru:

$$P_y = P_x \cdot K_y \quad [R/h]$$

gdzie:  $P_y$  - moc dawki w bok od osi śladu na danej odległości  $X$  od punktu zerowego wybuchu jądrowego;

$P_x$  - moc dawki na osi śladu na danej odległości od punktu zerowego wybuchu jądrowego;

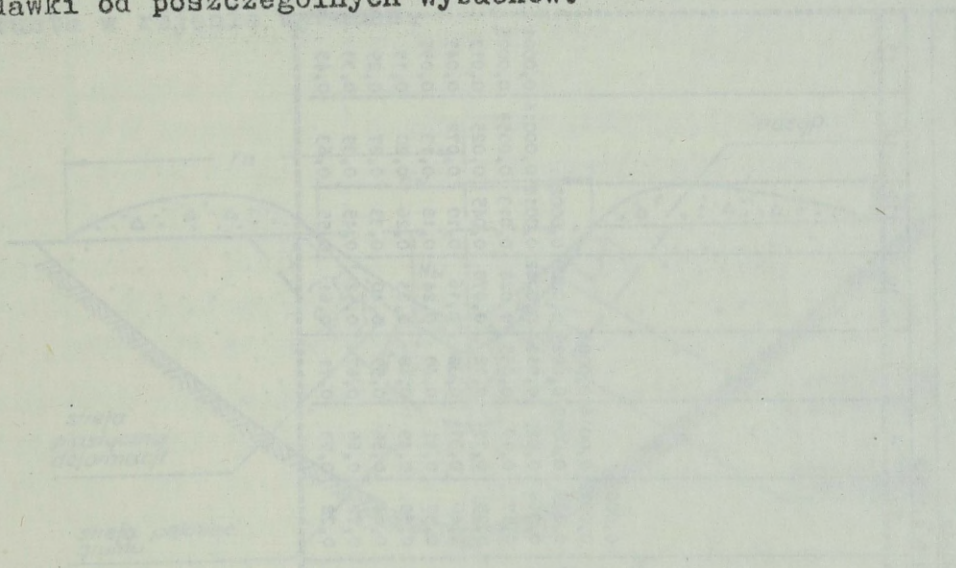
$K$  - współczynnik, znaczenie którego zawiera tabela 14.

Przy zmasowanym użyciu broni jądrowej na niedużym obszarze, powstałe strefy skażeń nakładają się tworząc zwarte strefy skażeń promieniotwórczych.

Przy zmasowanym użyciu broni jądrowej ślady /osie/ mogą wzajemnie się przecinać tylko wtedy jeżeli uderzenia były wykonane nie jednocześnie i jeżeli kierunek średniego wiatru

między poszczególnymi seriami wybuchów uległ zasadniczej zmianie.

Moc dawki, dawka w danym punkcie skażonego terenu, gdzie miało miejsce nałożenie się śladów - równa się sumie mocy dawki, dawki od poszczególnych wybuchów.



Rys. 7. Parametry 10...  
Średnicę 10...  
temy na podstawie...

$$d_0 = 4,4 \left( \frac{q}{H} \right)^{1/3}$$

- gdzie:  $d_0$  - średnica...  
 $H$  - głębokość...  
 $H$  - wysokość...  
 $r_0$  - promień...  
 $h_0$  - wysokość...  
 $q$  - moc...  
 $A$  - współcz...

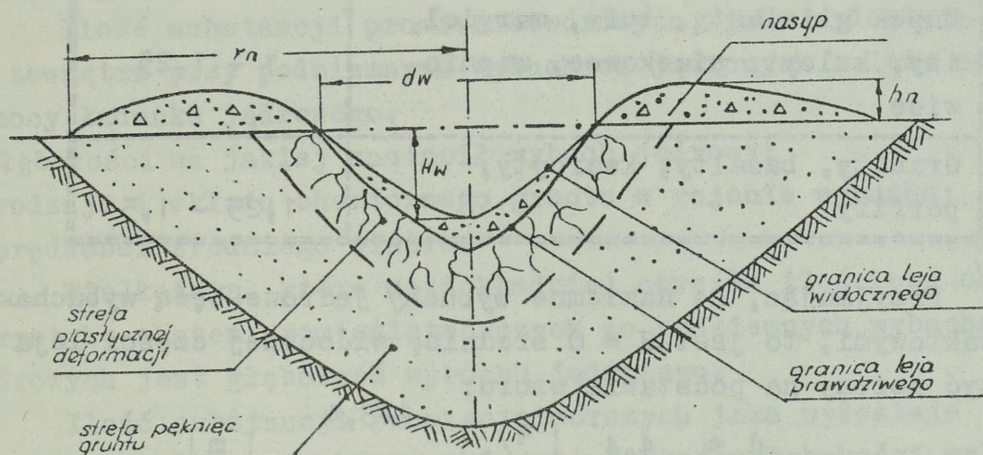
Tabela 14

Wielkość współczynnika  $K_y$  do określenia mocy dawki w bok od osi śladu

m e t r y	O d l e ż e Ń w b o k o d o s i ś l a d u											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
100	1											
200	0,92											
300	0,70	0,44										
500	0,10	0,0002										
2	0,97	0,88	0,75	0,45	0,04							
4	0,98	0,93	0,86	0,65	0,17	0,001						
6	0,98	0,95	0,91	0,75	0,32	0,01						
8	0,97	0,93	0,62	0,44	0,03	0,0008						
10	0,98	0,95	0,86	0,61	0,08	0,004						
12	0,98	0,96	0,88	0,61	0,14	0,0125						
14	0,98	0,96	0,91	0,67	0,2	0,027	0,0017					
16	0,98	0,96	0,93	0,75	0,31	0,076	0,01	0,0009				
20	0,98	0,95	0,81	0,44	0,15	0,032	0,032	0,0061	0,00038			
25	0,98	0,95	0,85	0,53	0,24	0,084	0,02	0,02	0,0005			
30	0,98	0,95	0,85	0,66	0,40	0,199	0,08	0,07	0,0072	0,0016	0,0003	
40	0,98	0,93	0,74	0,53	0,31	0,31	0,16	0,037	0,029	0,0099	0,0029	0,0002
50	0,98	0,93	0,80	0,61	0,41	0,41	0,25	0,027	0,068	0,029	0,011	0,0042
60	0,98	0,93	0,86	0,72	0,56	0,56	0,41	0,39	0,17	0,10	0,055	0,013
80	0,98	0,90	0,86	0,79	0,66	0,79	0,66	0,51	0,28	0,19	0,12	0,045
100	0,98	0,90	0,86	0,84	0,74	0,84	0,74	0,60	0,40	0,31	0,24	0,16
125	0,98	0,92	0,88	0,80	0,80	0,88	0,80	0,70	0,50	0,41	0,40	0,24
150	0,98	0,95	0,90	0,83	0,83	0,90	0,83	0,75	0,58	0,49	0,48	0,33
175	0,98	0,96	0,92	0,86	0,86	0,92	0,86	0,79	0,64	0,56	0,59	0,40
200	0,98	0,97	0,94	0,90	0,90	0,94	0,90	0,85	0,72	0,66	0,67	0,52
250	0,98	0,97	0,94	0,95	0,95	0,94	0,95	0,88	0,78	0,73	0,71	0,55
300	0,98	0,95	0,95	0,92	0,92	0,95	0,92	0,88	0,78	0,73	0,71	0,55
												0,63
												0,43
												0,00014
												0,00025
												0,013
												0,025
												0,045
												0,095
												0,15
												0,20
												0,27
												0,33
												0,39
												0,45
												0,52
												0,61
												0,72
												0,83
												0,95
												1,00

### 2.3. Charakterystyka leja po naziemnych wybuchach jądrowych

Przy naziemnych wybuchach jądrowych na wysokości  $H=0,5\sqrt[3]{q}$  w rejonie wybuchu jądrowego powstaje lej powybuchowy, wymiary którego zależą od mocy wybuchu jądrowego, właściwości i rodzaju gruntu w rejonie wybuchu.



Rys. 7. Parametry leja po naziemnych wybuchach jądrowych

Średnicę leja widocznego na poziomie ziemi określić możemy na podstawie wzoru:

$$d_w = 4,4 \left( \frac{q}{A} \right)^{1/3,4} \cdot \left[ 1 - 1,7 \left( \frac{H}{3 \sqrt[3]{q/A}} \right)^{3/4} \right] \quad [m]$$

gdzie:  $d_w$  - średnica leja widocznego w m;

$H_w$  - głębokość leja widocznego w m;

$H$  - wysokość wybuchu w m;

$r_n$  - promień nasypu w m;

$h_n$  - wysokość nasypu w m;

$q$  - moc wybuchu w tonach;

$A$  - współczynnik uwzględniający rodzaj gruntu /tabela 15/.

Tabela 15

## Wartość współczynnika A

Rodzaj gruntu	A
Gleba piaszczysta, piaski, gleba gliniasta	0,75-1
Łupek gliniasty, tufy, margiel, iły, kalcyt, piaskowce, wapniowiec	1 - 1,25
Granity, bazalty, kwarcyty, porfiry	1,25 - 1,5

Przyjmując, że naziemne wybuchy jądrowe będą wybuchami kontaktowymi, to jest  $H = 0$  średnicę widocznej części leja obliczyć możemy na podstawie wzoru:

$$d_w \approx 4,4 \left( \frac{q}{A} \right)^{1/3,4} \quad [m]$$

Podstawowe parametry leja po naziemnych wybuchach jądrowych zawiera tabela 16.

Tabela 16

Podstawowe parametry leja po naziemnych wybuchach jądrowych grunt średni w m

Parametry leja	Moc wybuchu jądrowego													
	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200	300	500	1000	
$d_w$	34	40	46	54	66	80	90	105	130	160	180	220	260	
$H_w$	5	6	7	8	10	12	14	16	19	24	27	35	40	
$r_n$	64	80	92	108	132	160	180	210	260	320	360	440	540	
$h_n$	3,4	4	4,6	5,6	6,6	8	9	10,5	13	16	18	22	28	

### 3. SKAŻENIE PROMIENIOTWÓRCZE TERENU PO PODZIEMNYCH WYBUCHACH JADROWYCH

Źródłem skażenia promieniotwórczego terenu przy podziemnych wybuchach jądrowych są substancje promieniotwórcze reakcji rozszczepienia, nieprzereagowana część ładunku jądrowego, sztuczne izotopy promieniotwórcze wyrzucone wraz z olbrzymią ilością gruntu z leja powybuchowego.

Ilość substancji promieniotwórczych, jaka wydostaje się na zewnątrz przy podziemnych wybuchach jądrowych zależy od:

- mocy ładunku jądrowego;
- głębokości na jakiej nastąpił wybuch jądrowy;
- rodzaju i składu chemicznego gruntu w rejonie wybuchu;
- prędkości średniego wiatru.

Wielkością, która najdokładniej określa ilościową charakterystykę skażeń promieniotwórczych po podziemnych wybuchach jądrowych jest głębokość wybuchu jądrowego.

Ilość substancji promieniotwórczych jaka wydostaje się na zewnątrz leja powybuchowego jest funkcją głębokości wybuchu. Funkcja ta rośnie do momentu, kiedy  $H$  osiąga wielkość, przy której ilość wyrzuconych substancji promieniotwórczych jest maksymalna. Dolny wzrost  $H$  powoduje to, że zmniejsza się ilość substancji promieniotwórczych, wydostających się na zewnątrz leja powybuchowego.

Ilość substancji promieniotwórczych jaka wydostaje się na zewnątrz leja powybuchowego, zależy także od rodzaju i składu chemicznego gruntu. Im w rejonie wybuchu jądrowego grunt jest bardziej wilgotny oraz zawiera dużo związków organicznych tym ilość substancji promieniotwórczych jaka wydostaje się na zewnątrz jest większa. Poza tym ilość wydostających się na zewnątrz substancji promieniotwórczych zależy także od obecności w rejonie wybuchu jądrowego takich związków chemicznych, które przy ogrzaniu łatwo przechodzą w stan gazowy.

W zależności od głębokości wybuchu, ilości związków chemicznych lekko przechodzących w stan gazowy, jakościowa charakterystyka skażenia terenu będzie kształtowała się różnie.

Przy zakrytych podziemnych wybuchach jądrowych  $H = (7-10) \cdot q^{1/3,4}$  możliwe jest wydostanie się na powierzchnię

chnię tylko gazowych substancji promieniotwórczych, takich jak ksenon-133, ksenon-135, przy czym substancje te zaczynają wydostawać się na zewnątrz po upływie 5-20 h od momentu wybuchu, a czas w okresie którego wydobywają się wynosi 4-6 dób.

Wydobywające się gazowe substancje promieniotwórcze nie powodują skażenia promieniotwórczego terenu. Skażają natomiast w nieznacznym stopniu atmosferę.

Przy podziemnych wybuchach jądrowych dokonywanych na głębokości  $H > (7-10)q^{1/3,4}$  mogą wydobywać się na zewnątrz stałe substancje promieniotwórcze mające postać aerosoli.

Przy podziemnych wybuchach jądrowych dokonywanych na głębokościach do  $H = 5 \cdot q^{1/3,4}$  powstają: obłok promieniotwórczy, słup pyłowy, które przesuając się zgodnie z kierunkiem średniego wiatru powodują bardzo silne skażenie promieniotwórcze terenu, zarówno w rejonie wybuchu jądrowego, jak i na śladzie obłoku powybuchowego.

Przy podziemnych wybuchach jądrowych, dokonywanych na głębokościach  $H = (0,5 - 2) q^{1/3,4}$  ilość substancji promieniotwórczych, jaka wypada zarówno w rejonie wybuchu, jak i na śladzie jest 3,5 - 4,2 razy większa aniżeli po naziemnym wybuchu jądrowym o tej samej mocy.

Zjawisko to objaśnia się tym, że przy podziemnych wybuchach jądrowych powstaje bardzo dużo pyłu, co sprzyja intensywnemu wypadaniu substancji promieniotwórczych z słupa pyłowego i obłoku powybuchowego na stosunkowo niedużych odległościach od miejsca wybuchu /dziesiątki, setki kilometrów/.

Przy dalszym zmniejszeniu głębokości podziemnych wybuchów jądrowych /od  $H = 0,5 \cdot q^{1/3,4}$  do  $H = 0$ / ilość substancji promieniotwórczych, jaka wydostaje się na zewnątrz leja powybuchowego, maleje i przy  $H = 0$  w przybliżeniu równa się ilości substancji promieniotwórczej, jaka powstaje przy naziemnych wybuchach jądrowych.

### 3.1. Skażenie promieniotwórcze terenu w rejonie podziemnego wybuchu jądrowego

Źródłem skażenia promieniotwórczego terenu w rejonie podziemnego wybuchu jądrowego są: promieniotwórcze produkty

rozszczeplenia ładunku jądowego, nierozszczepiona część ła -  
 dunku oraz aktywność wzbudzona wyrzuconego na zewnątrz leja  
 gruntu. Stopień skażenia promieniotwórczego terenu w rejonie  
 podziemnego wybuchu jądowego zależy od mocy ładunku jądowego,  
 głębokości wybuchu, rodzaju gruntu i jego składu chemicznego .  
 Moc dawki w rejonie podziemnego wybuchu jądowego jest dzie -  
 siątki i setki razy większa aniżeli w rejonie naziemnego wy -  
 buch jądowego. Wielkość mocy dawki w rejonie podziemnych wy -  
 buchów jądowych przedstawia tabela 17.

Wysokość leja (m)	Moc dawki (R/h)	Moc dawki (mR/h)
0	100	10000
1	10	1000
2	2.5	250
3	1.5	150
4	1.0	100
5	0.7	70
6	0.5	50
7	0.4	40
8	0.35	35
9	0.3	30
10	0.25	25
15	0.15	15
20	0.1	10
30	0.05	5
40	0.03	3
50	0.02	2
60	0.015	1.5
70	0.01	1
80	0.007	0.7
90	0.005	0.5
100	0.004	0.4

Wzrost mocy dawki w rejonie podziemnych wybuchów jądowych zależy od rodzaju gruntu i jego składu chemicznego. W rejonie wybuchu jądowego w rejonie podziemnych wybuchów jądowych. Moc dawki w rejonie podziemnych wybuchów jądowych jest 10-20 razy większa niż w rejonie naziemnych wybuchów jądowych. Moc dawki w rejonie podziemnych wybuchów jądowych jest 10-20 razy większa niż w rejonie naziemnych wybuchów jądowych. Moc dawki w rejonie podziemnych wybuchów jądowych jest 10-20 razy większa niż w rejonie naziemnych wybuchów jądowych.

1.3. Charakterystyka...  
 Przy podziemnym...  
 Moc dawki w rejonie...

Tabela 17

Moc dawki w rejonie podziemnego wybuchu jądrowego po upływie 1 h od momentu wybuchu w R/h /wybuchy na głębokości powodujące maksymalne skażenie/

Odległość od płaszczyzny wybuchu w m	Moc wybuchu w kt																
	001	002	003	005	01	02	03	05	1	2	3	5	10	20	30	50	100
50	25	83	160	370	1000	2900	5000	10000	25000	62000							
100	2,4	11	24	70	240	800	1300	3500	10000	30000	50000	100000	250000	620000			
200	005	0,4	1,1	4,2	21	100	234	640	2300	7700	15000	34000	100000	270000	490000	980000	2500000
300		002	009	04	2,8	17	45	150	650	2500	5400	14000	45000	140000	250000	560000	1500000
400				005	04	3,4	10,5	39	200	940	2100	6000	22000	74000	150000	330000	970000
500					008	0,7	2,4	11	70	380	940	2800	11000	42000	87000	210000	640000
600					001	0,2	0,7	3,6	26	150	420	1400	6000	24000	52000	130000	440000
800						001	006	0,4	4	31	94	350	1900	8900	21000	57000	210000
1000								006	07	7	23	100	650	3500	8800	21000	110000
1200								001	01	1,7	6,5	32	230	1500	3900	13000	57000
1500									001	0,2	1	6,1	56	420	1200	4500	23000
2000										001	006	05	6,1	62	210	940	5900
3000												0005	0,2	2	9	54	500
4000													003	008	0,5	4,1	54
5000															004	0,4	6,7

### 3.2. Skażenie promieniotwórcze terenu na śladzie obłoku pro - mieniotwórczego po podziemnych wybuchach jądrowych

Źródłem bardzo silnych skażeń promieniotwórczych terenu na drodze przesuwania się obłoku powybuchowego po podziemnych wybuchach jądrowych, dokonywanych na głębokości  $H = (1-5)q^{1/3,4}$  jest pył promieniotwórczy, wypadający z skupa pyłowego i obłoku powybuchowego. Mechanizm skażenia terenu na drodze przesuwania się obłoku powybuchowego po podziemnych wybuchach jądrowych jest analogiczny do mechanizmu skażenia terenu po naziemnych wybuchach jądrowych.

Stopień skażenia promieniotwórczego terenu, rozmiary powstałych stref skażeń na drodze przesuwania się obłoku powybuchowego po podziemnych wybuchach jądrowych zależą od mocy wybuchu, głębokości wybuchu, wysokości wzniesienia się obłoku powybuchowego, warunków meteorologicznych oraz rodzaju gruntu w rejonie wybuchu. Rozmiary stref skażeń jakie powstają po podziemnych wybuchach jądrowych są 1,5 - 2,5 razy dłuższe i 1,4-2 razy szersze od stref skażeń, jakie powstają po naziemnych wybuchach jądrowych.

Moc dawki na osi śladu po podziemnych wybuchach jądrowych jest 15-20 razy większa od mocy po naziemnych wybuchach jądrowych.

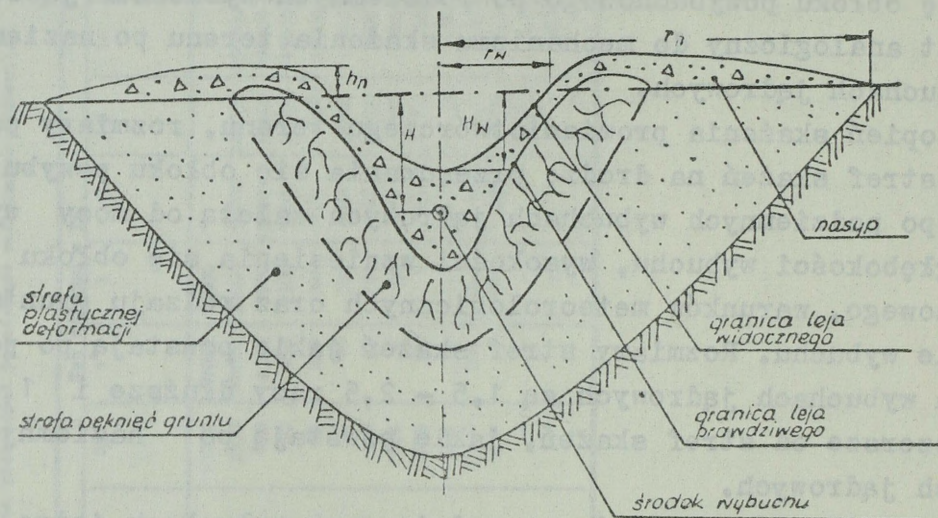
Obłok powybuchowy po podziemnych wybuchach jądrowych, wykonanych na głębokości odpowiadającej maksymalnemu skażeniu ( $H = 1.5 q^{1/3,4}$ ) dla mocy wybuchu 0,001 kt wznosi się na wysokość 0,9 km, a dla 100 kt na wysokość 11 km.

Obłok powybuchowy po podziemnych wybuchach jądrowych wykonanych na głębokości odpowiadającej maksymalnym parametrom leja powybuchowego ( $H = 5 q^{1/3,4}$ ), dla mocy wybuchu 0,001 kt wznosi się na wysokość 0,5 km, a dla 100 kt na wysokość 6,1 km.

### 3.3. Charakterystyka leja po podziemnych wybuchach jądrowych

Przy podziemnych wybuchach jądrowych lej w rejonie wybuchu powstaje jeżeli głębokość podziemnego wybuchu jądrowego  $H < 6 \cdot q^{1/3,4}$  m.

Ilość wyrzuconego gruntu na zewnątrz leja zależy od optymalnej głębokości wybuchu tabela 17. Przy wybuchach w gruntach miękkich, średniej kategorii optymalna głębokość wybuchu pomiaru i głębokość wybuchu są 1,2 - 1,3 razy większe aniżeli po wybuchach dokonanych w gruntach skalnych. Podstawowe parametry leja po podziemnych wybuchach jądrowych przedstawia rysunek 8.



Rys. 8. Parametry leja po podziemnych wybuchach jądrowych

gdzie:  $r_w$  - promień widocznej części leja w m;  
 $H_w$  - widoczna głębokość leja w m;  
 $r_n$  - promień nasypu w m;  
 $h_n$  - wysokość nasypu w m;  
 $H$  - głębokość wybuchu w m.

Optymalną głębokość wybuchu, przy której występują maksymalne parametry leja określa wzór:

$$H_{\text{optym.}} = 5 \cdot q^{0,294} \quad [\text{m}]$$

gdzie:  $q$  - moc wybuchu w tonach.

Optymalną głębokość podziemnego wybuchu jądrowego, przy której następuje maksymalne skażenie terenu określa wzór:

$$H_{\text{max skaż.}} = 1,5 q^{0,294} \quad [\text{m}]$$

Podstawowe parametry leja po podziemnych wybuchach jądrowych zawiera tabela 18.

Parametry leja po podziemnych wybuchach jądrowych  
na głębokości  $H = H_{optym} = 5 \cdot q$   $O,294$  [m], grunt średni

Parametry leja po podziemnych wybuchach jądrowych	Moc wybuchu jądrowego w kt																								
	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,1	0,2	0,3	0,5	0,75	1	2	2,5	3	5	9	10	20	28	30	40	48	50	75	100
$H_{optym}$	10	12	14	16	19	20	24	27	31	34	38	47	49	52	62	70	75	91	100	104	112	120	125	134	150
$I_w$	12	15	16	19	21	24	29	32	38	44	46	55	60	65	75	88	90	110	120	125	135	143	146	164	180
$H_w$	7	9	10	11	12	14	17	19	22	26	28	33	36	37	44	53	55	65	75	77	85	86	97	100	105
$I_n$	36	45	48	57	63	72	87	96	114	132	138	165	180	190	225	268	270	330	360	375	405	429	440	480	540
$h_n$	1	1,2	1,4	1,6	1,9	2	2,4	2,7	3,1	3,4	3,8	4,7	4,9	5,2	6,2	8,8	9	11	12	12,5	13,5	14,4	14,6	16	18

Tabela 19

Parametry lejsa po podziemnych wybuchach jądrowych na głębokości powodującej  
maksymalne skażenie terenu

$$H = H_{optym,sk.} = 1,5 q \cdot 0,294 / m / \text{grunt średni.}$$

		Moc wybuchu jądrowego w kt																									
		0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,1	0,2	0,3	0,5	0,75	1	2	2,5	3	5	9	10	20	28	30	40	48	50	75	100	
Parametry lejsa po pod- ziemnych wybuchach jądrowych																											
$H_{optym,sk.}$		3	3,6	4	4,7	5,6	5,8	7	8	9	10,6	11	14	15,8	16	18	19	23	27	30	31	33	35	36	42	44	
$I_w$		10	13	14	16	18,5	20	25	28	32	35	40	49	50	55	65	71	78	95	105	110	121	124	125	140	150	
$H_w$		5	6	7	8	9	10	13	14	17	19	21	25	26	28	33	36	40	49	52	56	57	59	65	70	80	
$I_n$		30	39	42	48	53	60	75	80	96	105	120	127	150	165	195	223	234	285	312	330	363	372	375	420	450	
$h_n$		1	1,3	1,6	1,8	2	2,5	2,8	3,2	3,5	4	4,9	5	5,5	6,5	7,1	7,3	8,5	9,5	10,5	11	12	12,4	12,5	14	15	

#### 4. SKAŻENIE PROMIENIOTWÓRCZE TERENU PO POWIETRZNYCH WYBUCHACH JADROWYCH

Źródłem promieniotwórczego skażenia terenu po powietrznych wybuchach jądrowych są: wzbudzona promieniotwórczość gruntu w rejonie wybuchu jądrowego oraz substancje promieniotwórcze powstałe w wyniku reakcji rozszczepienia ładunku jądrowego.

Zarówno względne, jak i rzeczywiste znaczenie wyżej wymienionych źródeł skażenia promieniotwórczego terenu po powietrznych wybuchach jądrowych zależy od mocy ładunku jądrowego, wysokości wybuchu /H/, rodzaju gleby w rejonie wybuchu i warunków meteorologicznych.

##### 4.1. Skażenie promieniotwórcze terenu w rejonie powietrznego wybuchu jądrowego

Przyczyną skażenia promieniotwórczego terenu w rejonie powietrznego wybuchu jądrowego jest wzbudzona promieniotwórczość pierwiastków wchodzących w skład gruntu w rejonie wybuchu.

Izotopy promieniotwórcze takich pierwiastków jak glin, mangan, sód, krzem, powstałe w wyniku wychwytu neutronów ulegają stosunkowo szybkiemu rozpadowi; to jednak przyczyniają się znacznie do powstania wysokiej aktywności początkowej gruntu w rejonie wybuchu jądrowego.

Mimo to, że aktywność początkowa gruntu w rejonie wybuchu jądrowego jest stosunkowo wysoka, to moc dawki po upływie jednej godziny od momentu wybuchu jest niewysoka i może wynosić kilkadziesiąt rentgenów na godzinę dla powietrznych wybuchów jądrowych, a podczas niskich wybuchów powietrznych nawet kilkaset.

Skażony odcinek terenu w rejonie powietrznego wybuchu jądrowego ma kształt koła, a jego wielkość i stopień skażenia zależy od mocy i wysokości wybuchu oraz składu chemicznego gruntu w rejonie wybuchu.

Zależność mocy dawki od wysokości wybuchu i mocy ładunku charakteryzuje tabela 20.

Tabela 20

Moc dawki w rejonie niskiego powietrznego wybuchu jądrowego  
 $/H = 7\sqrt[3]{q}$  /m// po upływie 1 godziny od wybuchu w R/h

Odległość od punktu zerowego wyb. w m	Moc wybuchu w kt												
	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200	300	500	1000
50	60	80	95	110	170	175	180	190	180	160	140	110	73
100	28	47	60	80	120	160	165	180	170	155	125	105	66
200	9	15	20	28	45	60	78	105	120	110	100	83	60
300	2,3	4,7	6,8	10	17	26	36	60	65	70	80	60	50
400	0,9	1,8	2,7	4,2	7	12	17	20	30	40	42	40	33
600	0,17	0,32	0,48	0,8	1,5	2,6	3,6	5	9	12	14	15	15
800	0,035	0,071	0,1	0,17	0,35	0,6	0,9	1,4	2,5	4	5	6	7
1000	9.15 <sup>-3</sup>	0,02	0,03	0,05	0,09	0,17	0,24	0,4	0,7	1,2	1,5	2	3
1500	6,5.10 <sup>-3</sup>	1.10 <sup>-3</sup>	1,6.10 <sup>-3</sup>	6.10 <sup>-3</sup>	0,011	0,016	0,026	0,045	0,026	0,084	0,11	0,8	0,3

#### 4.2. Skażenie promieniotwórcze terenu na śladzie obłoku promieniotwórczego po powietrznych wybuchach jądrowych

Przy powietrznych wybuchach jądrowych na wysokościach większych aniżeli  $H = 20 \sqrt[3]{q}$  m, słup pyłowy nie łączy się z obłokiem powybuchowym i dlatego podstawowymi składnikami obłoku powybuchowego będą głównie promieniotwórcze produkty rozszczepienia ładunku jądrowego i produkty wzbudzone pochodzące z materiałów konstrukcyjnych amunicji jądrowej.

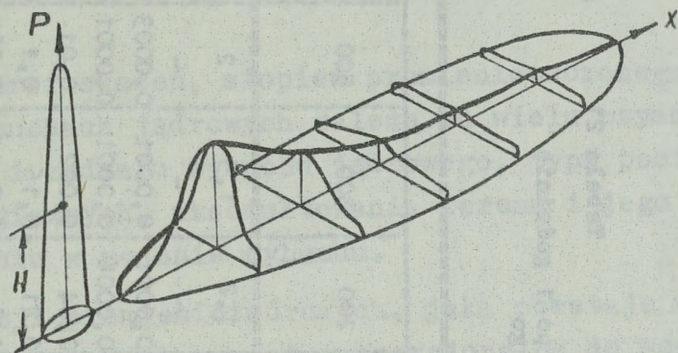
W wypadku połączenia się słupa pyłowego z obłokiem powybuchowym, a ma to miejsce przy niskich wybuchach jądrowych  $/H = 7 \sqrt[3]{q}$  m/ w jego skład wejdzie nieznaczna ilość pyłu w stosunkowo niedużej aktywności.

Skażenie terenu wzdłuż drogi przesuwania się powybuchowego obłoku promieniotwórczego następuje na skutek opadania niewielkiej ilości pyłu o stosunkowo małej aktywności.

Podczas niskich wybuchów powietrznych około 10% powstałych substancji promieniotwórczych opada wzdłuż drogi przesuwania się obłoku powybuchowego, powodując powstanie śladu promieniotwórczego.

Powstała strefa skażeń ma kształt wyciągniętej elipsy oddalonej od rejonu wybuchu jądrowego na pewną odległość.

Moc dawki na osi śladu początkowo wzrasta osiągając maksimum na pewnej odległości od punktu zerowego wybuchu, a zatem stopniowo maleje. Rozkład mocy dawki zarówno w rejonie, jak i na śladzie po powietrznych wybuchach jądrowych przedstawia rysunek 9.



Rys.9. Rozkład mocy dawki w rejonie i na śladzie po powietrznych wybuchach jądrowych

Po niskich powietrznych wybuchach jądrowych moc dawki w momencie opadania pyłu promieniotwórczego jest niewysoka i może wynosić kilka rentgenów na godzinę.

Podczas powietrznych wybuchów jądrowych skażenie promieniotwórcze terenu wzdłuż przesuwania się obłoku powybuchowego jest minimalne i wynosi dla amunicji jądrowej o małej mocy dziesiąte części rentgena na godzinę, a dla amunicji jądrowej o średniej i dużej mocy do kilku rentgenów na godzinę.

Podczas wysokich powietrznych wybuchów jądrowych skażenie terenu wzdłuż przesuwania się obłoku powybuchowego praktycznie nie występuje, względnie jest tak małe, że nie stanowi realnego niebezpieczeństwa dla wojsk.

Moc dawki wzdłuż osi śladu po niskich wybuchach powietrznych  $/H = 7 \sqrt[3]{q}$  m/ po upływie 1 h od wybuchu przy szybkości średniego wiatru 50 km/h przedstawia tabela 21.

Tabela 21

Moc dawki na osi śladu obłoku promieniotwórczego po 1 godzinie  
od niskiego powietrznego wybuchu jądrowego  
 $/H = 7 \sqrt[3]{q}$ , V wlatru = 50 km/h

Odle- głość od środ- ka wy- buchu w km	Moc wybuchu w kt												
	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200	300	500	1000
1	0,009	0,02	0,03	0,05	0,09	0,17	0,24	0,4	0,7	1,2	1,5	2	3
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0,01	0,07	0,004	0,001	0,007	0,0001	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0003
5	0,1	0,08	0,07	0,05	0,03	0,2	0,005	0,003	0,001	0,0006	0,0001	0,0001	0,0001
8	0,2	0,24	0,26	0,26	0,26	0,22	0,13	0,15	0,09	0,04	0,002	0,01	0,003
10	0,24	0,32	0,39	0,43	0,48	0,5	0,48	0,48	0,32	0,21	0,16	0,1	0,04
15	0,22	0,3	0,42	0,59	0,76	0,95	1,07	1,2	1,26	1,2	1,2	0,98	0,71
25	0,15	0,26	0,75	0,6	0,87	1,3	1,74	2,2	2,8	3,4	3,9	4,8	5,1
50	0,05	0,12	0,17	0,34	0,5	0,9	1,2	2	3	5	6,3	9	13
75	0,02	0,06	0,08	0,18	0,29	0,57	0,83	1,25	2,2	3,8	5,3	8,3	13
100	0,008	0,03	0,04	0,1	0,16	0,36	0,45	0,9	1,6	2,7	4,5	6,8	11
150	0,0002	0,01	0,02	0,03	0,06	0,11	0,2	0,5	0,97	1,9	2,7	4,2	7,5
200	0,0001	0,004	0,008	0,02	0,03	0,08	0,1	0,2	0,6	1	1,6	2,6	5,2

## 5. WPLYW NIEKTÓRYCH CZYNNIKÓW NA SKAŻENIE TERENU PO WYBUCHACH JADROWYCH

Rozmiary stref skażeń, stopień promieniotwórczego skażenia terenu po wybuchach jądrowych zależą od wielu czynników, a mianowicie: mocy i rodzaju wybuchu jądrowego, typu pocisku, warunków meteorologicznych, ukształtowania terenu i jego pokrycia, rodzaju gruntu w rejonie wybuchu.

1. Ilość substancji promieniotwórczych, jaka powstaje w wyniku wybuchu jądrowego, jest wprost proporcjonalna do mocy ładunku, to znaczy, że ze wzrostem ładunku wzrastają rozmiary powstałych stref skażeń zarówno w rejonie wybuchu, jak i na śladzie, wzrasta także stopień promieniotwórczego skażenia terenu i obiektów terenowych.
2. Rozmiary stref skażeń oraz stopień ich promieniotwórczego skażenia wzrastają wraz z mniejszeniem wysokości wybuchu i osiągają maksimum przy podziemnych i naziemnych wybuchach jądrowych.

Przy powietrznych wybuchach jądrowych największe skażenie terenu występuje przy niskich powietrznych wybuchach jądrowych, mniejsze przy powietrznych wybuchach jądrowych i nieznaczne przy wysokich powietrznych wybuchach jądrowych.

Zależność stopnia skażenia terenu od rodzaju wybuchu jądrowego przedstawia tabela nr 22.

Zależność stopnia skażenia terenu od rodzaju wybuchu jądrowego

Rodzaj wybuchu jądrowego	Warunki wykonania wybuchu	Wysokość / głębokość / wybuchu / m		Specyficzne oznaki zewnętrzne wybuchu jądrowego	Charakter skażenia terenu
		górna	dolna		
1 Otwarty wybuch podziemny	2 Wybuch w gruncie w pobliżu jego powierzchni	3 5.q	4 0,294	5 Na zewnątrz wyrzucana zostaje ilość brzoymia gruntu, powstaje promieniotwórczy obłok powybuchowy, słup pyłowy i czołowa fala pyłowa; w rej. wybuchu powstaje lej powybuchowy.	6 Powstaje bardzo silne skażenie promieniotwórcze terenu zarówno w rejonie wybuchu, jak i na śladzie, praktycznie wykluczające działanie wojsk w pierwszych godzinach po wybuchu
Zakryty wybuch podziemny tzw. kamufłazowy	Wybuch w gruncie na dużej głębokości		20.q		Może występować nieznaczne skażenie atmosfery gazami promieniotwórczymi terenu w rejonie wybuchu, jak i na śladzie praktycznie nieulega skażeniu
Wybuch naziemny	Wybuch jądrowy na powierzchni ziemni	3,5.q	0,333	0	Powstaje silne skażenie terenu zarówno w rejonie wybuchu, jak i na śladzie obłoku promieniotwórczego.

1	2	3	4	5	6
	kontaktowy lub w powietrzu na wysokości, na której kula ognista styka się z powierzchnią ziemi				Silne skażenie atmosfery
Niski wybuch powierzchniowy	Wybuch w powietrzu na takiej wysokości, na której gęstość powietrza jest minimalna	10.q 0,333 minimalna 7.q 0,333	3,5.q 0,333	Powstaje promieniotwórczy obłok pyłowy i obłok pyłowy	Dość silne skażenie promieniotwórcze w rejonie wybuchu jądrowego i znaczne skażenie na śladzie obłoku promieniotwórczego. Dość znaczne skażenie promieniotwórcze atmosfery
Wysoki wybuch powierzchniowy	Wybuch na takiej wysokości, gdzie gęstość powietrza w przybliżeniu nie odbiega od normalnej	25.q 0,333 minimalna 12.q 0,333	15.q 0,333	Powstaje obłok pyłowy i słupek pyłowy	Bardzo słabe skażenie terenu w rejonie wybuchu jądrowego. Dość znaczne skażenie promieniotwórcze dolnych warstw atmosfery.

3. Rozmiary oraz stopień terenu i obiektów terenowych zależą od prędkości i kierunku wiatru oraz od opadów atmosferycznych. Przy czym prędkość i kierunek wiatru w warstwie powietrza między powierzchnią ziemi a miejscem, do którego wznosi się obłok jest najważniejszym czynnikiem określającym rozmiary i stopień skażenia promieniotwórczego terenu i obiektów terenowych.

Zarówno kierunek, jak i prędkość wiatru są wielkościami stałymi, ale mogą zasadniczo różnić się dla poszczególnych warstw i odległości od miejsca wybuchu.

Dla określenia wpływu prędkości i kierunków wiatru na rozmiary i stopień skażenia promieniotwórczego terenu posługujemy się tzw. wiatrem średnim. Im prędkość średniego wiatru jest większa, tym front wypadania pyłu promieniotwórczego w krótszym czasie dociera na określoną odległość od miejsca wybuchu, co powoduje, że spadek aktywności jest mniejszy. W rezultacie czego długość powstałego śladu z określoną wielkością mocy dawki jest większa i tym samym powierzchnia ulegająca skażeniu wzrasta.

Wpływ prędkości średniego wiatru na stopień skażenia terenu przedstawia tabela 23.

Tabela 23

Moc dawki na osi śladu w zależności od prędkości średniego wiatru

$q = 100 \text{ kt}$ ,  $t = h$  od wybuchu

Prędkość średniego wiatru w km/h		10	25	50	75	100	150
P, R/h	R=100 km	0,45	1,0	1,7	2,0	2,2	2,3

Profil wiatru do maksymalnej wysokości wznoszenia się obłoku powybuchowego w sposób decydujący określa konfigurację stref skażeń promieniotwórczych terenu. Jeżeli profil wiatru jest prosty, to znaczy, że kierunek wiatru w poszczególnych warstwach nie odbiega od kierunku wiatru średniego więcej ani-

żeli  $20-30^{\circ}$ , to ślad ma postać elipsy. Jeżeli kierunek wiatru wraz ze wzrostem wysokości dokonuje zwrotu tylko w jedną stronę, to oś śladu ulega zwrotowi także w tę stronę, to znaczy nie odpowiada kierunkowi wiatru średniego.

W wypadku nagłych i silnych zwrotów kierunku wiatru w poszczególnych warstwach atmosfery, ślad promieniotwórczy może ulec deformacji /może powstać kilka rozgałęzień - języków/.

4. Stopień skażenia terenu zarówno w rejonie, jak i na śladzie obłoku powybuchowego, a także wielkość powierzchni i kształt śladu zależą także od opadów atmosferycznych. Przy określaniu wpływu opadów atmosferycznych na rozmiary, kształt i stopień skażenia promieniotwórczego terenu - bierzemy pod uwagę wzajemne położenie w stosunku do siebie - promieniotwórczego obłoku powybuchowego i chmur śniegowo-deszczowych oraz wypadanie deszczu lub śniegu w momencie formowania się śladu promieniotwórczego.

W wypadku gdy obłok powybuchowy znajdzie się w chmurach deszczowo-śniegowych, wypadanie śniegu lub deszczu z tych chmur powoduje silne zwiększenie stopnia skażenia promieniotwórczego terenu. W przypadku wybuchów naziemnych stopień skażenia terenu może być 10 razy większy niż w dni bezchmurne. Jeżeli obłok powybuchowy wznosi się powyżej chmur deszczowo-śniegowych, opady atmosferyczne tylko w nieznacznym stopniu zwiększają stopień skażenia promieniotwórczego terenu.

5. Wpływ ukształtowania terenu i jego pokrycia na stopień skażenia promieniotwórczego.

Ukształtowanie terenu zasadniczo nie wpływa na ogólną powierzchnię jaka ulega skażeniu w wyniku wybuchu jądrowego o określonej mocy. Ukształtowanie terenu wpływa natomiast na nierównomierność skażenia i konfigurację śladu. Stoki zwrócone w kierunku przesuwania się obłoku powybuchowego ulegają silniejszemu skażeniu w stosunku do przeciwstoków.

Na wyniosłościach terenowych o wysokości 30-70 m moc dawki na stoku zwróconym w kierunku przesuwania się obłoku powybuchowego może być 1,8 - 2 razy większa aniżeli na przeciwstoku.

Szczególnie jaskrawe różnice w stosunku skażenia i konfiguracji śladu występują w terenie górskim i wysokogórskim. Różnice między mocą dawki w terenie górskim i wysokogórskim, a mocą dawki w terenie równinnym będą tym większe, im większa odległość wzdłuż osi śladu od miejsca wybuchu.

Stosunkowo niewielkie wyniosłości terenowe /kotliny, jary, wąwozy/ będą wpływać na nieznaczne zmiany w stosunku skażenia terenu. Przy czym zmiany te będą wywoływane wiatrem w przyziemnej warstwie atmosfery. Wiatr ten będzie zwiewał pył promieniotwórczy z odkrytego terenu w doły, kotlinki, jamy, wąwozy, jary, teren pokryty gęstą trawą, krzakami.

Lasy zmniejszają moc dawki około 2-3 razy w stosunku do terenu równinnego odkrytego. Stopień zmniejszenia stopnia skażenia terenu pokrytego lasami zależy od wieku lasu, rodzaju i warunków meteorologicznych /opasy, kierunek i szybkość wiatru w przyziemnej warstwie atmosfery/.

Las młody /średnica drzew do 10 cm/, las liściasty bez liści niezależnie od wieku, praktycznie nie wpływają na stopień skażenia promieniotwórczego terenu.

Średnia wielkość współczynników zmniejszania mocy dawki przez las przedstawia tabela nr 24.

Tabela nr 24

Średnia wielkość współczynnika zmniejszania mocy dawki przez lasy

Rodzaj lasu	Warunki skażenia	
	słaby wiatr	silny wiatr
Iglasty i liściasty		
stary	3	2
dojrzały	2	2

6. Wpływ rodzaju frontu w rejonie wybuchu jądrowego na stopień promieniotwórczego skażenia terenu.

Wszystkie grunty ze względu na ich wpływ na skażenia podzielono na dwie grupy, a mianowicie grunty spoiste i sypkie.

Przy wybuchach jądrowych dokonanych na gruntach sypkich, stopień skażenia promieniotwórczego na śladzie jest dwa razy większy przy wybuchach jądrowych na gruntach spoistych.

## 6. SKAŻENIE PROMIENIOTWÓRCZE ATMOSFERY PO WYBUCHACH JADROWYCH

Źródłem skażenia promieniotwórczego atmosfery po wybuchach jądrowych są gazy promieniotwórcze powstałe w wyniku reakcji rozszczepienia ładunku jądrowego oraz pył promieniotwórczy.

Zasadniczą masą gazów promieniotwórczych powstałych w wyniku reakcji rozszczepienia uranu lub plutonu stanowią izotopy promieniotwórcze kryptonu, ksenonu i azotu. Początkowa aktywność tych izotopów jest bardzo wysoka, ale na skutek krótkiego okresu ich połowicznego rozpadu ulega bardzo szybkiemu spadowi. Gazy te znajdują się tylko w obrębie obłoku powybuchowego i dlatego powodują skażenie tylko górnych warstw atmosfery.

Skażenie promieniotwórcze górnych warstw atmosfery będzie przedstawiało niebezpieczeństwo tylko dla załóg samolotów i przelatujących desantów.

Dla wojsk najbardziej niebezpiecznym jest skażenie powietrza w przyziemnej warstwie atmosfery.

Powietrze w przyziemnej warstwie atmosfery może ulec skażeniu pierwotnemu jak i wtórnemu.

Powietrze w przyziemnej warstwie atmosfery ulega skażeniu pierwotnemu w czasie formowania się śladu, przy czym przyczyną skażenia są substancje promieniotwórcze wypadające ze słupa pyłowego i obłoku powybuchowego.

W czasie formowania się śladu promieniotwórczego stężenie pyłu w przyziemnej warstwie atmosfery wzrasta do maksimum, a zatem stopniowo maleje do zera.

Maksymalną wielkość stężenia pyłu promieniotwórczego w przyziemnej warstwie atmosfery w czasie formowania się śladu określić można na podstawie wzoru:

$$C_{\max} = \frac{6 P_{\text{wyp}}}{10^7 \cdot h} \quad \left[ \text{Ci/l} \right]$$

gdzie:  $C_{\max}$  - maksymalna koncentracja pyłu promieniotwórczego w czasie formowania się śladu Ci/l;

$P_{\text{wyp}}$  - moc dawki w R/h odpowiadająca czasowi formowania się śladu na danej odległości od punktu zerowego wybuchu jądrowego;

$h$  = maksymalna wysokości wznoszenia się obłoku  
powybuchowego w m.

Maksymalne znaczenie stężenia pyłu promieniotwórczego w  
momencie formowania się stref skażeń przedstawia tabela 25.

Tabela nr 25

Maksymalne stężenie pyłu promieniotwórczego w przyziem-  
nej warstwie atmosfery ciur/1 w momencie formowania się stref  
skażeń przy wysokości średniego wiatru 50 km/h

Strefa skażenia	Moc wybuchu jądrowego w kt				
	1	10	100	1000	10000
A	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-7}$	$6,6 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$
B	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$4,7 \cdot 10^{-7}$	$8,7 \cdot 10^{-8}$
C	$3,3 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-6}$	$5,6 \cdot 10^{-7}$

Tabela nr 26

Maksymalne znaczenie stężenia pyłu promieniotwórczego w przyziemnej warstwie na danej odległości od punktu zerowego wybuchu jądrowego w momencie formowania się śladu w Ci/1

Odległość od punktu zerowego wybuchu jądrowego w km	Moc wybuchu jądrowego w kt												
	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200	300	500	1000
1	580	850	1100	1500	2500	3200	4200	6000	10000	13000	17800	23000	38000
2	190	300	380	540	1300	1300	1700	2400	3800	5400	7200	10000	15000
3	100	170	220	300	480	700	1000	1300	2100	3200	4300	6000	10000
5	46	70	90	130	200	320	420	630	910	1600	2000	2900	4200
10	11	17	23	30	54	80	110	160	230	460	500	960	4200
20	1,9	3,2	4,4	6,3	10	18	24	33	48	100	130	200	380
50	0,084	0,18	0,24	0,25	0,7	1,3	1,9	2,8	5	8	11	18	27
100	0,006	0,011	0,016	0,03	0,055	0,1	0,25	0,47	0,47	0,9	1,3	2,2	3,5
200	-	-	-	-	0,0039	0,0060	0,011	0,019	0,038	0,07	0,1	0,17	0,31

Jeżeli wziąć pod uwagę to, że czas wypadania pyłu promieniotwórczego na danej odległości od punktu zerowego wybuchu jądrowego wynosi około jednej godziny, to z danych zawartych w tabeli wynika, że stężenie pyłu promieniotwórczego w przyziemnej warstwie atmosfery jest wyższe aniżeli dopuszczalne  $C_{dop} = 5 \cdot 10^{-8}$  Ci/l dla stanu osobowego przebywającego bez masek, względnie respiratorów w okresie jednej godziny/.

Powietrze w przyziemnej warstwie atmosfery skażeniu wtórnemu ulega na skutek dostania się do niego substancji promieniotwórczej podniesionych ze skażonego terenu, roślinności działającymi wojskami względnie wiatrem. Powietrze w tym wypadku ulega skażeniu pyłem o średnicy do 15 milimikronów.

Orientacyjna wielkość stężenia pyłu w przyziemnej warstwie atmosfery jaka powstaje w niej, w wyniku działania wiatru /naturalne skażenie powietrza/ określić możemy na podstawie wzoru:

$$C_{natur} = P \cdot 10^{-10} \quad [Ci/l]$$

gdzie:  $C_{natur}$  - stężenie pyłu promieniotwórczego w przyziemnej warstwie atmosfery jaka powstane w wyniku dostania się do niej pyłu uniesionego przez wiatr ze skażonego terenu roślinności i obiektów terenowych;

P - moc dawki w R/h.

Przyziemna warstwa atmosfery może ulec także skażeniu wtórnemu pyłem promieniotwórczym podniesionym ze skażonego terenu przez czołgi, transportery i samochody.

W największym stopniu przyziemna warstwa atmosfery ulega skażeniu w wypadku poruszania się po terenie skażonym czołgów.

Średnie stężenie pyłu promieniotwórczego w przyziemnej warstwie atmosfery jakie powstaje na skutek działania wojsk w terenie skażonym orientacyjnie określić możemy na podstawie wzoru:

$$C = 8 \cdot 10^{-8} \quad P_{\text{śred}} \quad [Ci/l]$$

g<sub>dzie</sub>: C - stężenie pyłu promieniotwórczego w przyziemnej warstwie atmosfery;

P<sub>śred</sub> - średnia moc dawki w terenie w R/h.

Tabela 27

Średnia wielkość stężenia pyłu promieniotwórczego w przyziemnej warstwie atmosfery powstała w wyniku działania wojsk w terenie skażonym, w Ci/l

Rodzaj środków bojowych i transportowych poruszających się w terenie skażonym	Moc dawki w terenie w R/h			
	0,5	1	10	100
Kolumna czołgów, transporterów opancerzonych i samochodów	$2,2 \cdot 10^{-9}$	$4,5 \cdot 10^{-9}$	$4,5 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$
Pojedynczy czołg	$1,1 \cdot 10^{-9}$	$2,2 \cdot 10^{-9}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-7}$
Pojedynczy transporter, samochód	$3,0 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-7}$

Przy powietrznych wybuchach jądrowych pierwotne jak i wtórne skażenie przyziemnej warstwy atmosfery substancjami promieniotwórczymi zarówno w rejonie wybuchu, jak i wzdłuż przesuwania się obłoku powybuchowego jest o wiele razy mniejsze, aniżeli po naziemnych i podziemnych wybuchach jądrowych.

W czasie działania wojsk w sformowanych strefach skażeń w terenie mokrym, względnie pokrytym śniegiem nie następuje wtórne skażenie promieniotwórcze przyziemnej warstwy atmosfery.

## 7. SKAŻENIE PROMIENIOTWÓRCZE SPRZĘTU BOJOWEGO. STANU OSOBOWEGO, WODY I PRODUKTÓW ŻYWNOŚCIOWYCH PO WYBUCHACH JĄDROWYCH

Przyczyną skażenia promieniotwórczego sprzętu bojowego, stanu osobowego, wody i produktów żywnościowych mogą być substancje promieniotwórcze, wypadające ze słupa pyłowego i obłoku powybuchowego oraz promieniotwórczość wzbudzona w gruncie, sprzętu bojowym, wodzie i produktach żywnościowych.

Ze względu na miejsce, w którym sprzęt bojowy, stan osobowy, woda i produkty żywnościowe mogą ulec skażeniu, rozróżniamy:

- rejon naziemnego wybuchu jądrowego - w rejonie tym skażenie powodowane jest przez duże cząstki pyłu promieniotwórczego, wypadającego z dolnej części słupa pyłowego i obłoku powybuchowego oraz promieniotwórczość wzbudzona;
- rejon powietrznego wybuchu jądrowego - skażenia promieniotwórcze powodowane są przez pył promieniotwórczy powstały w wyniku wychwytu neutronów przez pierwiastki gleby w rejonie wybuchu oraz promieniotwórczość wzbudzona, sprzętu bojowego, wody i produktów żywnościowych /niezbyt wysoka aktywność względna gruntu w rejonie wybuchu, jej znaczny spadek w czasie powoduje to, że skażenie terenu, obiektów terenowych sprzętu bojowego, stanu osobowego, wody i produktów żywnościowych jest niewysokie i w zasadzie nie przekracza norm dopuszczalnych/;
- na śladzie obłoku powybuchowego - skażenie promieniotwórcze powodowane jest przez substancje promieniotwórcze, wypadające ze słupa pyłowego i obłoku powybuchowego.

Stopień skażenia obiektów terenowych, terenu, stanu osobowego, sprzętu bojowego, wody i produktów żywnościowych zależy od rodzaju i mocy wybuchu jądrowego, rodzaju i składu chemicznego, gruntu w rejonie wybuchu, warunków meteorologicznych, średnicy wypadających cząstek promieniotwórczych, rodzaju i właściwości powierzchni ulegających skażeniu, odległości od miejsca wybuchu i czasu jaki upłynął od momentu wybuchu do chwili skażenia.

Ze względu na charakter powstałych skażeń promieniotwórczych dzielimy je na:

- skażenia pierwotne - skażenia powstające w momencie wypadka - nia pyłu promieniotwórczego;
- skażenia wtórne - skażenia powstające w wyniku działania wojsk w terenie skażonym.

### 7.1. Jednostki pomiaru stopnia skażenia promieniotwórczego

Substancje promieniotwórcze oprócz oddziaływania zewnętrznego stanowią poważne niebezpieczeństwo dla organizmu ludzkiego, przy ich bezpośrednim kontakcie z organizmem względnie przy przeniknięciu do wnętrza organizmu.

Rażące działanie substancji promieniotwórczych w tym przypadku określa się stopniem skażenia nimi stanu osobowego, sprzętu bojowego, powietrza, wody i produktów żywnościowych.

Stopień skażenia promieniotwórczego terenu, sprzętu bojowego, stanu osobowego, wody i produktów żywnościowych określa się tzw. aktywnością właściwą, to jest aktywnością substancji promieniotwórczej w stosunku do jednostki powierzchni /cm<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>/, objętości /cm<sup>3</sup>, l/, ciężaru /g/.

Za jednostkę aktywności przyjęto jeden kiur /Ci/.

Jeden kiur jest to taka ilość substancji promieniotwórczej, w której w ciągu jednej sekundy zachodzi  $3,7 \cdot 10^{10}$  rozpadów:

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \frac{\text{rozp}}{\text{s}}$$

$$1 \text{ m Ci} = \text{milikiur} = 10^{-3} \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^7 \frac{\text{rozp}}{\text{s}}$$

$$1 \mu \text{ Ci} = \text{mikrokiur} = 10^{-6} \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^4 \frac{\text{rozp}}{\text{s}}$$

Przy gęstości skażenia 1 Ci/m<sup>2</sup> stopień skażenia wyrażony w rozpadach na minutę centymetr kwadratowy wynosi:

$$\text{Ci/m}^2 = \frac{3,7 \cdot 10^{10} \cdot 60}{10^4} = 2,2 \cdot 10^8 \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2}$$

Najbardziej celowe jest wyrażenie stopnia skażenia w mR/h, a to dlatego, że bardziej obiektywnie określamy rażące

działanie substancji promieniotwórczych przez to, że uwzględ -  
nia się jej skład izotopowy i wiek.

Celem przejścia z jednostek wyrażonych w  $\frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2}$   
do jednostek wyrażonych w mR/h należy te pierwsze podzielić  
przez współczynnik równy  $2,4 \cdot 10^4$ .

## 7.2. Skażenie promieniotwórcze stanu osobowego i sprzętu bojowego /skażenie pierwotne/

Skażenie promieniotwórcze obiektów terenowych i sprzętu bojowego, powstałe w czasie opadania pyłu promieniotwórczego ze słupa pyłowego i obłoku powybuchowego, nazywamy skażeniem pierwotnym.

Wielkość skażenia pierwotnego zależy od wielu czynników, spośród których dominującymi są:

- skład dyspersyjny wypadającego pyłu;
- rodzaj i stan powierzchni ulegających skażeniu /rodzaj materiału, stopień chropowatości, zanieczyszczenia, kąt nachylenia powierzchni itp/;
- warunki meteorologiczne.

W momencie osiadania pyłu promieniotwórczego na obiekty terenowe i sprzęt bojowy, dochodzi do kontrataku między czą -  
steczkami pyłu a powierzchniami ulegającymi skażeniu, któremu towarzyszy zjawisko adhezji /przylepiania/, a następnie utrzymywania "przylepionych" cząsteczek przez skażone powierzchnie. Wiadomo jest, że nie wszystkie cząstki pyłu promieniotwórczego, które wypadają z słupa pyłowego i obłoku powybuchowego zatrzymują się na powierzchniach, ulegających skażeniu. Na powierz -  
chniach ulegających skażeniu zatrzymują i utrzymują się tylko te cząsteczki pyłu promieniotwórczego siły adhezji, które są większe od sił powodujących odrywanie cząstek.

Cząstki pyłu promieniotwórczego, średnica których nie przekracza 100 milimikronów, bardzo dobrze przylepiają i utrzymują się na powierzchniach.

Cząstki pyłu, średnica których przekracza 100 milimikro -  
nów bardzo lekko odlepiają się i odpadają od różnego rodzaju

powierzchni pod wpływem działania siły ciężkości, potoków powietrza i wibracji.

Tabela 28

Skład dyspersyjny pyłu promieniotwórczego wypadającego w strefach skażeń

Średnica cząstek pyłu promieniotwórczego w milimikronach	% aktywnych cząstek pyłu promieniotwórczego wypadającego w strefach skażeń		
	A	B	C
1	2	3	4
10	0,1	0,0	0,0
10 - 20	0,6	0,1	0,0
20 - 50	15,2	3,2	0,2
50 - 100	58,4	39,4	3,3
100 - 300	22,6	43,0	48,0
300 - 500	2,7	11,7	26,6
500	0,4	2,3	21,9

Z danych zawartych w tabeli wynika, że w strefie A wypadają cząstki pyłu promieniotwórczego, o średnicy 50-100 milimikronów, w strefie B od 50-300 milimikronów, a w strefie C 300 i więcej milimikronów.

Nie wszystkie substancje promieniotwórcze opadające na dany obiekt terenowy, sprzęt bojowy osiadają na nich. Część zostaje uniesiona z wiatrem, a te substancje, które opadają na pionowe lub skośne powierzchnie zsuwają się na ziemię.

Przeprowadzone doświadczenia i obliczenia wykazują, że średnio tylko jedna dziesiąta część substancji promieniotwórczych zatrzymuje się na powierzchniach obiektów terenowych i sprzętu bojowego.

Z uwagi na to, że obiekty terenowe, sprzęt bojowy nie ulegają skażeniu równomiernie, dlatego też dla celów praktycznych przyjmuje się średnie znaczenie gęstości skażenia całego obiektu terenowego czy też sprzętu bojowego. W dalszych rozważaniach pod pojęciem skażenia obiektów terenowych, sprzętu bojowego itp. rozumiemy średnie znaczenie gęstości skażenia.

Z uwagi na to, że między mocą dawki promieniowania występującą w terenie skażonym a gęstością skażenia terenu istnieje określona zależność, a mianowicie:

$$Q_t = 2 \cdot 10^7 \cdot P$$

możemy orientacyjnie określić stopień skażenia obiektów terenowych sprzętu bojowego, stanu osobowego, umundurowania itp.

Skażenie promieniotwórcze obiektów terenowych, sprzętu bojowego, stanu osobowego itp. określa jaką ono stanowi część stopnia skażenia terenu

$$\frac{Q_{sp}}{Q_t} = K$$

stąd zależność między stopniem skażenia obiektów terenowych, sprzętu bojowego, stanu osobowego itp. jest następująca:

$$\frac{Q_{sp}}{Q_t} = K$$

$$Q_{sp} = Q_t \cdot K$$

$$Q_t = 2 \cdot 10^7 \cdot P$$

$$Q_{sp} = 2 \cdot 10^7 \cdot K \cdot P$$

$$\left[ \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2} \right]$$

gdzie:  $Q_t$  - stopień skażenia terenu;

$Q_{sp}$  - stopień skażenia obiektów terenowych, sprzętu bojowego, stanu osobowego itp;

$K$  - współczynnik uwzględniający rodzaj skażenia i warunki meteorologiczne;

$P$  - moc dawki w terenie w R/h.

Ustalono, że przy gęstości skażenia  $1 \text{ Ci/m}^2$  moc dawki promieniowania pośrodku odpowiednio dużej powierzchni na wysokości 1 m od powierzchni ziemi wynosi 10 R/h.

Jeżeli moc dawki promieniowania równa jest 1 R/h, wówczas stopień skażenia wynosi  $0,1 \text{ Ci/m}^2$ , co odpowiada, że

$$Q = 2,0 \cdot 10^7 \frac{\text{rozp}}{\text{min, cm}^2}$$

Ze względu na warunki meteorologiczne skażenia promie -  
niotwórcze mogą powstać:

1. w warunkach pogody suchej;
2. w warunkach opadów deszczu;
3. w warunkach opadu śniegu.

W obliczeniach związanych z prognozowaniem stopnia ska -  
żenia sprzętu bojowego w zależności od warunków meteorologicz -  
nych wielkość współczynnika K dla skażenia pierwotnego przyj -  
mujemy:

- K - dla letniej suchej pogody - 0,1  
K - w czasie opadów deszczu - 0,5  
K - w czasie opadu śniegu - 0,3

Przy określaniu stopnia skażenia obiektów terenowych  
sprzętu bojowego itp. przyjmuje się, że dla skażenia pierwot -  
nego w warunkach pogody suchej stanowi ono 10% wielkości ska -  
żonego terenu, a w warunkach opadów deszczu 50%, śniegu 30%.

$$Q_{sp} = 2 \cdot 10^7 \cdot K \cdot P$$

$$Q_{sp} = 2 \cdot 10^7 \cdot 0,1 \cdot P$$

przy pogodzie  
bezdeszczowej

$$Q_{sp} = 2 \cdot 10^6 \cdot P$$

$$\left[ \frac{\text{rozp}}{\text{min.cm}^2} \right]$$

przy opadach  
deszczu

$$Q_{sp} = 2 \cdot 10^7 \cdot KP$$

$$Q_{sp} = 2 \cdot 10^7 \cdot 0,5 \cdot P$$

$$Q_{sp} = 1 \cdot 10^7 \cdot P$$

$$\left[ \frac{\text{rozp}}{\text{min.cm}^2} \right]$$

$$Q_{sp} = 2 \cdot 10^7 \cdot K \cdot P$$

$$Q_{sp} = 2 \cdot 10^7 \cdot 0,3 \cdot P$$

przy opadach  
śniegu

$$Q_{sp} = 0,6 \cdot 10^7 \cdot P$$

$$\left[ \frac{\text{rozp}}{\text{min.cm}^2} \right]$$

Skażenie promieniotwórcze obiektów terenowych i sprzętu bojowego w warunkach opadów deszczu posiada szereg cech specyficznych, takich jak:

- cząstki pyłu promieniotwórczego transportowane są przez krople deszczu;
- osiadanie cząstek pyłu promieniotwórczego odbywa się z wody na zwilżone powierzchnie;
- na skażone powierzchnie możliwe jest ponowne oddziaływanie czystego deszczu;
- w wyniku wysychania skażonych powierzchni następuje przyklepienie się cząstek do nich.

Skażenie promieniotwórcze samolotów i śmigłowców w czasie ich przelotu przez obłok powybuchowy względnie powietrzną strefę opadu następować będzie w głównej mierze na skutek dostania się pyłu promieniotwórczego do silników.

W silnikach zarówno samolotów tłokowych, śmigłowców, jak i odrzutowych, turboodrzutowych ulega zatrzymaniu 5-10% pyłu promieniotwórczego, przechodzącego przez dysze wlotowe.

Aktywność nagromadzonego pyłu promieniotwórczego w silnikach samolotów, śmigłowców przelatujących przez obłok powybuchowy, względnie powietrzną strefę opadu określić można na podstawie wzoru:

$$A_s = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot q^{0,35} \cdot t_p \cdot U}{t^{1,8}} \quad [Ci]$$

gdzie:  $A_s$  - aktywność nagromadzonego pyłu w Ci;

$q$  - moc wybuchu jądrowego;

$t_p$  - czas przelotu przez obłok względnie powietrzną strefę opadu;

$U$  - przepustowość dyszy wlotowej w l/h;

$t$  - czas jaki upłynął od momentu wybuchu do chwili przelotu przez obłok względnie powietrzną strefę opadu.

### 7.3. Promieniotwórcze skażenie sprzętu bojowego w czasie działania /pokonywania/ w strefach skażeń /skażenie wtórne/

W czasie działania wojsk w strefach skażeń promieniotwórczych względnie przekraczania ich następuje skażenie promieniotwórcze sprzętu bojowego. Przy czym skażenie to powoduje pył promieniotwórczy podniesiony z terenu skażonego ruchem wojsk w przypadku pogody suchej, względnie przyklepiający się pył wraz z mokrą ziemią /błotem/ i śniegiem w przypadku działania w terenie mokrym lub pokrytym śniegiem.

Stopień skażenia sprzętu bojowego wojsk działających w strefach skażeń /względnie je przekraczających/, zależy od takich czynników, jak:

- rodzaju i charakteru gruntu;
- czasu jaki upłynął od momentu sformowania się śladu, pokonywania strefy względnie działania w niej;
- warunków meteorologicznych.

Skażenie promieniotwórcze sprzętu bojowego wojsk działających w strefach skażeń /względnie je przekraczających/ może nastąpić w przypadku:

1. działania wojsk w terenie suchym;
2. działania wojsk w terenie mokrym;
3. działania wojsk w terenie pokrytym śniegiem.

Stopień skażenia sprzętu bojowego wojsk działających, względnie przekraczających sformowane strefy skażeń określamy na podstawie niżej podanej zależności:

$$Q_{sp} = 2 \cdot 10^7 \cdot K \cdot P_{sr} \left[ \frac{\text{rozp}}{\text{min.cm}^2} \right]$$

gdzie:  $Q_{sp}$  - stopień skażenia sprzętu bojowego w  $\frac{\text{rozp}}{\text{min.cm}^2}$

$2,0 \cdot 10^7$  - stopień skażenia sprzętu bojowego

w  $\frac{\text{rozp}}{\text{min.cm}^2}$  przy średniej wielkości mocy dawki w terenie, równej 1 R/h;

K - współczynnik uwzględniający rodzaj skażenia i warunki meteorologiczne;

$P_{\text{śr}}$  - średnia wielkość mocy dawki w terenie skażonym

$$P_{\text{śr}} = \frac{P}{n} \quad R/h$$

W zależności od warunków meteorologicznych i stanu terenu, wielkość współczynnika  $K$  dla skażenia wtórnego przyjmujemy:

	w strefie skażonej	po wyjściu ze strefy
$K$ - dla warunków terenu suchego	- 0,001	0,001
$K$ - dla warunków terenu mokrego	- 5	1,3
$K$ - dla warunków terenu pokrytego śniegiem	- 1,5	0,5

Przy określaniu stopnia skażenia sprzętu bojowego wojsk działających w sformowanych strefach skażeń promieniotwórczych przyjmuje się, że dla skażenia wtórnego w warunkach terenu suchego stanowi ono 0,1% wielkości skażonego terenu, w warunkach terenu mokrego 500%, pokrytego śniegiem 150% w strefie skażonej, a po wyjściu ze strefy odpowiednio 10%, 130%, 50%.

#### 7.3.1. Skażenie promieniotwórcze uzbrojenia i sprzętu bojowego wojsk działających w strefach skażeń w terenie suchym

Skażenie promieniotwórcze sprzętu bojowego wojsk działających /względnie przekraczających/ w sformowanych strefach skażeń promieniotwórczych powodowane jest osiadaniem na sprzęcie bojowym pyłu promieniotwórczego, podniesionego z terenu skażonego ruchem wojsk.

Stopień skażenia promieniotwórczego sprzętu bojowego wojsk działających /względnie przekraczających/ w sformowanych strefach skażeń zależy od:

- gęstości skażenia terenu /średniej wielkości mocy dawki/;
- dyspersyjności osiadłego na sprzęcie bojowym pyłu promieniotwórczego;
- stanu dróg;
- szybkości marszu;
- odległości między samochodami, transporterami, czołgami itp.;
- czystości sprzętu i uzbrojenia;
- rodzaju sprzętu i uzbrojenia;

- od szybkości i kierunku wiatru w przyziemnej warstwie atmosfery.

Wielkość stopnia skażenia sprzętu bojowego wojsk działających w sformowanych strefach skażeń, względnie przy przekraczaniu ich przez wojska określamy na podstawie wzoru:

$$Q_{sp} = 2 \cdot 10^4 \cdot P_{sr}$$

$$\left[ \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2} \right]$$

Po wyjściu wojsk ze stref skażeń i marszu po nieskażonym terenie wielkość skażenia nie ulega zmianie, a stopień skażenia zmniejsza się na skutek naturalnego rozpadu substancji promieniotwórczych.

### 7.3.2. Skażenie promieniotwórcze uzbrojenia i sprzętu bojowego wojsk działających w strefach skażeń w terenie mokrym

Przyczyną skażenia promieniotwórczego sprzętu bojowego wojsk działających w sformowanych strefach skażeń w warunkach terenu mokrego jest przyklepanie się do powierzchni sprzętu bojowego pyłu promieniotwórczego wraz z mokrym gruntem /błotem/.

Stopień skażenia promieniotwórczego sprzętu bojowego wojsk działających w sformowanych strefach skażeń w warunkach terenu mokrego zależy od:

- fizyko-chemicznych właściwości skażonego terenu;
- stopnia wilgotności skażonego terenu;
- ilości substancji promieniotwórczej /pyłu promieniotwórczego/ jaka przyklepa się do sprzętu bojowego;
- rodzaju podwozia;
- szybkości marszu.

W przypadku działania wojsk w sformowanych strefach skażeń w warunkach terenu mokrego w największym stopniu skażeniu ulegają:

- podwozia;
- dno nadwozia;
- gąsienice;
- zderzaki;

- resory;
- ramy;
- mosty napędowe.

W zależności od rodzaju gruntu i stopnia jego wilgotności w czasie działania wojsk w sformowanych strefach skażeń może przylepić się do sprzętu bojowego od 0,5 - 1,5 t skażonego gruntu, a do środków o trakcji gąsienicowej od 0,7 - 4 t.

Grubość warstwy skażonego gruntu jaka przylepić się może do sprzętu bojowego waha się w granicach od 3 - 12 cm, przy czym warstwa ta przylepia się po przejechaniu stosunkowo nie dużej odległości, która dla samochodów i sprzętu o trakcji kołowej wynosi 3 km, a dla sprzętu i uzbrojenia o trakcji gąsienicowej 0,2 km.

Po przejechaniu wyżej wskazanych odległości występuje zjawisko równowagi dynamicznej, polegające na tym, że ile skażonego gruntu ulega odczepieniu, tyle samo przylepia się do powierzchni sprzętu i uzbrojenia. W procesie tym może brać udział od 15-70% skażonego gruntu, który przylepił się do sprzętu bojowego.

W czasie ruchu kolumn w terenie skażonym mokrym, maksymalnemu skażeniu ulegają pierwsze wozy.

Stężenie substancji promieniotwórczych w koleinach po przejściu pierwszych 5-6 maszyn, gwałtownie spada, a zatem utrzymuje się w granicach 10-15% wartości stężenia początkowego. Stopień skażenia pierwszej maszyny w kolumnie może przewyższać stopień skażenia terenu 2-5 razy /przyczyna - zjawisko nagromadzenia na sprzęcie bojowym skażonego gruntu/.

Po wyjściu ze skażonego terenu i przejechaniu 1-3 km stopień skażenia sprzętu bojowego ulega zmniejszeniu na skutek opadnięcia pewnej ilości skażonego gruntu, a następnie utrzymuje się na stałym poziomie w stosunku do stopnia skażenia terenu.

Stopień skażenia sprzętu bojowego wojsk działających w sformowanych strefach skażeń w terenie mokrym określamy na podstawie wzoru:

$$Q_{sp} = 2 \cdot 10^8 \cdot P_{sr}$$

$$\left[ \frac{\text{rozp}}{\text{min.cm}^2} \right]$$

### 7.3.3. Skazenie promieniotwórcze uzbrojenia i sprzętu bojowego wojsk działających w strefach skażeń w terenie pokrytym śniegiem

Przyczyną skażenia promieniotwórczego sprzętu bojowego wojsk działających w sformowanych strefach skażeń jest przylepiający się wraz ze śniegiem do sprzętu pył promieniotwórczy.

Mechanizm skażenia sprzętu bojowego wojsk działających w sformowanych strefach skażeń zimą, w terenie pokrytym śniegiem, analogiczny jest mechanizmowi skażenia w przypadku działania wojsk w terenie mokrym. W czasie działania wojsk w sformowanych strefach skażeń zimą w terenie pokrytym śniegiem /temperatura od 0°C do 10°C/ względnie w czasie roztopów następuje bardzo silne skażenie sprzętu bojowego. W przypadku działania wojsk w strefach silnych i niebezpiecznych skażeń sprzęt ulega tak dużemu skażeniu, że może być przyczyną porażenia stanu osobowego.

Stan osobowy działający w sformowanych strefach skażeń w terenie mokrym, względnie pokrytym śniegiem na samochodach, transporterach opancerzonych, czołgach będzie otrzymywał 1,5-2 razy większe dawki aniżeli wynikałoby z obliczeń.

Wielkość stopnia skażenia sprzętu bojowego wojsk działających w strefach skażeń w terenie pokrytym śniegiem, obliczamy na podstawie wzoru

$$Q_{sp} = 3 \cdot 10^7 P_{sr} \left[ \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2} \right]$$

### 7.4. Skazenie promieniotwórcze stanu osobowego, umundurowania i wyposażenia

Stan osobowy, umundurowania i wyposażenia ulec może skażeniu w czasie:

- formowania się śladu promieniotwórczego /skażenie pierwotne/;
- działania /przekraczania/ wojsk w sformowanych strefach skażeń promieniotwórczych /skażenie wtórne/;

- obsługi, remontu skażonego sprzętu bojowego, prowadzenia zabiegów specjalnych.

W czasie formowania się śladu promieniotwórczego /strefy skażeń/ gęstość skażenia odkrytych części ciała, umundurowania i wyposażenia stanowi 10% gęstości skażenia terenu.

$$Q_{um} = 2 \cdot 10^7 P \cdot K_{um} \quad \left[ \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2} \right]$$

gdzie:  $Q_{um}$  - stopień skażenia umundurowania w  $\frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2}$ ,

$P$  - moc dawki w R/h;

$K_{um}$  - współczynnik, wartość którego zależy od tego w jakiej strefie nastąpiło skażenie.

Wartość współczynnika  $K_{um}$  dla poszczególnych stref jest następująca:

dla strefy A -  $K_{um} = 0,20$

dla strefy B -  $K_{um} = 0,10$

dla strefy C -  $K_{um} = 0,07$

W przypadku opadów deszczu w momencie formowania się śladu promieniotwórczego stan osobowy, umundurowanie i wyposażenie ulega bardzo silnemu skażeniu wodnymi roztworami substancji promieniotwórczych.

Stopień skażenia w przypadku tym oblicza się na podstawie wzoru:

$$Q_{um} = 2 \cdot 10^7 \cdot P \quad \left[ \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2} \right]$$

W przypadku skażenia stanu osobowego wodnymi roztworami substancji promieniotwórczych dopuszczalna norma skażenia wynosi  $2,2 \cdot 10^5 \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2}$

W czasie działania wojsk w sformowanych strefach skażeń promieniotwórczych w terenie mokrym względnie pokrytym śniegiem stan osobowy, umundurowanie i wyposażenie nie ulega skażeniu. W przypadku działania wojsk w strefach skażeń w warunkach

kach suchej pogody na odkrytych środkach transportowych, wozach bojowych, stan osobowy, umundurowanie i wyposażenie ulega nieznacznemu skażeniu, wielkość którego oblicza się na podstawie wzoru:

$$Q_{um} = 2 \cdot 10^4 \cdot K_{um} \cdot P_{sr} \quad \left[ \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2} \right]$$

Stan osobowy uważa się za skażony jeżeli stopień jego skażenia przekracza:

- $2,2 \cdot 10^6 \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2}$  /4,5 mR/h/ dla odkrytych części ciała nie przekraczających 10% ogólnej powierzchni;
- $1,1 \cdot 10^6 \text{ rozp/min cm}^2$  /15 mR/h/ - dla powierzchni całego ciała.

Umundurowanie i wyposażenie uważa się za skażone, jeżeli stopień ich skażenia pyłem promieniotwórczym przekracza  $2,2 \cdot 10^6 \text{ rozp/min cm}^2$  /30 mR/h/.

Tabela 29

Stopień skażenia umundurowania i wyposażenia stanu osobowego w zależności od czasu jaki upłynął od momentu wybuchu /skażenie pierwotne/

Strefa skażenia	Moc dawki po upływie 2 h od momentu wybuchu	Stopień skażenia promieniotwórczego w mln, rozp/min cm <sup>2</sup> w zależności od czasu jaki upłynął od momentu wybuchu								
		2 h	3 h	5 h	10h	20h	30h	50h	72h	200h
A	20	40	25	14	6	2,5	1,5	0,8	-	-
B	70	140	86	47	20	9	5,5	3,0	1,9	-
C	250	500	307	170	72	30	20	10,6	7,0	9,0

### 7.5. Skażenie promieniotwórcze wody

Przyczyną skażenia promieniotwórczego zbiorników wodnych mogą być zarówno naziemne, podziemne, powietrzne, nawodne i podwodne wybuchy jądrowe.

Przy naziemnych, podziemnych i podwodnych wybuchach jądrowych skażenie promieniotwórcze wody powodowane jest substancjami promieniotwórczymi, wypadającymi z sypa pyłowego i obłoku powybuchowego. Stężenie substancji promieniotwórczych w otwartych zbiornikach wodnych po naziemnych, podziemnych wybuchach jądrowych jest duże i wynosi od  $10^{-4}$  do  $10^{-3}$  Ci/l.

W warunkach opadów deszczu skażenie promieniotwórcze zbiorników wodnych ulega zwiększeniu na skutek wymywania ze skażonego terenu substancji promieniotwórczych i spływu ich wraz z wodą do zbiorników wodnych.

Powietrzne wybuchy jądrowe nie powodują silnego skażenia wody. Stężenie substancji promieniotwórczych w zbiornikach wodnych po powietrznych wybuchach jądrowych waha się w granicach  $10^{-6}$  -  $10^{-5}$  Ci/l.

Substancje promieniotwórcze popadając w zbiorniki wodne, w zależności od ich właściwości ulegają rozpuszczeniu, względnie tworzą roztwory koloidalne.

Ilość substancji promieniotwórczych, wymywanych z pyłu promieniotwórczego waha się w granicach 5%. Ilość wymywanych izotopów promieniotwórczych z cząstek pyłu zależy od wysokości wybuchu, składu chemicznego gruntu w rejonie wybuchu, dyspersyjności pyłu.

Tabela 30

Skład izotopowy substancji promieniotwórczych rozpuszczalnych w wodzie

Izotop	Sr-89, 91	Y-91, 93	Zr-95, 97	Nb-97	I-131, 132 133, 135	To-132	Ce-141, 143	
Zawartość izotopu w roztworze w %	15	14	11	11	34	4	11	100

Promieniotwórcze skażenie zbiorników wodnych wraz z upływem czasu od momentu wybuchu maleje na skutek:

- naturalnego rozpadu substancji promieniotwórczych;
- rozciągania;
- sorpcji substancji promieniotwórczych przez grunt i ił;
- wchłaniania substancji promieniotwórczych przez plankton;
- opadania substancji promieniotwórczych pod wpływem siły ciężkości na dno.

Niebezpieczne skażenie promieniotwórcze bezodpływowych zbiorników wodnych może utrzymać się przez dłuższy okres czasu. Skażenie promieniotwórcze zbiorników wodnych, mających ciągły odpływ i dopływ jest niedługie i zależy od szybkości przepływu wody, wielkości skażonego zbiornika i odległości od miejsca wybuchu. Skażenia promieniotwórcze wody w niedużych zbiornikach wodnych, znajdujących się w strefach skażeń promieniotwórczych ocenia się na podstawie wielkości mocy dawki w terenie bezpośrednio przyległym do zbiorników wodnych:

$$Q_{\text{wody}} = \frac{P}{10^4 \cdot h} \quad [Ci/l]$$

gdzie: P - moc dawki w terenie przylegającym do zbiornika w R/h;

h - głębokość zbiornika w m.

Stopień skażenia górnych warstw wody dużych zbiorników wodnych w ciągu 2-3 dni od momentu wybuchu można określić orientacyjnie za pomocą wzoru:

$$Q_{\text{wody}} = 1,3 \cdot 10^{-9} \cdot P \quad [Ci/l]$$

gdzie: P - moc dawki promieniowania na powierzchni wody w R/h /zmierzona za pomocą przyrządów dozymetrycznych/.

Celem niedopuszczenia do porażenia substancjami promieniotwórczymi zawartymi w skażonej wodzie ustalono dopuszczalne normy jej używania. Dopuszczalne normy skażenia wody dla otwartych zbiorników wodnych substancjami promieniotwórczymi obliczone są dla 30 dni od momentu wybuchu i używania w okresie 30 dni.

Dopuszczalne normy skażenia wody

Przeznaczenie używanej wo- dy	Dopuszczalna norma skażenia wody		
	w Ci/l	w m R/h	
		1 litr /jedna mienażka/	6-10 litrów /wiadro/
do picia	$9 \cdot 10^{-6}$	0,4	0,9
dla celów technicznych	$9 \cdot 10^{-5}$	5,0	9,0

#### 7.6. Skażenie promieniotwórcze produktów żywnościowych

Produkty żywnościowe mogą ulec skażeniu substancjami promieniotwórczymi, wypadającymi ze słupa pyłowego, względnie z obłoku powybuchowego, mogą ulec także skażeniu na skutek od - działania neutronów /promieniotwórczość wzbudzona/. Stopień skażenia produktów żywnościowych zależy od gęstości skażenia terenu, właściwości ochronnych tary.

Substancje promieniotwórcze popadające na produkty żywnościowe, w zależności od ich rodzaju, przenikają do ich wnętrza na różną głębokość. Głębokość przenikania pyłu promieniotwórczego w warzywach, chlebie wynosi od 1-3 mm, w kaszy 15-20 mm.

Promieniotwórczość wzbudzona produktów żywnościowych występuje na takich odległościach od miejsca wybuchu, na których produkty żywnościowe ulegają zniszczeniu, w wyniku działania fali uderzeniowej.

Rozpatrując skażenie promieniotwórcze produktów żywnościowych aktywnością wzbudzoną, należy mieć na uwadze cechy specyficzne tego rodzaju skażenia, takie jak:

- skażenie produktów żywnościowych substancjami promieniotwórczymi pochodzącymi ze słupa i obłoku powybuchowego, zachodzi tylko na powierzchni produktów, natomiast przy skażeniu powstałym pod wpływem działania neutronów /promieniotwórczość wzbudzona/ skażeniu ulega masa;

- jeżeli produkty żywnościowe znajdują się w opanowaniu, to nie ulegają skażeniu pyłem promieniotwórczym, a w wypadku oddziaływania neutronów ulegają;

- produkty żywnościowe skażone pyłem promieniotwórczym można poddawać zabiegom specjalnym, a produkty skażone na skutek powstania w nich aktywności wzbudzonej nie, a trzeba oczekiwać określony czas, w okresie którego na skutek naturalnego rozpadu promieniotwórczego stopień skażenia spadnie do wielkości określonych w dopuszczalnych normach skażenia produktów żywnościowych.

Czas, w okresie którego następuje spadek stopnia skażenia produktów żywnościowych jest nieduży i wynosi około 5 dni.

Skażenie promieniotwórcze produktów żywnościowych w strefach skażeń, można obliczyć na podstawie wzoru:

$$Q_{\text{prod. żyw.}} = a \cdot 0,25 \cdot P \quad \left[ \text{Ci/kg} \right]$$

gdzie: a - współczynnik proporcjonalności - tabela 32;  
0,25 - stały współczynnik;  
P - moc dawki w terenie w R/h.

Tabela 32

Wartość współczynnika proporcjonalności a

Rodzaj produktów żywnościowych	Wartość a
Zboże na pniu	$2 \cdot 10^{-2}$
Świeża trawa	$1 \cdot 10^{-1}$
Mleko	$3 \cdot 10^{-4}$
Mięso	$2 \cdot 10^{-3}$
Warzywa	$8 \cdot 10^{-5}$

Ażeby wykluczyć możliwość porażenia stanu osobowego substancjami promieniotwórczymi, które mogą dostać się do organizmu za pośrednictwem skażonych produktów żywnościowych, ustalono dopuszczalne normy skażenia produktów żywnościowych.

Tabela 33

Dopuszczalne normy skażenia substancjami promieniotwórczymi dziennej racji żywnościowej w Ci/kg; Ci/l:

Wiek produktów, czas jaki upłynął od momentu wybuchu	Czas, okres używania produktów		
	do 30 dni	do 100 dni	do 1 roku
do 14 dni	$12 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$
do 30 dni	$9 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$0,6 \cdot 10^{-6}$
do 100 dni	$3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$0,2 \cdot 10^{-6}$
do 1 roku	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$0,06 \cdot 10^{-6}$

Dopuszczalna norma skażenia produktów żywnościowych substancjami alfa aktywnymi jest 10 razy mniejsza od podanej w tabeli.

Celem obliczenia wielkości skażenia dziennej racji żywnościowej należy:

- względną aktywność każdego rodzaju żywności wchodzącej w skład racji dziennej pomnożyć przez jej ilość, jaka zgodnie z normą przysługuje;
- otrzymane wyniki dodać do siebie i otrzymaną sumaryczną wielkość porównać z danymi zawartymi w tabeli 31,33,41;
- jeżeli  $Q_{p.z.} \leq Q_{p.dop}$  zezwolić na wydanie i spożycie skażonych produktów żywnościowych.

## 7.7. Ocena rażącego działania substancji promieniotwórczych, które przeniknęły do organizmu

W czasie działania wojsk w strefach skażeń promienio - twórczych, w momencie forsowania się śladu, istnieje realne i duże niebezpieczeństwo dostania się substancji promieniotwór - czych do organizmu ludzkiego. Substancje promieniotwórcze mogą przeniknąć do organizmu poprzez drogi oddechowe, układ pokar - mowy, rany i oparzenia.

Substancje promieniotwórcze, które przeniknęły do orga - nizmu częściowo rozprowadzone są przez układ krwionośny, a częściowo wyprowadzane z organizmu.

Rezultatem rażącego działania substancji promieniotwór - czych, które przeniknęły do organizmu jest powstanie zjonizo - wanych molekuł tkanek. Zjonizowane, względnie wzbudzone mole - kuły tkanki, zaczynają oddziaływać na nie porażone części tkan - ki. Proces ten doprowadza do naruszenia mikrostruktury tkanek i narządów, co w konsekwencji doprowadza do degeneracji i zmia - ny ich funkcji.

Biologiczne działanie alfa, beta, gamma aktywnych sub - stancji promieniotwórczych, wchłoniętych przez organizm jest analogiczne zewnętrznemu napromienieniu substancjami alfa, be - ta, gamma, aktywnymi z tym, że występują niektóre cechy spe - cyficzne takie, jak:

1. gromadzenie się substancji promieniotwórczych w okolicach bardzo ważnych organów /organów krytycznych/ i tkanek uczu - lonych na działanie promieniowania alfa i beta;
2. duże powinowactwo chemiczne substancji promieniotwórczych w stosunku do podstawowych biochemicznych elementów tkanek i narządów, co w decydujący sposób wpływa na rozmieszczenie substancji promieniotwórczych w organizmie i szybkość ich wyprowadzania z organizmu;
3. ciągle oddziaływanie promieniowania przenikliwego na tkanki i narządy przy nieznacznym spadku mocy dawki na skutek na - turalnego rozpadu izotopów promieniotwórczych i wydalenia ich z organizmu.

Do czasu, kiedy substancje promieniotwórcze znajdują się w przewodzie pokarmowym, żołądku, płucach, można traktować je jako zewnętrzne źródło napromienienia. Aby substancje promieniotwórcze stały się wewnętrznym źródłem promieniowania muszą przeniknąć do układu krwionośnego, a za jego pośrednictwem do komórek i narządów organizmu ludzkiego.

W czasie działania wojsk w momencie formowania się śladu promieniotwórczego względnie w sformowanych strefach skażeń przedostanie się substancji promieniotwórczych do organizmu za pośrednictwem dróg oddechowych jest mało prawdopodobne, a to dlatego, że cząstki pyłu o średnicy 10 milimikronów są zatrzymywane przez nos. Przenikanie substancji promieniotwórczych do organizmu odbywać się będzie poprzez układ pokarmowy. Przy czym głównym nośnikiem substancji promieniotwórczych będą skażone produkty żywnościowe i woda. Szybkość przenikania substancji promieniotwórczych z układu pokarmowego do krwi i dalej do komórek i narządów człowieka, zależy będzie od właściwości fizyko-chemicznych cząsteczek pyłu, jego składu izotopowego.

Takie pierwiastki chemiczne jak uran, pluton występują w postaci tlenków, które są słabo rozpuszczalne i z tego powodu bardzo powoli przenikają do krwi.

Tlenki strontu, baru rozpuszczają się dobrze i z tej przyczyny szybko przenikają do systemu krwionośnego, a następnie gromadzą się w kościach. Wielkością określającą biologiczne oddziaływanie izotopu promieniotwórczego jest ogólna dawka biologiczna wchłonięta przez organizm.

Ogólna dawka biologiczna wchłonięta przez organizm zależy od:

- ilość izotopu promieniotwórczego i okresu jego połowicznego rozpadu;
- rodzaju i energii emitowanego promieniowania przenikliwego;
- czasu przebywania izotopu promieniotwórczego w organizmie.

Najbardziej niebezpiecznymi izotopami dla organizmu, narządów i tkanek są krótko żyjące izotopy i stosunkowo długim okresem biologicznego półtrwania.

Krótko żyjące izotopy promieniotwórcze o stosunkowo długim okresie biologicznego półtrwania, praktycznie ulegają całkowitemu rozpadowi w organizmie, powodując tym samym bardzo ciężkie porażenie stanu osobowego.

Okresem biologicznego półtrwania nazywamy czas, w okresie którego w rezultacie naturalnych procesów ilość substancji promieniotwórczych zmniejsza się o połowę bez uwzględnienia rozpadu naturalnego.

Procesy biologicznego półtrwania i połowicznego rozpadu, jakie zachodzą w organizmie, łączy tak zwany efektywny czas półtrwania. Efektywny czas półtrwania określa, ile czasu potrzeba na to, ażeby ilość substancji promieniotwórczej w organizmie uległa zmniejszeniu o połowę. Czas ten określa się za pomocą wzoru:

$$T_{ef} = \frac{T \cdot T_b}{T + T_b}$$

gdzie:  $T$  - fizyczny okres półtrwania

$$T = \frac{0.693}{\lambda} ;$$

- $T_{ef}$  - efektywny okres półtrwania;
- $T_b$  - biologiczny okres półtrwania;
- $\lambda$  - stała rozpadu promieniotwórczego.

Tabela 34

Znaczenie  $T$ ,  $T_b$ ,  $T_{ef}$  dla niektórych izotopów promieniotwórczych

Izotop promieniotwórczy	Organ krytyczny	$T$ /dni/	$T_b$ /dni/	$T_{ef}$ /dni/
1	2	3	4	5
Stront	kości	$10^4$	$1,8 \cdot 10^4$	$6,4 \cdot 10^3$
Bor-140	kości	12,8	65	10,7
Jod-131	węzły chłonne	8	138	7,6
Cez-137	mięśnie	$1,1 \cdot 10^4$	140	138
	śledziona	$1,1 \cdot 10^4$	98	97
	wątroba	$1,1 \cdot 10^4$	90	89
Cez	wątroba	290	293	146
	nerki	290	563	191

### 7.8. Ocena stopnia skażenia stanu osobowego, uzbrojenia, sprzętu, wody i produktów żywnościowych

Ocena stopnia skażenia sprzętu, uzbrojenia, stanu osobowego, wyposażenia, wody i produktów żywnościowych jest jednym z elementów oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych.

Celem oceny stopnia skażenia stanu osobowego, uzbrojenia, wyposażenia, wody i produktów żywnościowych jest:

- określenie stopnia zagrożenia stanu osobowego działającego w strefach skażeń, względnie przewidzianego do działania w strefach skażeń jakie może powstać w wyniku dostania się substancji promieniotwórczych do organizmu lub na odkryte części ciała;

- określenie niebezpieczeństwa, jakie może powstać w wyniku posługiwania się przez stan osobowy skażonym sprzętem, uzbrojeniem, wyposażeniem;

- określenie możliwości posługiwania się skażonym sprzętem, uzbrojeniem i wyposażeniem;

- określenie możliwości używania skażonej wody i produktów żywnościowych przez stan osobowy;

- określenie stopnia porażenia substancjami promieniotwórczymi stanu osobowego, działającego względnie przewidzianego do działania w strefach skażeń;

- określenie sposobu działania wojsk w strefach skażeń;

- określenie konieczności i zakresu prowadzenia zabiegów specjalnych.

Ocenę stopnia stanu osobowego, wyposażenia, sprzętu, uzbrojenia, wody i produktów żywnościowych dokonywać możemy na podstawie:

- bezpośrednich pomiarów za pomocą odpowiednich przyrządów dozymetrycznych;

- danych o wielkości i mocy dawki w rejonie działania wojsk, a dostarczonych przez posterunki i patrole rozpoznania skażeń;

- prognozowanej wielkości mocy dawki w rejonie działania wojsk, względnie rejonach przewidzianych do działania.

### 7.8.1. Metoda obliczeniowa określania stopnia skażenia

Metoda obliczeniowa określania stopnia skażenia promieniotwórczego pozwala na podstawie danych o wielkości mocy dawki, wykorzystując odpowiednie zależności matematyczne, określić stopień skażenia w mR/h, względnie rozp/min cm<sup>2</sup>.

Do obliczenia stopnia skażenia ww. metodą, posługujemy się tabelą 35, która zawiera formuły pozwalające określać stopień skażenia w zależności od mocy dawki P rodzaju skażonego /pierwotne, wtórne/ oraz warunków meteorologicznych i stanu terenu.

Metodą obliczeniową stopień skażenia możemy obliczyć zarówno na podstawie prognozowanej, jak i realnej wielkości mocy dawki /zmierzonej odpowiednimi przyrządami dozymetrycznymi/.

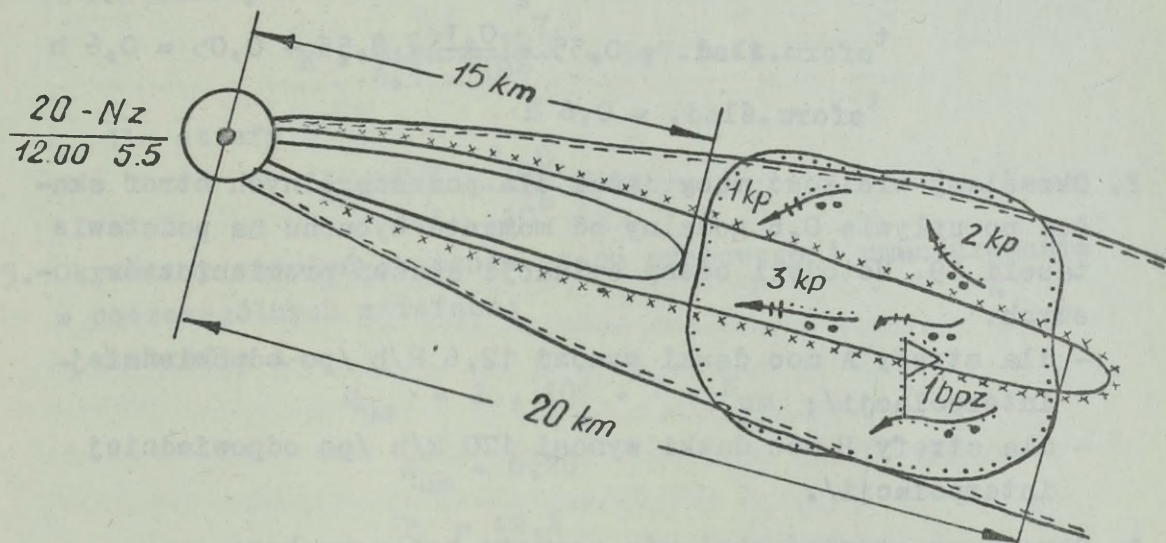
Tabela 35

## Wzory dla określania stopnia skażenia

Warunki skażenia	Skażenie pierwotne		Skażenie wtórne		po wyjściu ze strefy skażonej	
	W % od skażonego terenu	$\frac{w}{\text{rozp}} \text{ min cm}^2$ mR/h	w % od skażonego terenu	$\frac{w}{\text{rozp}} \text{ min cm}^2$ mR/h	w % od skażonego terenu	$\frac{w}{\text{rozp}} \text{ min cm}^2$ mR/h
Pogoda sucha	10	$Q=2 \cdot 10^6 P$ $Q=100 \cdot P$	0,1	$Q=2 \cdot 10^4 P_s$ $Q=1,0 \cdot P_s$	0,10	$Q=2 \cdot 10^4 P_s$ $Q=1,0 P_s$
Deszcz grunt mokry	50	$Q=1 \cdot 10^7 P$ $Q=500 \cdot P$	500	$Q=1 \cdot 10^8 P_s$ $Q=5000 \cdot P_s$	130	$Q=3 \cdot 10^7 P_s$ $Q=1500 \cdot P_s$
Opad śniegu pokrywa śnieżna	30	$Q=6 \cdot 10^6 P$ $Q=300 \cdot P$	150	$Q=3 \cdot 10^7 P_s$ $Q=1500 \cdot P_s$	50	$Q=1 \cdot 10^7 P_s$ $Q=500 \cdot P_s$

Przykład 1

Określić stopień skażenia sprzętu bojowego, stanu osobowego i umundurowania batalionu piechoty zmechanizowanej, ze -  
 środkowanego w rejonie oddalonym o 15 km od punktu zerowego wy-  
 buchów jądrowego o mocy 20 kt. Szybkość średniego wiatru 50 km/h,  
 pogoda sucha.



Rys. 10. Rozmieszczenie 1 bpz w rejonie ześrodkowania i pozostałe dane niezbędne do obliczenia stopnia skażenia sprzętu bojowego, stanu osobowego i umundurowania

Rozwiązanie:

1. Określamy czas od momentu wybuchu, po upływie którego nastąpi sformowanie strefy skażonej w rejonie rozmieszczenia batalionu

$$t_{\text{sform. śladu}} = t + \frac{\tau}{2} \quad \text{/wzór ze strony 33 niniejszego opracowania/}$$

$$t = \frac{R}{V_{\text{śr}}} + t_{\text{h max}}^{x/} \quad \text{/wzór ze strony 33 niniejszego opracowania/}$$

$$\varepsilon = 6 \frac{\sqrt{0.25 + 0.0017R^2}}{V_{\text{śred}}}$$

$x/ t_{\text{h max}}$  = wartość z tabeli 7

$$t = \frac{20}{50} + 0,15 = 0,4 + 0,15 \text{ h}$$

$$= \frac{6 \cdot \sqrt{0,25 + 0,0017 \cdot 20^2}}{50} = \frac{6 \cdot \sqrt{0,25 + 0,68}}{50} =$$

$$= \frac{6 \cdot 0,95}{50} = \frac{5,7}{50} = 0,1 \text{ h}$$

$$t_{\text{sform.ślad}} = t + \frac{\tau}{2}$$

$$t_{\text{sform.ślad.}} = 0,55 + \frac{0,1}{2} = 0,55 + 0,05 = 0,6 \text{ h}$$

$$t_{\text{sform.ślad.}} = 0,6 \text{ h}$$

2. Określamy wielkość mocy dawki dla poszczególnych stref skażeń po upływie 0,6 godziny od momentu wybuchu na podstawie tabeli 19. "Metodyki oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych":

- dla strefy A moc dawki wynosi 12,6 R/h /po odpowiedniej interpolacji/;
- dla strefy B moc dawki wynosi 170 R/h /po odpowiedniej interpolacji/.

3. Określamy stopień skażenia sprzętu bojowego bpsz:

dla strefy A wielkość stopnia skażenia pierwotnego będzie wynosiła:

$$Q = 2 \cdot 10^6 \cdot P \quad \text{/tabela 35/}$$

$$Q = 2 \cdot 10^6 \cdot 12,6 = 2,52 \cdot 10^7 \quad \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2}$$

względnie w mR/h

$$Q = 100 \cdot P$$

$$Q = 100 \cdot 12,5 = 1,2 \cdot 10^3 \text{ mR/h}$$

dla strefy B wielkość stopnia skażenia pierwotnego będzie wynosiła:

$$Q = 2 \cdot 10^6 \cdot P \quad \text{/tabela 35/}$$

$$Q = 2 \cdot 10^6 \cdot 170,2 = 3,4 \cdot 10^8 \text{ rozp/min cm}^2$$

względnie w mR/h

$$Q = 100 \cdot P$$

/tabela 35/

$$Q = 100 \cdot 170,2 = 1,7 \cdot 10^4 \text{ mR/h}$$

4. Określamy ile razy stopień skażenia sprzętu bojowego bpz przekracza normę dopuszczalną, wynoszącą dla sprzętu bojowego  $4,4 \cdot 10^6$  rozp/min cm<sup>2</sup> /180 mR/h/ tabela 45

dla strefy A

$$K = \frac{2,52 \cdot 10^7}{4,4 \cdot 10^6} = 5,7 \text{ razy}$$

dla strefy B

$$K = \frac{3,4 \cdot 10^8}{4,4 \cdot 10^6} = 77 \text{ razy}$$

5. Określamy stopień skażenia stanu osobowego i umundurowania w poszczególnych strefach:

- w strefie A

$$Q_{um} = 2 \cdot 10^7 \cdot P \cdot K_{um}$$

$$K_{um} = 0,20$$

$$P = 12,6$$

$$Q_{um} = 2 \cdot 10^7 \cdot 12,6 \cdot 0,20 = 5,04 \cdot 10^7 \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2}$$

względnie w mR/h

$$Q_{um} = \frac{5,04 \cdot 10^7}{2,4 \cdot 10^4} = 2,02 \cdot 10^3 \text{ mR/h}$$

- w strefie B

$$Q_{um} = 2 \cdot 10^7 \cdot P \cdot K_{um}$$

$$K_{um} = 0,10$$

$$Q_{um} = 2 \cdot 10^7 \cdot 170 \cdot 0,1 = 3,4 \cdot 10^8 \text{ rozp/min cm}^2$$

względnie w mR/h

$$Q_{um} = \frac{3,4 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^4} = 1,4 \cdot 10^4 \text{ mR/h}$$

6. Określamy ile razy stopień skażenia stanu osobowego i umundurowania przekracza normę dopuszczalną wynoszącą dla powierzchni całego ciała  $1,1 \cdot 10^6 \frac{\text{rozp}}{\text{min cm}^2}$   $\approx 15 \text{ mR/h}$ , a dla umundurowania  $2,2 \cdot 10^6 \text{ rozp/min cm}^2 / 30 \text{ mR/h}$ :

dla strefy A

$$K = \frac{5,04 \cdot 10^7}{1,1 \cdot 10^6} = 46 \text{ razy}$$

dla strefy B

$$K = \frac{3,4 \cdot 10^8}{2,2 \cdot 10^6} = 155 \text{ razy}$$

7. Określamy stopień porażenia stanu osobowego oraz czasu przeprowadzenia zabiegów sanitarnych w poszczególnych strefach:

- w strefie A - na podstawie tabeli 44 określamy, że: stopień skażenia stanu osobowego i umundurowania nie przekracza normy dopuszczalnej więcej aniżeli 50 razy, w związku z czym stopień skażenia będzie umiarkowany, stopień porażenia stanu osobowego lekki, czas od momentu skażenia po upływie którego należy przeprowadzić zabiegi specjalne i sanitarne - 10 h;
- w strefie B - na podstawie tabeli 44 określamy, że: stopień skażenia stanu osobowego i umundurowania przekracza normę dopuszczalną więcej aniżeli 100 razy, w związku z czym stopień skażenia będzie niebezpieczny, stopień porażenia stanu osobowego ciężki, czas od momentu skażenia, po upływie którego należy przeprowadzić zabiegi specjalne i sanitarne - 3 h.

8. Wypełniamy kartę prognozowania skażeń stanu osobowego, sprzętu i uzbrojenia /zał. nr 1/.

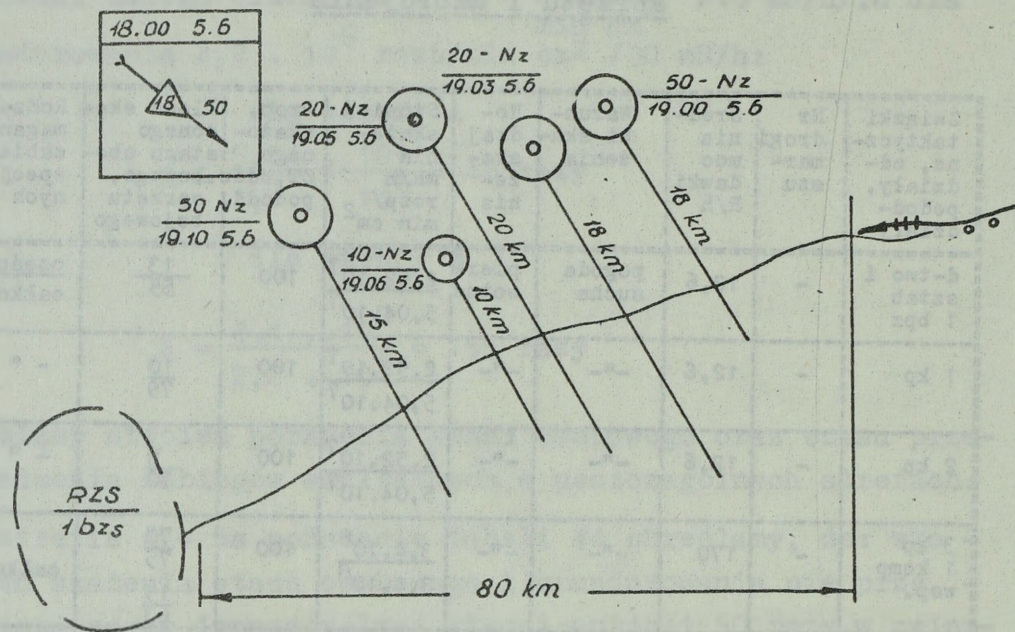
Karta prognozowania skażeń stanu osobowego,  
sprzętu i uzbrojenia

Związki taktyczne, oddziały, pododdziały	Nr drogi marszu	Średnia moc dawki R/h	Warunki skażenia	Rodzaj skażenia	Stopień skażenia mR/h rozp/ min cm <sup>2</sup>	Proc. skażonego ZT, oddz. pododd	Ilość skażonego stanu osobowego, sprzętu bojowego	Rodzaj wymaganych zabiegów specjalnych
d-two i sztab 1 bpz	-	12,6	pogoda sucha	pierwotne	$2,52 \cdot 10^7$ $5,04 \cdot 10^7$	100	$\frac{13}{55}$	częściowe całkowite
1 kp	-	12,6	"	"	$2,52 \cdot 10^7$ $5,04 \cdot 10^7$	100	$\frac{10}{79}$	- " -
2 kp	-	12,6	"	"	$2,52 \cdot 10^7$ $5,04 \cdot 10^7$	100	$\frac{9}{70}$	- " -
3 kp 1 komp wsp.	-	170	"	"	$3,4 \cdot 10^8$ $3,4 \cdot 10^8$	100	$\frac{70}{75}$ $\frac{15}{63}$	całkowite
Razem za 1 bpz	-	-	-	-	-	100	$\frac{57}{342}$	częściowe całkowite

Uwaga: licznik - sprzęt, mianownik - stan osobowy.

Przykład 2

Określić stopień skażenia sprzętu bojowego stanu osobowego i umundurowania batalionu piechoty zmechanizowanej, który ma pokonać sformowaną strefę skażeń powstałą w wyniku wykonania przez nieprzyjaciela pięciu wybuchów jądrowych. Batalion zgodnie z decyzją dowódcy ma rozpocząć marsz o godzinie 20.30 szybkość marszu 20 km/h, szybkość średniego wiatru 50 km/h. Teren mokry. Pozostałe dane niezbędne do obliczeń przedstawia rys. 11.



Rys. 11. Strefa skażeń promieniotwórczych i niezbędne dane do rozwiązania przykładu 2

Rozwiązanie:

1. Na podstawie mapy określamy odległości od punktów zerowych, poszczególnych wybuchów do punktów przecięcia się osi z drogą marszu.
2. Na podstawie zmierzonych odległości i mocy poszczególnych wybuchów jądrowych przy pomocy tabeli 41 str. 114 Metodyki oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych określamy moc dawki dla poszczególnych punktów przecięcia się osi śladów z drogą marszu:

dla 50 kt - 19 R/h  
 dla 20 kt - 8 R/h  
 dla 20 kt - 7 R/h  
 dla 10 kt - 10 R/h  
 dla 50 kt - 21 R/h

3. Obliczamy średnią moc dawki:

$$P_{\text{śr}} = \frac{19 + 8 + 7 + 10 + 21}{5} = 13 \text{ R/h}$$

4. Określamy czas niezbędny batalionowi na osiągnięcie rejonu zabiegów specjalnych

$$t = \frac{S}{V} = \frac{80}{20} = 4 \text{ h}$$

gdzie: S - odległość batalionu do rejonu zabiegów specjalnych;

V - prędkość marszu batalionu.

5. Określamy czas od momentu wybuchu do momentu osiągnięcia rejonu zabiegów specjalnych przez batalion:

- zgodnie z rozkazem batalion rozpoczyna marsz o godzinie 20.30, a wybuchy były wykonane o godzinie 19.00-19.10 czyli 1,5 h od momentu wybuchu, doliczając do tego czasu, czas niezbędny na pokonanie przez batalion odległości 80 km - uzyskamy czas jaki upłynie od momentu wybuchów do czasu osiągnięcia rejonu zabiegów specjalnych:

- czas ten będzie wynosił:

$$4 + 1,5 = 5,5 \text{ h}$$

6. Obliczoną w punkcie 3 średnią wielkość mocy dawki równą 13 R/h przy pomocy współczynników do tabeli 41 str.114 "Metodyki oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych", sprostujemy do wielkości odpowiadającej czasowi, jaki upłynął od momentu wybuchu do czasu osiągnięcia przez batalion rejonu zabiegów specjalnych:

$$P_{\text{śr}_{5,5}} = 13 \cdot 2,6 = 33,8 \text{ R/h}$$

7. Określamy stopień skażenia sprzętu bojowego batalionu pokonującego sformowaną strefę skażeń w warunkach terenu mokrego: /tabela 35/

$$Q_{\text{sp}} = 3 \cdot 10^7 \cdot P_{\text{śr}} \quad \text{roz/min cm}^2$$

$$Q_{\text{sp}} = 3 \cdot 10^7 \cdot 33,8$$

$$Q_{\text{sp}} = 1,01 \cdot 10^9 \quad \text{rozp/min cm}^2$$

8. Określamy ile razy stopień skażenia sprzętu bojowego batalionu przekracza normę dopuszczalną, wynoszącą  $4,4 \cdot 10^6$  rozp/min  $\text{cm}^2$

$$K = \frac{1,01 \cdot 10^9}{4,4 \cdot 10^6} = 230 \text{ razy}$$

9. Określamy stopień skażenia stanu osobowego i umundurowania:

- z uwagi na to, że batalion pokonywał strefę skażeń w warunkach terenu mokrego, stan osobowy i umundurowanie nie ulegnie skażeniu.

10. Wypełniamy kartę prognozowania skażeń stanu osobowego, sprzętu i uzbrojenia /zał. nr 1/

Związki taktyczne, oddz. pododdz.	Nr drogi marszu	Średnia moc dawki w R/h	Warunki skażenia	Rodzaj skażenia	Stopień skażenia w mR/h rozp min $\text{cm}^2$	Procent skażonego ZT, oddziału, pododdziału	Ilość skażonego stanu osobowego, sprzętu boj.	Rodzaj wymaganych zabiegów spec. sanit.
2 bpz 15 pz	1	33,8	teren mokry	wtórne	$1.01 \cdot 10^9$	100	<u>74</u> 340	całkowite

## 8. OCENA STANU ZDOLNOŚCI BOJOWEJ WOJSK

Jednym ze skutków działania wojsk w warunkach masowego użycia broni jądrowej, może być zarówno napromienienie zewnętrzne, jak i wewnętrzne stanu osobowego. Rezultatem tego napromienienia może być powstanie i rozwój choroby popromiennej określonego stopnia.

Dlatego też oddziaływanie promieniowania przenikliwego na stan osobowy powinno być dokładnie, prawidłowo i wszechstronnie oceniane. Niedocenianie skutków oddziaływania promieniowania przenikliwego na stan osobowy, względnie wyolbrzymianie jego oddziaływania może z jednej strony doprowadzić do zbyt znacznych strat stanu osobowego, a z drugiej do prowadzenia pasywnych działań, osłabienia tempa oraz niewłaściwego wykorzystania skutków uderzeń jądrowych.

Realna i obiektywna ocena zdolności bojowej wojsk działających, względnie przewidzianych do działania w szerokich strefach promieniotwórczych, możliwa jest tylko w przypadku, kiedy dowódca i sztab będą dysponowali danymi o dawkach, jakie otrzymał względnie otrzyma stan osobowy.

Dane o stopniu napromienienia dowódca i sztab może otrzymać:

- na podstawie prognozowania;
- na podstawie danych z indywidualnej i zbiorowej kontroli wojsk.

Przy czym sztaby od sztabu batalionu będą miały dane o stanie napromienienia z taką dokładnością, z jaką prowadzi się mapę, to jest o dwa szczeble niżej. Sztab batalionu będzie miał dane do plutonu, sztab pułku do kompanii, sztab dywizji do batalionu. Nieco inaczej zagadnienie to powinno być traktowane w wojskach rakietowych, radiotechnicznych, OPK, lotnictwie. W wyżej wymienionych wojskach ocenie powinni podlegać poszczególni specjaliści, od zdolności bojowej których zależy efektywność pracy całych zespołów i agregatów.

Na tej samej zasadzie dokonuje się oceny zdolności bojowej korpusu oficerskiego.

Dane o stanie napromienienia przesyła się do sztabu batalionu, pułku, dywizji - raz na dobę. W wypadku, kiedy dawka

jaką wchłonie stan osobowy, wynosi więcej aniżeli 100 R — natychmiast.

Za prowadzenie ewidencji stanu napromienienia żołnierzy, odpowiedzialny jest:

- w kompanii - dowódca kompanii
- w batalionie - szef sztabu
- w pułku - pomocnik szefa sztabu do spraw organizacyjno-ewidencyjnych
- w dywizji - wydział organizacyjno-ewidencyjny.

Przy czym indywidualną ewidencję stanu napromienienia wojsk prowadzi się:

- w kompanii dla podoficerów i szeregowych;
- w batalionie dla wszystkich oficerów batalionu;
- w pułku na dowództwo, sztab pułku, dowódców batalionów, kompanii i samodzielnych pododdziałów pułku;
- w dywizji na sztab dywizji, dowódców i szefów sztabów pułków, szefów służb pułków, dowódców batalionów.

Grupową ewidencję stanu napromienienia wojsk prowadzi się w:

- batalionie - do plutonu;
- pułku - do kompanii;
- dywizji - do batalionu.

Obowiązujące formularze związane zarówno z indywidualną, jak i grupową ewidencją stanu napromienienia, przedstawiają:

- zał. nr 1 - Dziennik indywidualnej ewidencji stopnia napromienienia stanu osobowego;
- zał. nr 2 - Meldunek o stopniu napromienienia stanu osobowego;
- zał. nr 3 - Adnotacja o napromienieniu - w legitymacjach żołnierzy zawodowych.

Stopień porażenia stanu osobowego promieniowaniem przez - nikliwym, zależy od wielkości dawki i czasu, w okresie którym została ona wchłonięta.

W zależności od czasu oddziaływania promieniowania przenikliwego na stan osobowy, rozróżniamy następujące dwa rodzaje napromienienia:

- napromienienie jednorazowe - kiedy określoną dawkę organizm wchłania w ciągu krótkiego czasu /do 4 dób/;

- napromienienie wielokrotne - kiedy organizm wchłania określoną dawkę sumaryczną w przeciągu dłuższego okresu czasu.

Należy jednak mieć na uwadze, że nie każda dawka promieniowania wchłonięta przez stan osobowy zarówno w czasie jednokrotnego, jak i wielokrotnego napromienienia powoduje utratę zdolności bojowej. Utratę zdolności bojowej powoduje przekroczenie określonych dawek. W celu niedopuszczenia do masowej utraty zdolności bojowej wojsk na skutek oddziaływania promieniowania przenikliwego, ustalono dopuszczalne wielkości dawek dla jedno i wielokrotnego napromienienia.

Tabela 36

Dopuszczalne dawki promieniowania  
otrzymane podczas napromienienia zewnętrznego

Lp.	Rodzaj napromienienia	Dopuszczalna dawka promieniowania w R
1.	Jednorazowe napromienienie w ciągu 4 dni	50
2.	Wielokrotne napromienienie w ciągu 10 dób	100
3.	Wielokrotne napromienienie w ciągu 3 miesięcy	200
4.	Sumaryczne napromienienie w ciągu roku	300

Powtórne napromienienie stanu osobowego po wchłonięciu dawek ukazanych w tabeli 36, możliwe jest po upływie 1,5 - 2 miesięcy. Wymienione w tabeli 36 wielkości dawek nie są granicą ostateczną, której nie wolno przekroczyć.

Jeżeli sytuacja bojowa tego wymaga, dowódca - sztab może zezwolić względnie dopuścić do przekroczenia dopuszczalnych wielkości dawek wymienionych w tabeli. Decyzje takie winny jednak być poprzedzone dokładną i wszechstronną analizą otrzymanego, względnie wykonywanego zadania bojowego, sytuacji skażeń promieniotwórczych, stanem zdolności bojowej wojsk.

Dowódca podejmując taką decyzję powinien dokładnie zważyć sobie sprawę z konsekwencji, jakie mogą wyniknąć na skutek przekroczenia dopuszczalnych dawek promieniowania.

Jednokrotne i wielokrotne napromienienie jednakową dawką nie powoduje utraty zdolności bojowej u całej ilości stanu osobowego. Przy napromienieniu jednokrotnym stan osobowy traci zdolność bojową już w okresie początkowej reakcji organizmu na oddziaływanie promieniowania przenikliwego. Reakcja początkowa organizmu na działanie promieniowania przenikliwego, względnie dostania się substancji promieniotwórczych do organizmu nie tylko nie zezwala na dalsze prowadzenie działań, ale i posługiwanie się indywidualnymi środkami ochrony przed skażeniami. Zjawisko to pociąga za sobą konieczność umieszczenia stanu osobowego, u którego wystąpiły objawy reakcji początkowej organizmu na napromienienie w odpowiednich schronach zabezpieczających przed działaniem broni chemicznej. Stopień w jakim przejawia się reakcja początkowa organizmu, uzależniony jest od wielkości wchłoniętej dawki i indywidualnych cech człowieka, jego stanu fizycznego i psychicznego.

Przy wielokrotnym napromienieniu stanu osobowego określonymi dawkami, objawy początkowej reakcji organizmu na napromienienie mogą nie występować. Stan osobowy będzie tracił zdolność bojową na skutek występowania podstawowych oznak choroby popromiennej. Przy wielokrotnym napromienieniu organizm człowieka, w zależności od czasu jaki upłynie od momentu napromienienia niweluje skutki biologicznego działania promieniowania przenikliwego w granicach 90%.

Dowódca, sztab oceniając wpływ promieniowania przenikliwego na zdolność bojową wojsk, powinien szczegółowo analizować te pododdziały, których stan osobowy przeżył chorobę popromienną. W wypadku działania tych pododdziałów w strefach skażeń, stan osobowy będzie prędzej tracił zdolność bojową, aniżeli stan osobowy pododdziałów, które jeszcze nie uległy napromienieniu.

Stan osobowy, który przeżył już chorobę popromienną, określonego stopnia będzie uczulony na działanie promieniowania przenikliwego. Uczulenie to będzie się przejawiać w podwyższonej temperaturze, ogólnym osłabieniem oraz szybkim męczeniem się.

Ewakuacja stanu osobowego, który wchłonął dawkę do 200 R powinna być przeprowadzona wyłącznie na podstawie orzeczeń lekarskich. Stan osobowy, który wchłonął dawkę powyżej 200 R, powinien być ewakuowany niezależnie od tego, w jakim stopniu występują u niego objawy choroby popromiennej.

Dane o stanie napromienienia wojsk dają możliwość dowódcy, sztabowi określić:

- zdolność bojową wojsk w zależności od wchłoniętej dawki jedno, czy wielokrotnej;
- warunki i możliwości wykorzystania stanu osobowego, który już wchłonął określoną dawkę do prowadzenia działań bojowych w strefach skażeń promieniotwórczych;
- określenie czasu /dawki dopuszczalnej/ działania w terenie skażonym, którego stan osobowy nie otrzyma dawki powodującej masową utratę zdolności;
- określenie strat sanitarnych zarówno na podstawie danych z kontroli dozymetrycznej jak i prognozowania;
- określenie zakresu prac ewakuacyjno-leczniczych i profilaktycznych;
- określenie wielkości uzupełnień w stanie osobowym.

#### 8.1. Ocena stanu zdolności bojowej wojsk, które uległo napromienieniu promieniowaniem przenikliwym /pierwotnym/

Stopień porażenia stanu osobowego promieniowaniem przenikliwym określa wielkość otrzymanej dawki, rodzaj napromienienia /napromienienie ogólne, częściowe/ i czas jego oddziaływania. Oprócz tego stopień porażenia stanu osobowego zależy od indywidualnych cech organizmu i jego stanu w momencie napromienienia. Silne przemęczenie, niedożywienie, ranienia, oparzenia obniżają odporność organizmu na działanie promieniowania przenikliwego.

Porażenia wywołane promieniowaniem przenikliwym dzielą się na następujące stopnie:

- lekki /I stopień choroby popromiennej/;
- średni /II stopień choroby popromiennej/;
- ciężki /III stopień choroby popromiennej/;
- bardzo ciężki /IV stopień choroby popromiennej/.

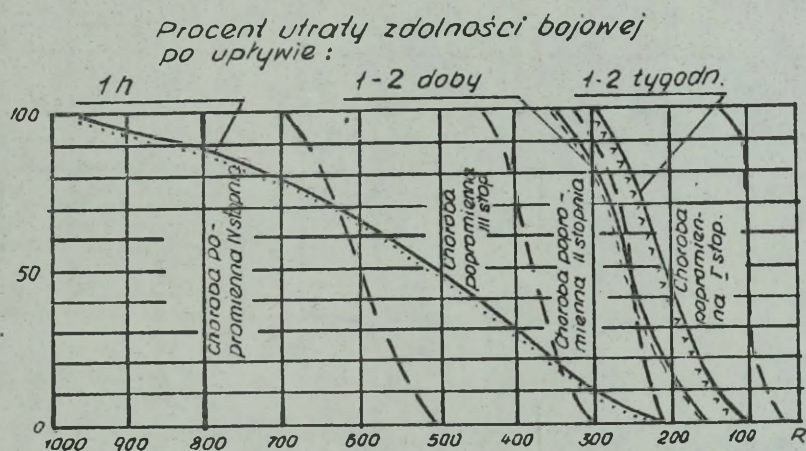
Tabela 37

Stopnie choroby popromiennej i krótka ich  
charakterystyka

Dawka pro- mieniowania w R	Stopień porażenia	Objawy zachorowania
1	2	3
100-250	Lekki I stopień choroby popromiennej	Ogólne osłabienie i prze- męczenie organizmu, zaw- roty i bóle głowy, wymio- ty. Objawy te wyrażane są słabo i po upływie kilku dni mijają.
250-400	Średni II stopień choroby popromiennej	Objawy te same, co przy chorobie popromiennej, III stopnia wyrażane są słabiej. Zachorowania w większości wypadków kończą się wy- zdrowieniem.
400-600	Ciężki III stopień choroby popromiennej	Silny ból głowy, podwyż- szona temperatura ciała, silne osłabienie, brak apetytu, pragnienie, wy- mioty, duszność, rozwol- nienie, wewnętrzny wylew krwi, zmiany kliniczne krwi, wyzdrowienie możli- we pod warunkiem, że le- czenie rozpoczęte zosta- nie we właściwym czasie.
600 i więcej	Bardzo ciężki	Zachorowanie w większości przypadków kończy się zejściem śmiertelnym.
ponad 10.000	Błyskawiczny /piorunujący/	Porażeni tracą zdolność bojową praktycznie na- tychmiast i giną w pierw- szych dniach po wchłonię- ciu dawki.

Dawki, po otrzymaniu których stan osobowy traci zdolność bojową już po upływie 10-15 minut dla prawdopodobieństwa 0; 59%; 100%, wynoszą odpowiednio 500, 5000, 10 000 R, a po upływie jednej godziny 200, 500, 1000 R.

Przebieg kliniczny choroby popromiennej II i III stopnia charakteryzuje się tak zwaną reakcją pierwotną organizmu, która występuje zazwyczaj po upływie jednej doby od momentu napromienienia, okresem utajonym, okresem rozwoju, okresem rozwiązania /wyzdrowienia, względnie przejście w przewlekły stan choroby/. Okres choroby popromiennej jest tym krótszy, im większą dawkę wchłania organizm. Przy porażeniach II stopnia, skryty okres choroby popromiennej może w ogóle nie występować przy porażeniach II stopnia, może on trwać od 2 do 3 tygodni. Do momentu wystąpienia pierwszych objawów choroby popromiennej stan osobowy nie traci zdolności bojowej.



Rys. 12. Wykres zależności utraty zdolności bojowej wojsk od otrzymanej dawki promieniowania

Tabela 38

Możliwe straty żołnierzy w procentach od ogólnej ilości napromienionych w zależności od wielkości dawek

Dawka R	350	325	300	275	250	225	200	175	150	125	100
Traci zdolność bojową	100	100	100	95	85	70	50	30	15	5	0
W tym: w okresie pierwszej doby	100	95	85	70	50	30	15	5	0	0	0
W okresie pierwszego tygodnia	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W okresie drugiego tygodnia i trzeciego	-	-	15	23	35	40	-	-	-	-	-
W okresie trzeciego i czwartego tygodnia	-	-	-	-	-	-	35	25	15	5	0

Tabela 39

Orientacyjny czas leczenia stanu osobowego

Dawka w R	Procent porażonych, którym jest niezbędna pomoc lekarska	Czas leczenia	Miejsce leczenia
125	5	kilka dni	pułk
150	15	2-3 tygodnie	szpital dla lekkorannych
200	50	3-5 tygodni	- " -
250	85	do 2 miesięcy	szpital
300	100	2-2,5 mies.	"
400	100	2,5-3 mies.	"
500	100	3 miesiące i więcej	"

## 8.2. Ocena zdolności bojowej wojsk działających w strefach skażeń promieniotwórczych

Promieniotwórcze produkty wybuchu jądrowego powodują porażenia stanu osobowego, działającego w strefach skażeń promieniotwórczych.

Porażenia mogą być wynikiem zarówno napromienienia zewnętrznego, jak i wewnętrznego, spowodowanego dostaniem się substancji promieniotwórczych do wnętrza organizmu, względnie na skórę.

Zewnętrznie, granica napromienienia stanu osobowego, działającego w strefach skażeń promieniotwórczych powoduje powstanie ostrej, względnie przewlekłej choroby popromiennej. Stopień porażenia stanu osobowego, działającego w strefach skażeń zależy od wielkości dawki sumarycznej /ogólnej/ i czasu, w okresie którego została ona wchłonięta.

Przebieg kliniczny ostrej choroby popromiennej analogiczny przebiegowi choroby powstałej na skutek działania promieniowania przenikliwego emitowanego ze strefy wybuchu.

W czasie działania wojsk w strefach skażeń promieniotwórczych przenikliwe promieniowanie oddziałuje na organizm przez okres czasu co powoduje, że stan osobowy zapada na przewlekłą - chroniczną chorobę popromienną.

Przy dostaniu się substancji promieniotwórczych do organizmu oraz przy miejscowym oddziaływaniu promieniowania beta na skórę, mogą powstać ostre i przewlekłe formy choroby popromiennej.

Ostre formy choroby popromiennej występują w przypadku, gdy do wnętrza organizmu przedostanie się w ciągu jednej doby więcej aniżeli 15 MCi substancji promieniotwórczych.

Z ogólnej ilości substancji promieniotwórczych, które mogą się dostać do organizmu przez przewód pokarmowy 0,4 - 25% rozchodzi się po organizmie i gromadzi się w wątrobie, nerkach, kostnej i kościach. Pozostała część produktów promieniotwórczych zostaje wydzielona z organizmu w okresie pierwszych 2-3 dob. Stopień skażenia organizmu po upływie 5 dób wynosi 1,6%, po 30 dobach 0,3%, a po 3 miesiącach 0,1% skażenia początkowego.

Obieg substancji promieniotwórczych w organizmie przebiega dość szybko, a to dlatego, że część zostaje wydalona, a część ulega rozpadowi. Wyjątek stanowią kości, skażenie których obniża się bardzo powoli z tego powodu, że w nich gromadzą się izotopy promieniotwórcze o długim okresie połowicznego rozpadu.

W zależności od ilości substancji promieniotwórczych, które dostały się do organizmu - rozróżniamy następujące stopnie porażenia:

- ciężki i bardzo ciężki stopień porażenia;
- średni stopień porażenia;
- lekki stopień porażenia.

Ciężki i bardzo ciężki stopień porażenia charakteryzuje się ostrymi objawami, takimi jak: pełna utrata apetytu, ciągłe wymioty, częsty rzadki stolec. Objawy te powodują szybkie odwodnienie i wycieńczenie organizmu, gwałtownie zwiększa się liczba leukocytów w krwi - 30-40 tys. w 1 mm<sup>3</sup> krwi.

Przy porażeniach stopnia ciężkiego wyleczenie jest możliwe, a okres leczenia jest bardzo długi i wynosi od 5-6 miesięcy. Średni stopień porażenia charakteryzuje się tymi samymi objawami co i ciężki, lecz wyrażonymi słabiej. Przy porażeniach średniego stopnia nie występuje gwałtowne odwodnienie i wycieńczenie organizmu. Okres leczenia wynosi od 1,5 - 2 miesięcy. Lekki stopień porażenia charakteryzuje się nieregularnym oddawaniem stolca, nie następuje odwodnienie organizmu. Okres leczenia od 1 do 1,5 miesiąca.

Obraz kliniczny ostrych form porażenia spowodowanych dostaniem się do organizmu dużych ilości substancji promieniotwórczych w przeciągu krótkiego czasu podobny jest do objawów, jakie powoduje jednokrotne napromienienie zewnętrzne.

Rozwój ostrych porażen wywołanych substancjami promieniotwórczymi posiada następujące cechy specyficzne:

- wczesne porażenie przewodu pokarmowo-jelitowego, wyrażające się w:

- odwodnieniu i wyczerpaniu organizmu;
- rozdrażnieniu krwiotwórczego systemu;
- porażeniu gruczołów chłonnych;
- braku reakcji pierwotnej.

Rozwój choroby ciężkiego i średniego stopnia występuje po upływie 2-3 dni od momentu skażenia, przy czym w okresie tym porażeni tracą zdolność bojową. W przypadku dostania się ciał promieniotwórczych do organizmu przez drogi oddechowe objawy i przebieg choroby taki sam, jak w przypadku dostania się substancji promieniotwórczych przez układ pokarmowy.

Tabela 40

Zależność stopnia porażenia od aktywności substancji promieniotwórczych przy jednorazowym ich dostaniu się do organizmu /milimikrokiur/

Stopień porażenia	Wiek substancji promieniotwórczych			
	do 1 h	1-3 h	3-6 h	0,5-10 dób
Lekki	75-300	45-180	25-100	15-20
Średni	300-600	180-360	100-180	60-120
Ciężki	600-1000	360-600	180-300	120-200
Bardzo ciężki	1000	600	300	200

W przypadku wielokrotnego dostania się substancji promieniotwórczych do organizmu /do 10 dni/ w wieku 1-20 dób, ogólna ich aktywność powodująca określone porażenia jest około 2 razy większa aniżeli przy dostaniu się takiej samej ilości substancji promieniotwórczych jednokrotnie.

W warunkach wojennych dopuszczalną normą jednokrotną jest 1  $\mu$  Ci, a wielokrotną w przeciągu 10 dni - 2  $\mu$  Ci.

W warunkach realnych skażeniu wewnętrznemu skóry towarzyszyć będzie ogólne zewnętrzne napromienienie, promieniowaniem gamma.

Stan osobowy działający w strefach skażeń promieniotwórczych prędzej otrzyma określone dawki promieniowania gamma, aniżeli wchłonie do organizmu odpowiednią ilość substancji promieniotwórczych, powodujących określony stopień porażenia. Dlatego też skażenia wewnętrzne nie będą w decydujący sposób wpływać na ocenę zdolności bojowej. Wpływ ilości dostania się substancji promieniotwórczych do organizmu przy ocenie zdolności bojowej wojsk należy brać pod uwagę w przypadku, kiedy wojska działają w okresie wypadania substancji promieniotwórczych z obłoku powybuchowego.

Tabela 41

Dopuszczalne normy skażenia produktów żywnościowych I kategorii i wody w mCi/kg, mCi/l

Wiek produktów	Okres spożycia		
	do 30 dni	do 100 dni	do 1 roku
Do 14 dni	12	6	1,2
Do 30 dni	9	3,5	0,2
Do 100 dni	3	1	0,2
Do 1 roku	1,5	0,5	0,06

Uwaga: Do produktów I kategorii zaliczamy takie produkty, których spożycie w ciągu doby wynosi 2 kg /chleb, kasza, mleko, mięso, ryby, owoce itp/.

Do produktów II kategorii zaliczamy takie produkty, których spożycie nie przekracza na dobę 0,2 kg /masło, cukier itp/.

Dopuszczalny stopień skażenia produktów żywnościowych II kategorii jest 10 razy większy aniżeli produktów żywnościowych kategorii I.

Tabela 42

Orientacyjny stosunek między ilością substancji promieniotwórczych jaka może dostać się do organizmu, a dawką napromienienia zewnętrznego /pogoda sucha/.

Warunki działania wojsk	Sposób przedostania się ciał promieniotwórczych do organizmu	Ilość ciał promieniotwórczych jaka może się dostać do organizmu w MCi na 1 R napromien. zewnętrznego
1	2	3
Odoczynek w terenie skażonym	Drogi oddechowe	0,03 - 3

1	2	3
Marsz w terenie skażonym na samochodach przy zmniejszonych odległościach	Drogi oddechowe	7 - 20
Pokonywanie stref skażeń promieniotwórczych na czołgach i transportarach	- " -	0,6 - 2
Działanie wojsk w momencie wypadania pyłu promieniotwórczego	- " -	50 - 200
Spożywanie skażonych produktów żywnościowych, stopień skażenia, który jest zbliżony do stopnia skażenia terenu	Przewód pokarmowy	3 - 6

Stopień porażenia stanu osobowego substancjami promieniotwórczymi, które mogą przeniknąć do organizmu, ocenić możemy na podstawie wzoru:

$$D = 1,26 \cdot 10^3 \cdot Q_{\text{pow}} \cdot t \quad [\text{mCi}]$$

gdzie:  $Q_{\text{pow}}$  - stopień skażenia powietrza w mCi;

$t$  - czas oddychania skażonym powietrzem.

### 8.2.1. Porażenia stanu osobowego promieniowaniem beta

Promieniowanie beta powoduje porażenie skóry, przy czym porażenia te mogą być miejscowe, ostre lub chroniczne. Umundurowanie zmniejsza dawkę promieniowania na 25 - 60%. Ostra forma porażenia skóry promieniowaniem beta następuje w przypadku długiego czasu, w okresie którym młode produkty wybuchu jądrowego bezpośrednio kontaktują się z nieosłoniętymi częściami ciała, a gęstość skażenia wynosi  $30 \cdot 10^6$  rozp/min  $\text{cm}^2$ . Przy ostrych formach porażenia skóry, zmiany na niej zależą od wielkości dawki /stopnia skażenia/ i przejawiają się w formie zaczerwienienia, łuszczenia, owrzodzenia i pigmentacji.

Zmiany te występują po upływie tak zwanego okresu utajonego. Przewlekłe-chroniczne formy porażenia występują w przypadku , kiedy skóra skażona jest przez dłuższy okres czasu, a gęstość skażenia jest mniejsza aniżeli  $30 \cdot 10^6$  rozp/min  $\text{cm}^2$ .

Tabela 43

Stopień porażenia skóry w zależności od stopnia skażenia beta aktywnymi substancjami promieniotwórczymi /czas kontaktu 10 - 20 h/

Stopień skażenia min rozp/ min $\text{cm}^2$	mR/h	Stopień porażenia skóry	Czas ukrytego działania /doby/	Czas leczenia /miesiące/
30-50	450-750	lekki	10-14	1-1,5
50-80	750-1200	średni	7-10	2-3
80	1200	ciężki	4-7	6-12

Stopień porażenia skóry można ocenić wg niżej podanego wzoru:

$$P_{sk} = S \cdot D \quad \left[ \text{M Ci}/\text{cm}^2 \right]$$

$P_{sk}$  - gęstość skażenia skóry w mikrociur/ $\text{cm}^2$

D - dawka promieniowania gamma w R

S - współczynnik, który wynosi:

w czasie wypadania pyłu = 0,6

w czasie intensywnego  
skażenia wtórnego = 0,16

w czasie zakurzenia  
naturalnego = 0,018

Czas, po upływie którego należy przeprowadzić zabiegi sanitarne w zależności od K

$K = \frac{Q}{P_{dop}}$	Stopień skażenia	Stopień porażenia stanu osobowego	Czas od momentu skażenia, po upływie którego należy przeprowadzić zabiegi
50 razy	umiarkowany	lekki	10 - 12 h
80 razy	silny	średni	6 - 10 h
100 razy	niebezpieczny	ciężki	3 - 6 h

Q - realny stopień skażenia;

$Q_{dop}$  - dopuszczalny stopień skażenia.

Tabela 45

Dopuszczalne normy skażenia substancjami promieniotwórczymi

Rodzaj powierzchni i obiektu	Dopuszczalne skażenie	
	w mln rozp/min $cm^2$	w m R/h
1	2	3
Uzbrojenie i sprzęt wojskowy	4,4	180
Zewnętrzne powierzchnie urządzeń i obiektów	1,1	450
Broń osobista	2,2	20
Umundurowanie, oporządzenie, obuwie, indywidualne środki ochrony przed skażeniami	2,2	30 <sup>x</sup>
Odkryte części ciała /twarz, szyja, ręce/	2,2	4,5 <sup>xx</sup>

x/ Jeżeli żołnierz ma na sobie mokre umundurowanie, to dopuszczalna norma skażenia całego ciała i bielizny wynosi 0,22 mln rozp/min  $cm^2$  /3,5 mR/h/.

xx/ Zabiegi sanitarne przeprowadzone po upływie 1 h od momentu skażenia zapobiegają porażeniom przy stopniu skażenia  $500 \cdot 10^6$  rozp/min  $cm^2$  /7,5 R/h/, a po upływie 3-4 h od momentu skażenia przy stopniu skażonym równym 100 mln rozp/min  $cm^2$  powoduje zmniejszenie stopnia porażenia lub eliminuje. Zabiegi sanitarne są nieefektywne, jeżeli przeprowadzi się je po upływie 10-12 h od momentu skażenia.

1	2	3
Powierzchnia całego ciała, bielizna	1,1	20
Część twarzowa maski przeciwgazowej	1,1	0,4
woda do picia /1,5 l/	-	0,4
Woda techniczna	-	4
Wewnętrzne powierzchnie piekarni, stołówki i magazynu żywnościowego	1,1	45
Naczynia kuchenne	0,005	0,1
Zewnętrzna powierzchnia opakowań z żywnością	0,01	0,2
Przejście w terenie skażonym burty okrętów	22	1000
Sprzęt sanitarny	2,2	30

Tabela 46

Stopień zmniejszenia biologicznego oddziaływania dawki promieniowania na organizm człowieka w zależności od czasu jaki upłynął od chwili napromienienia.

Czas jaki upłynął od chwili napromienienia /dni/	4	6	7	8	10	14	16	18	21	28	35	42	49	56	67	77	98
Stopień zmniejszenia biologicznego działania dawki w %	100	95	90	88	85	80	70	65	60	50	42	35	30	25	20	15	10

Tabela 47

Możliwe straty żołnierzy, którzy ulegli zewnętrznemu napromienieniu, zależne od wielkości dawek i czasu napromienienia w %

Dawka promieniowania w R	Czas napromienienia				Uwagi:
	jednoro-razowo do 4 dób	do 10 dób	do 20 dób	do 30 dób	
450	100 <sup>x/</sup>	100 <sup>x/</sup>	100 <sup>x/</sup>	100 <sup>x/</sup>	Stan osobowy traci zdolność bojową od razu po wchłonięciu dawki
425	100 <sup>x/</sup>	100 <sup>x/</sup>	100 <sup>x/</sup>	100	
400	100 <sup>x/</sup>	100 <sup>x/</sup>	100	100	
375	100 <sup>x/</sup>	100	100	95	
350	100 <sup>x/</sup>	100	95	90	
325	100	98	90	80	
300	100	95	80	65	
275	95	80	65	50	
250	85	65	50	35	
200	50	30	20	10	
175	30	20	10	5	
150	15	7	5	0	
125	5	2	0	0	
100	0	0	0	0	

Tabela 48

Czas, po upływie którego traci zdolność bojową stan osobowy w zależności od ogólnej liczby porażonych w %

Ogólna ilość porażonych w %		100	90	80	70	60	50	40	30	25	20	15	10	5
Z liczby tej traci zdolność bojową w	pierwszej dobie	90	60	40	30	20	15	10	5	5	0	0	0	0
	1-2 tygodniach	10	30	40	40	40	35	30	25	20	20	15	10	5

### 8.3. Kolejność oceny stanu bojowego wojsk, które uległo napromienieniu /wchłonęło określone dawki/

#### Dane wejściowe do oceny

- wielkość uprzednio wchłoniętej dawki;
  - czas jaki upłynął od momentu ostatniego napromienienia do otrzymania nowej dawki w dobach;
  - realna, względnie prognozowana wielkość wchłoniętej dawki;  
określamy
1. Stopień zmniejszenia biologicznego oddziaływania dawki promieniowania na organizm - tabela 46.
  2. Sumujemy dawkę biologiczną czynną, obliczoną za pomocą tabeli z dawką realną, względnie prognozowaną.
  3. Określamy prawdopodobny stopień choroby popromiennej tabela 37.
  4. Określamy możliwe straty żołnierzy - tabela 47 względnie tabela 38 /dla dawki wielokrotnej/.
  5. Określamy stopień porażenia na skutek dostawania się substancji promieniotwórczych na skórę i do organizmu wzór ze strony 115 i 116 oraz tabeli 40,43.
  6. Określamy stopień skażenia stanu osobowego.
  7. Określamy prawdopodobny okres leczenia stanu osobowego, który wchłonał określoną dawkę - tabela 39.
  8. Określamy konieczność i czas, w okresie którego należy przeprowadzić zabiegi sanitarne żołnierzy - tabela 44.
  9. Określamy wielkość dawki dopuszczalnej na następny etap działań - tabela
  10. Wypełniamy odpowiednio dzienniki ewidencji napromienienia stanu osobowego.

## 9. OCENA SYTUACJI SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH

Ocena sytuacji skażeń promieniotwórczych prowadzona jest w celu określenia wpływu skażeń promieniotwórczych terenu na działania bojowe wojsk. Ocena sytuacji skażeń promieniotwórczych polega na określeniu stopnia napromienienia ludzi działających w terenie skażonym, przypuszczalnych strat w rezultacie napromienienia, przewidywanego stopnia skażenia ludzi, sprzętu i innych obiektów oraz ustaleniu najbardziej dogodnych warunków działania pododdziałów w terenie skażonym.

W praktycznej działalności wojsk w skomplikowanych sytuacjach współczesnego pola walki, ocena sytuacji może być prowadzona: na podstawie konkretnych pomiarów przeprowadzanych przez system wykrywania skażeń, bądź też prognoz skażeń promieniotwórczych, opracowanych przez sztaby na podstawie danych o miejscu, czasie i mocy wybuchów jądrowych oraz danych o warunkach meteorologicznych.

### 9.1. Ocena sytuacji skażeń promieniotwórczych na podstawie danych z rozpoznania

Ocena sytuacji skażeń promieniotwórczych na podstawie przeprowadzonych w terenie przez elementy rozpoznania skażeń pomiarów mocy dawek, jest najbardziej wiarygodną. Pozwala ona dowódcom i sztabom na podjęcie optymalnej decyzji, dotyczącej dalszego działania pododdziałów i oddziałów w warunkach skażeń, zastosowania skutecznych środków i przedsięwzięć ochronnych.

Pomiar mocy dawek w terenie, przeprowadza się w celu dostarczenia dowódcom i sztabom informacji o skażeniach promieniotwórczych na kierunkach /pasach/ działania wojsk lub w rejonach ich rozmieszczenia. Pomiar rzeczywistej mocy dawek, przeprowadzony bezpośrednio w terenie, pozwala na ocenę rzeczywistej sytuacji skażeń i na jej podstawie podjęcie uzasadnionej decyzji do dalszego działania wojsk, wykorzystania odpowiednich środków ochrony, wybór dróg marszu i ustalenie czasu pokonania terenu skażonego oraz określenia: możliwości i czasu zajmowania wyznaczonych rejonów rozmieszczenia wojsk i stanowisk dowodzenia, możliwości wykonania prac w terenie skażonym, ustalenia warunków bezpieczeństwa dla pododdziałów i oddziałów.

Do przeprowadzenia oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych, na podstawie rzeczywistych pomiarów mocy dawki dokonanych przez pododdziały rozpoznania skażeń, niezbędna jest znajomość: mocy dawki, czasu pomiaru, miejsce pomiaru, czasu wybuchu, położenia pododdziału /oddziału/, jego zadanie, dotychczasowego stanu napromienienia żołnierzy pododdziału /oddziału/ oraz warunków w jakich one się znajdują /schrony, ukrycia, czołgi, transportery itp/.

Ocenę sytuacji skażeń promieniotwórczych przeprowadza się wg następującego układu:

- sprowadzenie mocy dawki we wszystkich punktach pomiaru do jednolitego wspólnego czasu od chwili wybuchu np. na 1 godz. lub inną dowolną godzinę od chwili wybuchu;
- przeprowadza się obliczenia dawek napromienienia żołnierzy podczas działania w terenie skażonym;
- określa się przypuszczalne straty, wywołane napromienieniem;
- określa się stopień skażenia promieniotwórczego ludzi, sprzętu i pojazdów mechanicznych;
- ustala się warianty działania pododdziałów /oddziałów/ w terenie skażonym, pozwalające na uniknięcie przekroczenia dawek dopuszczalnych.

Na podstawie oceny sytuacji skażeń formułuje się wnioski, które powinny zawierać:

- wpływ sytuacji skażeń na wykonanie przez pododdziały /oddziały/ stojących przed nimi zadań bojowych;
- najkorzystniejszy sposób działania pododdziałów /oddziałów/ podczas pokonywania stref skażeń promieniotwórczych, pozwalający na zachowanie maksimum bezpieczeństwa wojsk podczas wykonywania zadania bojowego;
- dodatkowe zamierzenia związane z organizacją ochrony w aktualnej sytuacji skażeń, niezbędne siły i środki do likwidacji skutków skażeń;
- komu i jakiej treści wydać zarządzenia dla zabezpieczenia działań wojsk w terenie skażonym;
- jakiej pomocy można oczekiwać lub prosić o nią przełożonego dla zabezpieczenia działań i likwidacji skażeń.

Przeprowadzona w odpowiednim czasie ocena sytuacji skażeń, pozwala na podjęcie przez dowódcę uzasadnionej decyzji pozwalającej

jącej działania pododdziałów /oddziałów/ w strefach skażeń promieniotwórczych, przy zachowaniu pełnego bezpieczeństwa żołnierzy.

## 9.2. Sprowadzanie mocy dawki do wspólnego czasu od chwili wybuchu

Sprowadzenie zamierzonych w różnym czasie mocy dawek do wspólnego czasu od chwili wybuchu /1,2,3 godz. lub na dowolny inny czas od chwili wybuchu/ przeprowadza się dla ułatwienia naniesienia sytuacji skażeń na mapę i określenia izolinii mocy dawki.

Obliczenia te możemy przeprowadzić posługując się linijką dozymetryczną /kręgiem/, wzorcem lub tabelą zawierającą współczynnik " $k_t$ ", pozwalający na obliczenie mocy dawki w określonym czasie.

Sprowadzenie mocy dawki zmierzonej w różnym czasie od chwili wybuchu do wspólnego czasu może być dokonane dla dwu przypadków: pierwszy - gdy czas wybuchu jest nam znany; drugi - gdy nie znamy czasu wybuchu jądrowego, od którego nastąpiło skażenie.

W przypadku, gdy czas wybuchu jest nam znany możemy posłużyć się wzorem, linijką dozymetryczną /kręgiem/ lub wykonywać odpowiednie tabele. Tabela 49.

Obliczenie mocy dawki w określonym czasie różnym od czasu pomiaru, możliwe jest przy wykorzystaniu wzoru:

$$P_t = P_o \left( \frac{t}{t_o} \right)^{-1,2}$$

gdzie:

$P_t$  - moc dawki w określonym czasie  $t$ ;

$P_o$  - moc dawki w czasie pomiaru;

$t$  - czas w godzinach od chwili wybuchu do czasu na jaki zamierzamy obliczyć moc dawki;

$t_o$  - czas w godzinach, jaki upłynął od momentu wybuchu do czasu pomiaru;

-1,2 - współczynnik charakteryzujący spadek mocy dawki.

Tabela 49

Wartość współczynnika " $K_t$ " do obliczania mocy dawki na jedną godzinę po wybuchu, względnie na dowolny czas od chwili wybuchu:

Czas od chwili wybuchu w godz.	$K_t$	Czas od chwili wybuchu w godz.	$K_t$	Czas od chwili wybuchu w godz.	$K_t$
<u>a/ w rejonie wybuchu naziemnego, od strony nawietrznej</u>					
0,1	13	4	0,3	24	0,06
0,25	4,5	5	0,24	36	0,035
0,5	2	6	0,21	48	0,022
1,0	1	8	0,17	72	0,01
1,5	0,67	10	0,14	96	0,005
2,0	0,52	12	0,12	120	0,003
3,0	0,37	18	0,08		
<u>b/ w rejonie wybuchu naziemnego od strony zawietrznej i na śladzie obłoku wybuchu naziemnego i powietrzego</u>					
0,1	16	4	0,19	24	0,022
0,25	5,3	5	0,15	36	0,014
0,5	2,3	6	0,12	48	0,095
1,0	1,0	8	0,083	72	0,0059
1,5	0,61	10	0,063	96	0,0042
2,0	0,43	12	0,05	120	0,0032
3,0	0,26	18	0,031		

Sposób posługiwania się linijką dozymetryczną jest określony dla danego typu linijki /kręgu/ i operując skalą mocy dawki R/h i czasem możemy w prosty sposób uzyskać dane do dowolny czas od chwili wybuchu.

Posługiwanie się tabelą 49 umożliwia nam określenie mocy dawki R/h po upływie jednej godziny od wybuchu, a następnie

wykorzystując odpowiednie współczynniki dla określenia mocy dawki R/h na żądany czas.

Sposób posługiwania się tabelami.

### Przykład 3:

Określić moc dawki po upływie 1 i 5 godzin od chwili wybuchu, jeżeli o 10.30 zmierzona moc dawki w rejonie posterunku obserwacji skażeń wynosiła 20 R/h. Uderzenie jądrowe zostało wykonane o 10.00.

### Rozwiązanie:

1. Obliczamy różnicę czasu pomiędzy pomiarem mocy dawki, a czasem wykonywania uderzenia

$$10.30 - 10.00 = 30 \text{ min.}$$

2. Obliczamy moc dawki po upływie jednej godziny od chwili wybuchu /tabela 49/. W tym celu znajdujemy współczynnik odpowiadający czasowi, jaki upłynął od chwili wybuchu do chwili pomiaru 30 min, wynosi on  $K_t = 2,3$  i obliczamy moc dawki na czas 1 godzina po wybuchu

$$P = \frac{20}{2,3} = 9 \text{ R/h}$$

3. Obliczamy moc dawki po upływie 5 godzin od chwili wybuchu. Znajdujemy współczynnik  $K_t = 0,15$  odpowiadający czasowi, jaki upłynął od chwili wybuchu. Mnożymy moc dawki po jednej godzinie od chwili wybuchu i otrzymujemy

$$P = 9 \times 0,15 = 1,35 \text{ R/h}$$

### Odpowiedź:

1. Moc dawki po upływie 1 godziny od chwili wybuchu równa się 9 R/h.
2. Moc dawki po upływie 5 godzin od chwili wybuchu równa się 1,35 R/h.

Posługując się tabelą 49 możemy dokonać obliczeń dla dowolnej ilości punktów pomiaru, przy czym za podstawę bierzemy jednolity wspólny czas dla wszystkich punktów, do którego sprowadzamy moc dawki, niezależnie od czasu dokonania pomiarów na poszczególnych punktach. Pozwala to nam na wrysowanie na mapę

izolinii, określających obszary niebezpieczne według stref A, B, C, łącząc poszczególne punkty odpowiadające mocy dawek w danym czasie dla zewnętrznych granic poszczególnych stref.

W praktyce na polu walki może zaistnieć sytuacja, w której czas wybuchu jądrowego, w rezultacie którego nastąpiło skażenie, nie będzie znany. W takim przypadku czas wybuchu jądrowego możemy ustalić na podstawie prawa rozpadu promieniotwórczego. Aby dokonać takich obliczeń niezbędne jest w dowolnym punkcie terenu dokonanie dwukrotnego pomiaru mocy dawki.

Przedział czasu dzielący te pomiary może wynosić: 10, 15, 20; 30 minut lub więcej.

Stosunek mocy dawki pomiędzy pierwszym i drugim pomiarem  $\frac{P_2}{P_1}$  i znany przedział czasu pomiędzy pomiarami, pozwoli nam posługując się tabelą 50 określić czas, jaki upłynął od momentu wybuchu do drugiego pomiaru.

Tabela 50

Tabela do określenia czasu, jaki upłynie od momentu wybuchu do drugiego pomiaru mocy dawki określony na podstawie stosunku mocy dawki drugiego do pierwszego pomiaru

Stosunek mocy daw- ki drugie- go do pierw- szego po- miaru $\frac{P_2}{P_1}$	Czas pomiędzy dwoma pomiarami						
	Minuty					Godziny	
	10	15	20	30	45	1	2
0,95	4 godz	6 godz	8 godz	12 godz	18 godz	24 godz	48 godz
0,90	2 "	3 "	4 "	6 "	9 "	12 "	24 "
0,85	1 godz 20 min	2 godz	2 godz 40 min	4 godz	6 godz	8 godz	16 godz
0,80	1 godz	1,5 "	2 godz	3 godz	4,5 "	6 godz	12 godz
0,75	50 min	1 godz 15 min	1 godz 40 min	2,5 godz	3 godz 40 min	5 godz	9 godz
0,70	40 min	1 godz	1 godz 20 min	2 godz	3 godz	4 godz	8 godz
0,65	35 min	50 min	1 godz 10 min	1 godz 40 min	2,5 godz	3 godz 20 min	7 godz
0,60	30 min	45 min	1 godz	1,5 godz	2 godz 10 min	3 godz	6 godz
0,55	-	40 min	50 min	1 godz 20 min	1 godz 50 min	2,5 godz	5 godz
0,50	-	35 min	45 min	1 godz 10 min	1 godz 45 min	2 godz 20 min	4,5 godz
0,45	-	30 min	40 min	1 godz	1,5 godz	2 godz	4 godz
0,40	-	-	35 min	55 min	1 godz 25 min	1 godz 50 min	3 godz 40 min
0,35	-	-	-	50 min	1 godz 20 min	1 godz 45 min	3,5 godz
0,30	-	-	-	-	1 godz 10 min	1 godz 35 min	3 godz 10 min
0,25	-	-	-	-	1 godz 5 min	1,5 godz	3 godz
0,20	-	-	-	-	1 godz	1 godz 20 min	2 godz 40 min

#### Przykład 4:

W rejonie rozmieszczenia pododdziału zmierzono moc dawki o 9.00 - 80 R/h, a o 9.15 - 55 R/h. Określić czas wybuchu jądrowego.

#### Rozwiązanie:

1. Określamy różnicę czasu między drugim, a pierwszym pomiarem:  
 $9,15 - 9,00 = 15 \text{ min.}$

2. Określamy stosunek mocy dawki drugiego i pierwszego pomiaru

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{55}{80} = 0,7$$

3. W tabeli nr 62 przy stosunku  $\frac{P_2}{P_1} = 0,7$  i przedziale czasu 15 min znajdujemy czas, jaki upłynął od momentu wybuchu do drugiego pomiaru i wynosi o 1 godz. Wobec czego wybuch jądrowy został wykonany o godz. 8.15 /9.15 - 1 godz. = 8.15/. Czas ten wykorzystuje się do innych obliczeń, przy których podstawą kalkulacji jest czas wykonania uderzenia jądrowego.

#### 9.3. Obliczanie dawek napromienienia stanu osobowego podczas działania w terenie skażonym

Dawki napromienienia jakie otrzymują żołnierze podczas działania w terenie skażonym ustalane są na podstawie wskazań indywidualnych dozymetrów, bądź też na podstawie przeprowadzanych obliczeń.

Z dużym przybliżeniem można określić dawki napromienienia poprzez pomnożenie średniej mocy dawki  $P_{\text{śr}}$  w rejonie działania pododdziału, przez czas ekspozycji  $t_{\text{eksp}}$

$$D = P_{\text{śr}} \cdot t_{\text{eksp}} \left[ \text{R} \right]$$

Do określenia średniej mocy dawek  $/P_{\text{śr}}/$  konieczne jest dokonywanie pomiarów przy pomocy rentgenometrów przez cały czas ekspozycji w różnych odstępach czasu. Średnia moc dawki będzie równa sumie poszczególnych pomiarów mocy dawki, podzielonej przez ilość pomiarów

$$P_{\text{śr}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \text{ R/h}$$

Im większa będzie częstotliwość pomiarów w danym punkcie, tym większa dokładność dawki napromienienia.

Zaleca się dokonywanie pomiarów mocy dawki w przedziałach czasu nie większych jak 30 min, jeżeli początek napromienienia nastąpił w okresie 30 minut od chwili wybuchu; przy rozpoczęciu napromienienia od 30 min do 1 godz od chwili wybuchu w przedziałach czasu nie większych od 1 - 1,5 godziny. Przedział czasu pomiędzy poszczególnymi pomiarami może być zwiększony do 2-3 godzin, jeżeli napromienienie żołnierzy rozpocznie się po upływie 3 godzin od chwili wybuchu.

Dawki napromienienia, jakie otrzymują żołnierze działający w terenie skażonym, mogą być obliczone wcześniej na podstawie pomiarów mocy dawki w rejonach działania wojsk przed ich wejściem do rejonu skażonego.

Przeprowadzenie takich wyliczeń możliwe jest przy znajomości: konkretnego położenia pododdziałów /na śladzie obłoku, w rejonie naziemnego lub powietrznego wybuchu od strony nawietrznej lub podwietrznej itp/; charakteru działania pododdziału /przebywanie w rejonie skażonym, pokonywanie terenu skażonego itp/; mocy dawki w terenie /bierze się pod uwagę średnią moc dawki w rejonie działania pododdziału ze wszystkich pomiarów sprowadzoną do jednolitego wspólnego czasu/; czasu wejścia do rejonu skażonego od chwili wybuchu jądrowego ( $t_w$ ) i czasu ekspozycji promieniowania ( $t_{\text{eksp}}$ ) oraz stopnia ochrony składu osobowego określonego współczynnikiem osłabienia dawki napromienienia przez ukrycia lub środki transportowe ( $k_{\text{osł}}$ ). Jeżeli czas wybuchu jest nieznany, możemy do ustalić posługując się tabelą 50.

### 9.3.1. Obliczanie dawek napromienienia stanu osobowego działającego w rejonie wybuchu jądrowego

Dawki napromienienia w rejonie wybuchu możemy obliczyć: dzieląc zmierzoną moc dawki po upływie 1 godz. od chwili wybuchu  $P_1$  przez współczynnik " $K_t$ ", którego wielkość wartości uzależniona jest od czasu wejścia do rejonu skażonego  $t_w$  i czasu ekspozycji  $t_{\text{eksp}}$ :

$$D = \frac{P_1}{k_t} [R]$$

Wartość współczynnika  $k_t$  dla rejonu wybuchu naziemnego od strony nawietrznej znajdujemy w tabeli 51, a rejonu niskiego powietrznego wybuchu z tabeli 52.

Moc dawki zmierzonej i sprowadzonej do jednej godziny po wybuchu lub na inną dowolną godzinę znajdujemy w tabeli 1.

Jeżeli skład osobowy działać będzie w środkach transportowych, względnie rozmieszczony będzie w ukryciach, to otrzymaną z wyliczeń dawkę napromienienia dzielimy przez współczynnik osłabienia dawki odpowiadający danemu środkowi transportu lub rodzajowi ukrycia. Współczynniki te zawarte są w tabeli 53.

Przykład 5: Obliczyć dawkę napromienienia jaką może otrzymać skład osobowy, działający w terenie skażonym, w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego, bez wykorzystywania ukryć, w którym zmierzona moc dawki po upływie 1 godz. od chwili wybuchu wynosi  $P_1 = 40$  R/h. Początek napromienienia - czas wejścia  $t_w = 3$  godz. od chwili wybuchu, a czas ekspozycji - do wyjścia z terenu skażonego  $t_{\text{eksp}}$  wynosi 2 godz.

Rozwiązanie:

W tabeli 51 dla  $t_w = 3$  godz. i  $t_{\text{eksp}} = 2$  godz. znajdujemy współczynnik  $k_t$  równy 1,4.

W ten sposób szukana dawka napromienienia wynosi

$$D = \frac{P_1}{k_t} = \frac{40}{1,4} = 29 \text{ R}$$

Dawki napromienienia w rejonie naziemnego wybuchu od strony zawietrznej obliczamy analogicznie jak na śladzie obłoku.

Tabela 51

Wartości współczynnika "k<sub>t</sub>" do określania dawek  
 napromienienia w rejonie nazijnego wybuchu od strony nawietrznej

Czas rozpo- częcia na- promieniowa w godz.	Czas ekspozycji t <sub>eksp</sub> w godz.											
	25	1	2	3	4	6	8	12	24	48	72	
0,5		0,77	0,55	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,22	0,18	0,17	
1	2,0	1,25	0,83	0,67	0,55	0,45	0,4	0,35	0,25	0,21	0,2	
2	3,35	2,5	1,25	1,0	0,77	0,6	0,5	0,45	0,31	0,25	0,23	
3	5,0	2,9	1,4	1,1	0,9	0,77	0,6	0,5	0,34	0,28	0,25	
4	6,7	3,35	2,0	1,4	1,1	0,9	0,7	0,55	0,4	0,31	0,27	
5	10	4,0	2,5	1,8	1,4	1,0	0,8	0,65	0,45	0,34	0,3	
6	14	5,0	2,9	2,2	1,65	1,2	0,9	0,7	0,48	0,36	0,32	
7	20	6,7	3,35	2,5	1,8	1,25	1,0	0,8	0,51	0,38	0,34	
8	22	7,7	4,0	2,7	2,0	1,35	1,1	0,83	0,55	0,4	0,36	
10	28	10	5,0	3,0	2,3	1,55	1,3	0,9	0,6	0,45	0,39	
12	33	11	5,5	3,2	2,2	1,8	1,4	1,0	0,67	0,5	0,43	
18	40	13	6,7	4,0	3,2	2,2	1,8	1,4	0,9	0,65	0,57	
24	50	20	10	6,7	5,0	4	2,9	2,0	1,3	0,8	0,7	
26	67	33	20	10	6,7	5	4,0	3,0	2,0	1,2	1,0	
48	100	50	33	20	13	10	6,7	5,0	2,5	1,65	1,2	

Wartości współczynnika "k<sub>t</sub>" do określania dawek napromienienia  
w rejonie niskiego powietrznego wybuchu

Czas rozpo- częcia na- promienio- wania t <sub>w</sub> w godz.	Czas ekspozycji t <sub>eksp</sub>										
	0,5	1	2	3	4	5	6	8	12	24	48
0,5	1,25	0,7	0,5	0,3	0,27	0,25	0,22	0,19	0,14	0,1	0,08
1	1,9	1,0	0,6	0,4	0,35	0,3	0,26	0,21	0,16	0,11	0,09
2	2,6	1,8	0,7	0,5	0,4	0,35	0,3	0,25	0,18	0,12	0,095
3	3,2	1,9	0,9	0,6	0,5	0,4	0,34	0,27	0,2	0,13	0,1
4	3,6	2,0	1,0	0,7	0,54	0,44	0,38	0,3	0,21	0,14	0,11
5	3,7	2,1	1,1	0,75	0,57	0,46	0,4	0,31	0,22	0,15	0,115
6	4,5	2,3	1,2	0,8	0,6	0,5	0,43	0,33	0,23	0,16	0,12
7	4,8	2,4	1,25	0,85	0,65	0,52	0,44	0,34	0,25	0,17	0,125
8	5,0	2,5	1,3	0,9	0,7	0,54	0,47	0,35	0,26	0,18	0,13
10	6,2	2,9	1,5	0,95	0,73	0,6	0,5	0,39	0,28	0,19	0,15
12	6,7	3,0	1,6	1,0	0,75	0,63	0,53	0,42	0,31	0,22	0,17
18	8,3	4,6	2,1	1,5	1,0	0,9	0,77	0,62	0,45	0,29	0,23
24	14,3	6,3	3,0	2,0	1,5	1,4	1,2	0,9	0,64	0,42	0,3
36	20,0	10	6,2	3,7	3,0	2,5	2,0	1,7	1,2	0,78	0,5
48	33,4	25	14,3	9,0	7,0	5,0	4,5	3,3	2,3	1,1	0,8

Tabela 53

Wartości współczynników osłabienia dawki  
napromienienia  $k_{ost}$  przez różnego rodzaju ukrycia

Rodzaj ukrycia lub środków transportu	$k_{ost}$
<u>Urządzenia fortyfikacyjne</u>	
Odkryte transzeje, okopy, szczeliny /skażone/	3
Odkryte transzeje, okopy, szczeliny /dezaktywowane/	20
Szczeliny przykryte	50 /200/
Ukrycia i schrony z wejściami zakrytymi	500 /5000/
<u>Środki transportowe</u>	
Samochody i autobusy	2
Transportery opancerzone	4
Czołgi	10
Platformy kolejowe	1,5
Wagony kolejowe, kryte	2
Wagony pasażerskie	3
Lokomotywy /zamknięte kabiny/	3
<u>Budynki przemysłowe i administracyjne</u>	
Budynki fabryczne parterowe	7
Budynki fabryczne i administracyjne trzypiętrowe	6
<u>Budynki mieszkalne-murowane</u>	
Parterowe	10
Piwnice	40
Jednopiętrowe	15
Piwnice	100
Dwupiętrowe	20
Piwnice	400
Trzypiętrowe	27
Piwnice	400
<u>Budynki mieszkalne-drewniane</u>	
Parterowe	2
Piwnice	7
Jednopiętrowe	8
Piwnice	12

Dawka napromienienia składu osobowego pododdziału piechoty zmot. lub czołgów, uwzględniająca czas ładowania na pojazdy, wyciągania kolumn i osiągnięcie gotowości do marszu w rejonie skażonym może być obliczona na podstawie wzoru:

$$D = \frac{P}{k_{\text{zał}}} [R],$$

gdzie: P - moc dawki w R/h w czasie załadowania składu osobowego;

$k_{\text{zał}}$  - współczynnik, uzależniony od warunków załadowania i rodzaju środków transportu. Jeżeli skład osobowy pododdziału znajduje się w terenie skażonym poza ukryciami przez 5 min /czas załadowania na środki transportu/ i przez 10 minut w środkach transportu /wyciąganie kolumn z rejonu rozmieszczenia/ współczynnik osłabienia  $k_{\text{zał}}$  będzie wynosił:

przy załadowaniu na czołgi	- 10
transportery opancerzone	- 8
samochody	- 4

Dawka napromienienia w czasie pokonywania rejonu naziemnego wybuchu jądrowego od strony nawietrznej wynosi

$$D = \frac{P \cdot K_R}{V \cdot K_{\text{osł}}} [R],$$

gdzie: P - moc dawki, zmierzona na drodze marszu w punkcie najbliższym punktu zerowego wybuchu, w momencie przechodzenia przez nią w R/h;

$K_R$  - współczynnik poprawkowy /tabela 54/;

V - prędkość marszu w km/godz;

$K_{\text{osł}}$  - współczynnik osłabienia dawki napromienienia dla środków transportowych.

Tabela 54

Wartość współczynnika  $K_R$  do określenia dawek napromienienia w czasie przekraczania rejonu naziemnego wybuchu od strony nawietrznej.

Minimalna odległość od punktu zerowego wybuchu w m	$K_R$	Minimalna odległość od punktu zerowego wybuchu w m	$K_R$	Minimalna odległość od punktu zerowego wybuchu w m	$K_R$
50	0,2	700	0,9	1800	1,7
100	0,3	800	1,0	2000	1,8
200	0,4	900	1,1	2200	1,9
300	0,5	1000	1,2	2400	2,1
400	0,6	1200	1,3	2600	2,2
500	0,7	1400	1,4	2800	2,25
600	0,8	1600	1,6	3000	2,35

### 9.3.2. Obliczanie dawek napromienienia stanu osobowego działającego na śladzie obłoku promieniotwórczego i w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego od strony zawietrznej

Dawki napromienienia na śladzie obłoku, a także w rejonie naziemnego wybuchu od strony zawietrznej, możemy obliczyć posługując się wzorem:

$$D = \frac{P_1}{K_{\text{eksp}} \cdot K_{\text{osł}}} \quad [R]$$

gdzie:  $P_1$  - mocne dawki w rejonie działania po upływie 1 godziny od chwili wybuchu w R/h;

$K_{\text{eksp}}$  - współczynnik zależności od czasu wejścia do czasu wyjścia z rejonu skażonego /czasu ekspozycji/ bierzemy z tabeli 55;

$K_{\text{osł}}$  - współczynnik osłabienia dawki napromienienia z tabeli 53.

Wartości współczynnika  $K_{\text{eksp}}$  dla obliczenia dawek napromienienia na śladzie obłoku i w rejonie naziemnego wybuchu od strony zawietrznej

Rozpoczęcie napromienienia /wejście/ od chwili wybuchu t w godz	Czas przebywania w terenie skażonym t <sub>eksp</sub> w godzinach											
	0,5	1	2	3	4	6	8	12	24	48	72	120
0,5												
1	1,5	0,85	0,62	0,55	0,48	0,43	0,4	0,35	0,31	0,3	0,28	0,25
2	2,5	1,5	1,0	0,82	0,72	0,61	0,55	0,5	0,41	0,4	0,35	0,32
3	5,2	3,0	1,7	1,3	1,2	0,92	0,82	0,7	0,58	0,5	0,48	0,4
4	8	4,5	2,6	1,8	1,5	1,3	1,2	0,9	0,7	0,6	0,54	0,45
5	11	6,0	3,3	2,3	2,0	1,5	1,3	1,2	0,8	0,65	0,6	0,5
6	14	7,5	4,0	3,0	2,4	1,8	1,5	1,3	0,9	0,72	0,66	0,56
7	17	9	5,0	3,5	2,8	2,1	1,7	1,5	1,0	0,8	0,7	0,6
8	20	11	6,0	4,2	3,2	2,5	2,0	1,6	1,2	0,85	0,8	0,65
9	22	12	6,7	4,8	3,8	2,8	2,2	1,7	1,3	0,9	0,82	0,7
10	25	14	7,7	5,5	4,2	3,1	2,4	1,8	1,4	0,98	0,88	0,72
12	30	15	8,7	6,2	5,0	3,5	2,7	2,0	1,5	1,0	0,92	0,8
18	33	17	10	7,2	5,8	4	3,2	2,5	1,6	1,2	1,0	0,85
24	50	32	17	12	9	6,8	5,0	3,7	2,2	1,5	1,3	1,0
36	75	45	22	16	12	9	6,8	5,0	3,0	1,7	1,5	1,2
48	120	70	35	25	18	15	10	7	4,0	2,3	2,0	1,5
160	95	48	36	27	20	15	10	7	5,3	3,0	2,5	1,8

Przykład 6: Obliczyć dawkę napromienienia, jaką może otrzymać skład osobowy na śladzie obłoku, przebywający w okopach skażonych przez 2 godz. Czas wejścia pododdziału do rejonu skażonego 3 godziny od chwili wybuchu. Moc dawki zmierzona w rejonie działania pododdziału - zmierzono w 1 godz. od chwili wybuchu - wynosi  $P_1 = 78 \text{ R/h}$ ;

Rozwiązanie: 1. W tabeli 55 znajdujemy wartość współczynnika  $K_{\text{eksp}} = 2,6$ .

2. W tabeli 53 znajdujemy współczynnik osłabienia, wynosi on  $K_{\text{osł}} = 3$ .

3. Szukana dawka równa się:

$$D = \frac{P_1}{K_{\text{eksp}} \cdot K_{\text{osł}}} = \frac{78}{2,6 \cdot 3} = 10 \text{ R}$$

Odpowiedź: Skład osobowy pododdziału rozmieszczony w okopach niedezaktywowanych, w czasie działania przez dwie godziny otrzyma dawkę 10 R.

Dawki napromienienia podczas pokonania stref skażeń promieniotwórczych /marsz w strefie skażeń/ oblicza się na podstawie średniej mocy dawek na drodze marszu. W tym przypadku czas marszu przez strefę skażeń oblicza się ze stosunku

$$t_{\text{eksp}} = \frac{L}{V} \text{ w godz.}$$

gdzie: L - długość drogi marszu w strefie skażeń wyrażona w km;

V - prędkość marszu w km/godz.

Przykład 7: Patrol rozpoznania skażeń na samochodzie dokonał pomiarów mocy dawki na drodze marszu: w punkcie nr 1 -  $P_1 = 8 \text{ R/h}$ ; w punkcie nr 2 -  $P_2 = 22 \text{ R/h}$ ; w punkcie nr 3 -  $P_3 = 3 \text{ R/h}$ .

Patrol pokonał strefę skażeń w ciągu 1 godziny  $t_{\text{eksp}} = 1 \text{ godz.}$  Obliczyć dawkę otrzymaną przez skład osobowy patrolu.

Rozwiązanie:

1. Średnia moc dawki na drodze marszu

$$P_{\text{śr}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3} = \frac{8 + 22 + 3}{3} = 11 \text{ R/h}$$

2. W tabeli 53 znajdujemy  $K_{\text{osk}} = 2$ .

3. Dawka otrzymana przez skład osobowy patrolu będzie wynosić:

$$D = \frac{P_{\text{śr}} \cdot t_{\text{eksp}}}{K_{\text{osk}}} = \frac{11 \cdot 1}{2} = 5,5 \text{ R}$$

### 9.3.3. Określanie dopuszczalnego czasu rozpoczęcia działania /czasu działania/ wojsk w terenie skażonym

W celu zapewnienia bezpieczeństwa żołnierzy w pododdziałach /oddziałach/ działających w strefach skażeń, dokonuje się szeregu zabiegów zmniejszających zagrożenie napromienieniem poniżej dopuszczalnych norm.

Jednym z takich zabiegów, skutecznie zmniejszającym dawki napromienienia jest skrócenie /ograniczenie/ czasu działania /przebywania/ w terenie skażonym, jak również wykorzystanie nie podczas przekraczania lub czasie działania w terenie skażonym, właściwości ochronnych urządzeń obronnych i środków transportu, obniżających dawkę napromienienia oraz odczekanie do czasu spadku mocy dawki w ukryciach zabezpieczających przed promieniowaniem lub w terenie nieskażonym.

Podjęcie właściwych zabiegów ochronnych, przy uwzględnieniu konkretnej sytuacji i warunków wykonania zadań bojowych, niezbędna jest umiejętność określania dopuszczalnego czasu działania składu osobowego pododdziałów /oddziałów/ w terenie skażonym, czasu rozpoczęcia działania lub rozpoczęcia dowolnych prac /wyjście ze strefy skażeń, przekraczanie strefy skażeń, lądowanie desantu, likwidacja skutków uderzeń jądrowych, budowa mostów itp/, biorąc za podstawę ustaloną dla danego działania dopuszczalną dawkę napromienienia.

Dopuszczalny czas działania w terenie skażonym  $t_{\text{eksp}}$  może być obliczony jeżeli posiadamy dane o mocy dawki w interesującym nas rejonie, w dowolnym czasie  $P_t$  od chwili wybuchu; na osi śladu przy pomocy tabeli 55, w rejonie wybuchu przy pomocy tabeli 54 i 52.

Przykład 6: Określić dopuszczalny czas przebywania pododdziału na śladzie obłoku w dezaktywowanych okopach. Dawka otrzymana przez skład osobowy nie powinna przewyższać 10 R. Skażenie rejonu nastąpiło po upływie 30 minut od chwili wybuchu, a moc dawki  $P_{0,5}$  wynosiła 100 R/h.

Rozwiązanie:

1. Przy pomocy tabeli 49 określamy moc dawki po upływie 1 godz od wybuchu:

$$P_1 = \frac{100}{2.3} = 44 \text{ R/h}$$

2. W tabeli 53 znajdujemy  $K_{osł}$  dla dezaktywowanych okopów =20.
3. Obliczamy współczynnik ekspozycji  $K_{eksp}$

$$K_{eksp} = \frac{P_1}{D \cdot K_{osł}} = \frac{44}{10 \cdot 20} = 0,22$$

4. W tabeli 55 odszukujemy wartość 0,5 godz. rozpoczęcia napromienienia od chwili wybuchu oraz zbliżoną do współczynnika ekspozycji  $K_{eksp} = 0,22$  wartość, wynosi ona 0,25. Odczytujemy dopuszczalny czas przebywania, który wynosi 120 godz.

Dopuszczalnym czasem rozpoczęcia działania przez pododdziały lub wykonania dowolnych prac w terenie skażonym  $t_w$  - nazywamy czas od chwili wybuchu, po upływie którego skład osobowy działając w terenie skażonym nie otrzyma dawki napromienienia wyższej od ustalonej /dopuszczalnej/. Czas ten określa się przy pomocy tabeli 51 i 52 dla rejonu wybuchu i 55 dla śladu opadu pyłu promieniotwórczego.

Przykład 8:

Określić po jakim czasie od chwili wybuchu można rozpocząć ewakuację uszkodzonego sprzętu, znajdującego się na śladzie opadu, ażeby kierowcy ciągników, pracujący przez 2 godz. nie otrzymali dawki napromienienia wyższej niż 5 R. Rozpoznanie skażeń ustaliło średnią moc dawki w rejonie prac 50 R/h po 30 minutach od chwili wybuchu.

Rozwiązanie:

1. Przy pomocy tabeli 49 określamy moc dawki po upływie 1 godziny od chwili wybuchu:

$$P_1 = \frac{50}{2,3} = 22 \text{ R/h}$$

2. Obliczamy wielkość współczynnika  $K_{\text{eksp}}$ :

$$K_{\text{eksp}} = \frac{P_1}{D \cdot K_{\text{eksp}}} = \frac{22}{5 \cdot 2} = 2,2$$

3. W tabeli 55 wartości  $K_{\text{eksp}} = 2,2$  i  $t_{\text{eksp}} = 2$  co odpowiada czasowi wejścia  $t_w = 2,5$  godz.

Odpowiedź:

Uwzględniając założone w zadaniu warunki, ewakuację sprzętu z rejonu skażonego można rozpocząć w przybliżeniu po upływie 2,5 godz. od chwili wybuchu.

Określenie dopuszczalnego czasu rozpoczęcia przekroczenia rejonu skażonego  $t_{\text{rozp}}$  powinno być poprzedzone rozpoznaniem skażeń na drodze marszu. Patrol rozpoznania skażeń dokonuje pomiarów mocy dawki w szeregu punktach wzdłuż drogi marszu i określa czas jaki upłynął od momentu wybuchu do przekroczenia środka strefy skażeń  $t_{\text{sr}}$  przez patrol. Na podstawie pomiarów mocy dawek /patrz przykład 5/ lub wskazań indywidualnych dozymetrów określa się dawkę napromienienia  $D$ , otrzymaną przez skład osobowy patrolu.

Na podstawie tych danych i określeniu dopuszczalnej dawki napromienienia  $D_{\text{dop}}$ , możemy określić dopuszczalny czas przekroczenia środka rejonu skażonego przez czoło kolumny, posługując się stosunkiem  $t_{\text{sr dop}} = t_{\text{sr}} \cdot K_D$ , gdzie  $K_D$  w zależności od stosunku  $D/D_{\text{dop}}$  możemy określić na podstawie poniższej tabeli:

Tabela 56

$D/D_{\text{dop}}$	$K_D$	$D/D_{\text{dop}}$	$K_D$	$D/D_{\text{dop}}$	$K_D$
1	2	3	4	5	6
0,1	0,15	2,0	1,85	7	5,2
0,2	0,27	2,5	2,3	8	5,9
0,3	0,37	3,0	2,55	9	6,5
0,4	0,47	3,5	3,0	10	7,0

1	2	3	4	5	6
0,5	0,6	4,0	3,3	15	10
0,6	0,7	4,5	3,7	20	13
0,8	0,85	5,0	4,0	30	18
1,0	1,0	5,5	4,3	4,0	22
1,5	1,45	6,0	4,6	50	27

Czas rozpoczęcia przekraczania  $t_{\text{rozp}}$  obliczamy, biorąc pod uwagę odległość czoła kolumny od środka strefy skażeń /oś śladu/ oraz prędkość marszu kolumny.

Przykład 9: Określić czas rozpoczęcia przekraczania strefy skażeń po naziemnym uderzeniu jądrowym  $t_{\text{wej}}$  kolumny na samych chodach z prędkością  $V = 20$  km/godz, ażeby dopuszczalna dawka napromienienia ludzi nie przewyższała  $D_{\text{dop}} = 10$  R. Patrol rozpoznania skażeń działając na transporterze opancerzonym  $K_{\text{osł}} = 4$  otrzymał dawkę  $D = 13$  R, przekraczając środek strefy /oś śladu/  $t_{\text{śr}} = 3$  godz. od chwili wybuchu. Odległość czoła kolumny od środka strefy skażeń /oś śladu/ wynosi  $L = 40$  km.

Rozwiązanie:

1. Obliczamy stosunek  $D/D_{\text{dop}}$  uwzględniając fakt, że dawka w samochodzie jest dwukrotnie wyższa niż w transporterze opancerzonym, to znaczy

$$D = 13 \cdot 2 = 26 \text{ R}$$

czyli

$$\frac{D}{D_{\text{dop}}} = \frac{26}{10} = 2,6$$

2. Z tabeli 56 znajdujemy wartość  $K_D$  odpowiadającą stosunkowi  $D/D_{\text{dop}} = 2,6$ , wynosi ona 2,3.
3. Obliczamy dopuszczalny czas rozpoczęcia przekraczania  $t_{\text{śr dop}}$ ; zgodnie ze wzorem:

$$t_{\text{śr dop}} = t_{\text{śr}} \cdot K_D = 3 \cdot 2,3 = 7 \text{ godz.}$$

to znaczy, że czoło kolumny może przekroczyć środek strefy

/oś śladu/ nie wcześniej jak po upływie 7 godz. od chwili wybuchu, w rezultacie którego nastąpiło skażenie.

4. Obliczamy czas niezbędny na pokonanie przez kolumnę odległości od jej czoła do środka strefy skażeń /osi śladu/, wynosi on

$$t = \frac{L}{V} = \frac{40}{20} = 2 \text{ godz.}$$

5. Obliczamy czas rozpoczęcia marszu kolumny  $t_{\text{rozp}}$ :

$$t_{\text{rozp}} = t_{\text{śrdop}} - \frac{L}{V} = 7 - 2 = 5 \text{ godz. od chwili wybuchu.}$$

Odpowiedź: Kolumna samochodowa znajdująca się w odległości 40 km od środka strefy skażeń /osi śladu/ maszerująca z prędkością 20 km/godz. może rozpocząć marsz po upływie 5 godzin od chwili wybuchu jądrowego i nie przekroczy dopuszczalnej dawki 10 R.

#### 9.4. Nanoszenie na mapę /szkic/ granic stref A,B,C na podstawie danych z rozpoznania skażeń

Granice strefy skażeń A,B i C na podstawie konkretnych pomiarów mocy dawki w różnych punktach rejonu skażonego przez pododdziały rozpoznania skażeń możemy określić w sposób następujący:

1. Moce dawki, zmierzone w różnym czasie od chwili wybuchu, sprowadzamy do wspólnego czasu, posługując się tabelą 49 i wpisujemy je na mapę w punktach pomiaru.
2. Na podstawie tabeli nr 19 "Metodyki oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych" określamy moce dawki, jakie będą na granicy stref A,B i C w danym czasie.
3. Punkty pomiaru na mapie /szkicu/, których moc dawki odpowiada lub zbliżona jest do mocy dawek na granicach stref A,B,C łączymy ciągłą linią krzywą.

Przykład 10: Określić granice stref skażeń A,B i C na śladzie opadu po naziemnym wybuchu jądrowym, jeżeli rozpoznanie skażeń wykazało moc dawki: w punkcie E po upływie 30 minut od chwili wybuchu - 20 R/h; w punkcie F po 1 godz. - 75 R/h; w punkcie G 1,5 godz. - 50 R/h; w punkcie H po 2 godz. - 2,5 R/h.

Rozwiązanie:

1. Sprowadzamy moce dawek wszystkich pomiarów do wspólnej 1 godz od chwili wybuchu, posługując się tabelą 49. Moc dawki będzie wynosić w punkcie:

$$E - \frac{20}{2,3} = 9 \text{ R/h}$$

$$F - \frac{75}{1} = 75 \text{ R/h}$$

$$G - \frac{50}{0,61} = 81 \text{ R/h}$$

$$H - \frac{2,5}{0,43} = 6 \text{ R/h}$$

2. Na podstawie tabeli 19 "Metodyki oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych" określamy moc dawki po upływie 1 godziny od chwili wybuchu na granicach stref A, B i C, wynoszą one odpowiednio 8, 80 i 240 R/h.
3. Łączymy punkty E i H z mocą dawek zbliżoną do 8 R/h krzywą kolorem niebieskim i otrzymujemy granicę strefy A. Następnie łączymy krzywą koloru zielonego punkty F i G odpowiadające mocy dawki zbliżonej do 80 R/h granicy strefy B. Punktów o mocy dawki 240 R/h nie stwierdzono, a więc brak strefy C.

## 10. OCENA SYTUACJI SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH NA PODSTAWIE PROGNOZOWANIA

Prognozowanie sytuacji skażeń promieniotwórczych polega na obliczeniu metodą obliczeń prawdopodobnej wielkości stref skażeń i ich położenia w terenie. Do prognozowania wykorzystuje się przybliżone zależności charakteru i stopnia skażenia od różnorodnych czynników /moc wybuchu, prędkości i kierunku średniego wiatru, czas jaki upłynął od chwili wybuchu, odległość od punktu zerowego itp/.

W pododdziałach z zasady nie prowadzi się prognozowania skażeń, istnieją tam możliwości oceny sytuacji skażeń na podstawie rzeczywistych pomiarów. W oddziałach, a zwłaszcza związkach prognozowanie może być prowadzone przy wykorzystaniu tabel i różnego rodzaju linijek, jeżeli znane będą dane o: czasie, miejscu, mocy i rodzaju wybuchu oraz prędkości i kierunku średniego wiatru.

Dokładność prognozowania promieniotwórczego skażenia terenu jest niewielka. Wynika to przede wszystkim z błędów powstających przy określaniu mocy wybuchu, kierunku i prędkości średniego wiatru na dużych wysokościach. Dlatego dane uzyskane z prognoz powinny obowiązkowo być udokładniane przez rozpoznanie skażeń.

Prognozowanie rozmiarów stref i stopnia skażenia, przeprowadza się na podstawie tabel zawartych w "Metodyce oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych".

Na podstawie zawartych w nich tabel nanosi się na mapę strefy A, B i C przy pomocy szablonów lub odręcznie. Przy odręcznym wrysowaniu stref skażeń porządek działania jest następujący:

- oznacza się punkty zerowe wybuchów z opisem zawierającym: moc, rodzaj i dokładny czas wybuchu;
- od każdego punktu zerowego wykreśla się zgodnie z kierunkiem średniego wiatru prostą określającą oś opadu;
- na osi oznacza się zasięg stref A, B i C i równoległe do osi punkty określające szerokość stref, uwzględniając przy tym skalę mapy;

- punkty charakteryzujące długość i szerokość każdej strefy łączymy płynną elipsoidalną linią, przerywając ją jeżeli granice przyległych stref nakładają się na siebie. Strefy wrysowujemy w kolejności od najmniejszej do największej, czyli od strefy C do A;

Jeżeli grupa wybuchów została wykonana w czasie nie większym niż 2 godz. przykrywające się ślady opadu pyłu promieniotwórczego odnoszą się do stref powstających jednocześnie. W takim przypadku za czas powstawania stref skażeń zaleca się przyjmować czas wykonania wybuchów jądrowych, które spowodowały powstanie największych stref C i B. Jeżeli czas wykonania uderzeń przewyższa 2 godziny, strefy skażeń należy nanosić oddzielnie dla każdej grupy wybuchów.

#### 10.1. Określenie dawek napromienienia, jakie może otrzymać stan osobowy w czasie działania w terenie skażonym

Dawki napromienienia podczas /przebywania/ działania w strefach skażeń promieniotwórczych A i B oraz na granicy strefy C w rejonie wybuchu lub na śladzie opadu określa się na mapie z wrysowanymi strefami A, B i C posługując się tabelami nr 21, 22 i 23 zawartymi w "Metodyce oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych".

Przykład 11. Określić dawkę napromienienia jaką może otrzymać skład osobowy bpzmot, jeżeli przebywa on przez okres jednej godziny, w niedeaktywowanych okopach w rejonie środka strefy B i jej zewnętrznej granicy.

Rozwiązanie:

1. Z tabeli 22 znajdujemy dawkę dla środka strefy B i na jej zewnętrznej granicy: wynosi ona 170 R i

$$D = \frac{170}{1,7} = 100 \text{ R}$$

2. Szukamy średniej dawki dla bpzmot

$$D = \frac{170 + 100}{2} = 135 \text{ R}$$

3. Dawka napromienienia przy uwzględnieniu właściwości ochronnych niedeaktywowanych okopów  $/K_{osk} = 3/$

$$D = \frac{135}{3} = 45 \text{ R}$$

Odpowiedź: bpzmot podczas działania w terenie skażonym otrzyma dawkę 135 R.

10.2. Określenie dawek napromienienia jakie może otrzymać stan osobowy w czasie ładowania się na środki transportowe w terenie skażonym i przekraczania stref skażeń względnie rejonu naziemnego /podziemnego/ wybuchu jądrowego od strony nawietrznej

Dawki napromienienia otrzymane w czasie załadowania na środki transportowe bpzmot w celu wyjścia z rejonu skażonego możemy określić na podstawie tabeli 57.

Podczas marszu w strefach A i B w dół osi śladu, względnie pod kątem mniejszym niż  $45^{\circ}$  oraz podczas marszu wzdłuż granicy strefy C dawki napromienienia określamy z mapy, na której naniesiono sytuację skażeń, posługując się tabelami 21, 22 i 23 /Metodyki/.

Podczas przekraczania stref skażeń prostopadle lub pod kątem  $45^{\circ}$  do osi śladu, dawki napromienienia oblicza się posługując się tabelą 42 /Metodyki/.

Przy przekraczaniu stref skażeń powstałych po wykonaniu większej ilości wybuchów w różnym czasie, dawki napromienienia obliczamy dla każdego wybuchu oddzielnie, a uzyskane wyniki sumujemy.

Jeżeli strefa skażeń ukształtowała się w rezultacie nałożenia się śladów po różnych wybuchach, których czas wykonania nie przekracza 30 minut, obliczanie dawek napromienienia prowadzi się w sposób następujący:

- obliczamy odległość od punktu zerowego. każdego wybuchu do punktu przecięcia się drogi marszu z osią śladu;
- wrysowujemy umowną średnią oś dla wszystkich śladów i określamy czas jej przekroczenia /od chwili wybuchu/ czokem kolumny;
- przy pomocy tabeli nr 42 /Metodyki/ określamy dawki napromienienia przy przekraczaniu osi śladu dla każdego wybuchu i sumujemy je;

- sumę dawek mnożymy przez współczynnik zawarty w załączniku do tabeli 42 /Metodyka/, uwzględniający rodzaj transportu i czas jaki upłynie od chwili wybuchu do przekroczenia umownej średniej osi przez czoło kolumny.

Tabela 57

Dawki napromienienia w R otrzymane przez żołnierzy w czasie załadunku na środki transportowe:

Czas rozpoczęcia załad. od chwili wybuchu	Strefa C			Strefa B			Strefa A		
	na samo- chody	na trans- portery opancerz.	do czoł- gów	na samo- chody	na trans- portery opancerz.	do czoł- gów	na samo- chody	na trans- portery opancerz.	do czoł- gów
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,5	63	48	38	37	27	22	7	5	4
1,0	33	25	20	19	15	12	3	3	2
1,5	27	20	16	15	18	9	3	2	2
2	17	12	10	10	8	6	2	2	1
3	12	9	7	7	5	4	1	1	-
4	8	6	5	5	4	3	1	-	-
5	6	5	4	3	3	2	-	-	-
6	5	4	3	3	2	2	-	-	-
8	4	3	2	2	2	1	-	-	-
10	3	2	2	2	1	1	-	-	-
12	2	2	1	1	1	1	-	-	-
14	2	1	1	1	1	-	-	-	-
16	2	1	1	1	-	-	-	-	-
18	1	1	1	-	-	-	-	-	-
20	1	1	1	-	-	-	-	-	-
22	1	1	-	-	-	-	-	-	-
24	1	1	-	-	-	-	-	-	-

Uwaga: Tabela sporządzona dla następujących warunków: żołnierze przez 5 minut znajdują się poza ukryciami /załadunkiem/ i 10 minut w środkach transportu /wyciąganie kolumn/.

Przykład 12:

Obliczyć dawki napromienienia, jakie otrzyma skład osobowy w czasie przekraczania strefy skażeń powstałej w rezultacie trzech naziemnych uderzeń jądrowych wykonanych w przeciągu 30 minut, przy średniej prędkości wiatru 25 km/godz. Pododdział przekracza strefę skażeń na transporterach opancerzonych z prędkością 15 km/godz. Czoło kolumny przekroczy średnią oś - wszystkich śladów w przybliżeniu po upływie 2 godz. od chwili wybuchu.

1. Droga marszu jest prostopadła do osi poszczególnych śladów i przecina je: wybuch 10 kt - 4 km od punktu zerowego, 30kt - 8 km, 10 kt - 8 km.

Rozwiązanie:

1. Z tabeli 42 str. 114 /Metodyka/ określamy dawki napromienienia w punkcie przecięcia drogi marszu z osią śladu każdego wybuchu:

$$D_1 = 1,2 \text{ R}; D_2 = 2 \text{ R}; D_3 = 0,7 \text{ R}$$

2. Dawka sumaryczna wynosi:

$$D = 1,2 + 2 + 0,7 = 4 \text{ R}$$

3. Z załącznika do tabeli 42 bierzemy współczynnik uwzględniający czas i rodzaj środków transportu

$$D = 4 \cdot 3,5 \cdot \frac{20}{15} = 19 \text{ R}$$

Odpowiedź: Dawka napromienienia składu osobowego kolumny podczas przekraczania strefy skażeń wynosi 19 R.

Dawki napromienienia otrzymane w czasie pokonywania rejonu naziemnego wybuchu jądrowego od strony nawietrznej obliczamy posługując się tabelą 58.

Tabela 58

Dawki napromienienia w R otrzymane przez skład osobowy w czasie pokonywania rejonu naziemnego uderzenia jądrowego o mocy 1 kt po upływie 1 godz. od chwili wybuchu na samochodach  $/K_{osł} = 2/$  z prędkością  $V = 20$  km/godz.

Minimalna odległość od punktu zerowego w m	50	100	150	200	300	500	700	1000	1400	1800	2000
Dawka napromienienia w R	2,8	1,2	0,7	0,38	0,15	0,03	0,007	0,001	0,00016	0,000026	0,000012

- Uwaga: - 1. Dla czasów przekraczania różniących się od 1 godz. do chwili wybuchu, wielkość dawek podanych w tabeli należy pomnożyć przez współczynnik dla danego czasu zawarty w tabeli 49 /punkt a/.
2. Przy innych prędkościach marszu i innych współczynnikach osłabienia dawek, tabelaryczną dawkę należy pomnożyć przez wielkość obliczoną ze stosunku

$$D = \frac{20 \cdot 2}{V \cdot K_{osł}} \cdot D_{tab}$$

3. Tabela jest opracowana dla dawek po wybuchu 1 kt. Aby obliczyć dawkę dla innych mocy należy pomnożyć daną tabelaryczną dawkę przez wielkość wyrażającą moc wybuchu w kilotonach.

$$D = D_{tab} \cdot q \quad /q \text{ w tysiącach ton/}$$

#### Przykład 13:

Obliczyć dawkę napromienienia jaką otrzyma skład osobowy w czasie przekraczania na transporterach opancerzonych rejonu naziemnego uderzenia jądrowego od strony nawietrznej.

Moc wybuchu 50 kt; minimalna odległość drogi marszu od punktu zerowego wybuchu 500 m; rozpoczęcie przekraczania po 30 minutach od chwili wybuchu; średnia prędkość marszu  $V = 15$  km/godz.

#### Rozwiązanie:

1. Z tabeli 58 znajdujemy dawkę napromienienia dla mocy 1 kt i wynosi ona  $D = 0,03$  R. Wobec tego dla 50 kt wynosić będzie:

$$D = 0,03 \cdot 50 = 1,5 \text{ R}$$

2. Zgodnie z uwagą 1 z tabeli 58 znajdujemy dawkę na czas 30 minut od chwili wybuchu, posługując się tabelą nr 49 i wynosi ona

$$D = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ R}$$

3. Zgodnie z uwagą 2 z tabeli 58 uwzględniamy współczynnik osłabienia i prędkość marszu

$$D = 3 \cdot \frac{20 \cdot 2}{V \cdot K_{osł}} = \frac{3 \cdot 40}{15.4} = 2 \text{ R}$$

Prawdopodobne straty składu osobowego obliczamy podobnie jak i na podstawie danych rozpoznania skażeń. poprzez porównanie obliczonych dawek napromienienia z danymi zawartymi w tabeli 47, 48.

### 10.3. Określanie dopuszczalnego czasu przebywania stanu osobowego w rejonie wybuchu lub na śladzie obłoku promienio - twórczego

Określenie dopuszczalnego czasu przebywania składu osobowego w terenie skażonym w rejonie wybuchu lub na śladzie opadu  $t_{eksp}$  oraz dopuszczalnego czasu rozpoczęcia działań/prowadzenia prac/,  $t_{wej}$  przeprowadza się po naniesieniu na mapę stref skażeń A, B i C na podstawie danych z tabeli nr 21, 22 i 23 Metodyki.

#### Przykład 14:

Obliczyć, jak długo może działać pododdział na transporterach opancerzonych w rejonie znajdującym się na wewnętrznej granicy strefy B, ażeby dopuszczalna dawka napromienienia nie przekraczała 20 R. Czas wejścia pododdziału do rejonu skażonego po upływie 4 godz. od chwili wybuchu.

#### Rozwiązanie:

1. Dopuszczalną dawkę napromienienia mnożymy przez współczynnik osłabienia dla transporterów opancerzonych  $k_{osł} = 4$

$$D_{dop} = 20 \cdot 4 = 80 \text{ R}$$

2. Zgodnie z uwagą w tabeli 22 Metodyki, znalezionej dawkę mnożymy przez współczynnik 1,7

$$80 \cdot 1,7 = 136 R$$

3. W tabeli 22, czas przebywania /przy  $t_{wej} = 4$  godz. i  $D = 136 R$ / w przybliżeniu wynosi 11 godz.

Dopuszczalny czas  $t_{wej}$  rozpoczęcia pokonywania stref skażeń bez nanoszenia ich na mapę, obliczamy posługując się tabelą 42.

#### Przykład 15:

Obliczyć dopuszczalny czas rozpoczęcia pokonywania strefy skażeń, powstałej po naziemnym wybuchu o mocy 300 kt, w odległości 20 km od punktu zerowego, po drodze marszu prostopadłej do osi śladu, na transporterach opancerzonych z prędkością 20 km/godz. Prędkość średniego wiatru 50 km/godz. Oddalenie czoła kolumny od osi śladu około 30 km.

#### Rozwiązanie:

1. Zgodnie z tabelą 42 Metodyki dawka napromienienia dla założonych warunków wynosi 7,3.
2. Stosunek dopuszczalnej dawki tabelarycznej wynosi:

$$\frac{D_{dop}}{D_{tab}} = \frac{10}{7,3} = 1,4$$

3. W załączniku do tabeli 42 /str. 114/ wielkość 1,4 znajduje się pomiędzy 1,5 i 1,1, wielkościom tym odpowiada w przybliżeniu czas 4,5 godziny.
4. Przy prędkości marszu 20 km/godz. kolumna pokona odległość do osi śladu /30 km/ za

$$t = \frac{30}{20} = 1,5 \text{ godz.}$$

#### Odpowiedź:

Zgodnie z wyliczeniem, w założonych warunkach kolumna może rozpocząć marsz nie wcześniej niż

$$4,5 - 1,5 = 3 \text{ godziny od chwili wybuchu.}$$

Dopuszczalny czas rozpoczęcia pokonywania strefy skażeń powstałej w rezultacie większej ilości naziemnych wybuchów ją-

drowych, obliczamy posługując się tabelą 42 Metodyki, w taki sam sposób, jak dla pojedynczego wybuchu. Jednakże, należy w pierwszej kolejności określić sumę dawek dla wszystkich wybuchów, a współczynnik czasu będzie określony dla czasu przekroczenia czołem kolumny środka całej strefy skażeń.

Przykład 16:

Obliczyć czas rozpoczęcia pokonywania strefy skażeń, powstałej w rezultacie trzech naziemnych wybuchów jądrowych o mocy 50, 100 i 300 kt, przez pododdział czołgów.

Prędkość marszu 15 km/godz. Dopuszczalna dawka napromienienia

10 R. Odległość czoła kolumny od środka strefy skażeń 45 km.

Prędkość średniego wiatru 100 km/godz.

Odległość drogi marszu od punktu zerowego wybuchu, kąt przekroczenia i czas wybuchu wynoszą:

$$50 \text{ kt} - 14 \text{ km pod kątem } 45^\circ - 5.20$$

$$100 \text{ kt} - 20 \text{ km pod kątem } 45^\circ - 5.30$$

$$300 \text{ kt} - 30 \text{ km pod kątem } 90^\circ - 5.00$$

Rozwiązanie:

1. W tabeli 42 Metodyki odnajdujemy dawki jakie mogą otrzymać załogi

- 50 kt pod kątem  $45^\circ$

$$D_1 = 1,3 \cdot 1,5 = 2 \text{ R}$$

- 100 kt pod kątem  $45^\circ$

$$D_2 = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ R}$$

- 300 kt pod kątem  $90^\circ$  - 4,5 R

2. Suma dawek równa jest

$$D = 3 + 2 + 4,5 = 9,5 \text{ R}$$

3. Dawka po uwzględnieniu prędkości marszu

$$D = 9,5 \cdot \frac{20}{15} = 12,6 \text{ R}$$

4. Stosunek dopuszczalnej dawki do obliczonej

$$\frac{D_{\text{dop}}}{D} = \frac{10}{12,6} = 0,8$$

5. W załączniku do tabeli 42 wielkość 0,8 dla czołgów mieści się pomiędzy 0,6 a 1 i odpowiada w przybliżeniu czasowi rozpoczęcia przekraczania terenu skażonego 3,5 godz. od chwili wybuchu.

Czas wybuchu możemy przyjąć jako średni pomiędzy 5,00 i 5,30 czyli 5,15. Czoło kolumny może przekroczyć środek strefy nie wcześniej niż o godz:

$$5,15 + 3,30 = 8,45$$

6. Odległość 45 km kolumna przejdzie za

$$t = \frac{45}{15} = 3 \text{ godziny}$$

Wobec czego kolumna może rozpocząć marsz nie wcześniej niż po  $3,5 - 3 = 0,5$  godz. po wykonaniu uderzeń, to jest

$$5,15 + 0,30 = 5,45$$

W przypadku kiedy droga marszu prowadzi w dół osi śladu lub kierunku zbliżonym do równoległej, dopuszczalny czas rozpoczęcia przekraczania strefy skażeń od chwili wybuchu /czas przekroczenia granicy strefy A/  $t_{wejt}$  można orientacyjnie określić wg następujących wzorów:

- podczas marszu od najdalszej granicy strefy A w kierunku punktu zerowego:

$$t_{wejt} = \frac{L_A}{V} /n-1/ \text{ godz.}$$

/w wypadku, gdy jest mniejsze od 1 godziny przekraczanie może rozpocząć się bezpośrednio po wybuchu/;

- podczas marszu od punktu zerowego do najdalszej granicy strefy A:

$$t_{wejt} = \frac{L_A \cdot n}{V} \text{ godz.}$$

gdzie:  $L_A$  - długość strefy A /określa się przy pomocy tabeli 14 Metodyki/; jeżeli prędkość średniego wiatru jest większa niż 50 km/godz, to  $L_A$  określa się dla prędkości średniego wiatru 50 km/godz;

$n$  - współczynnik poprawkowy wzięty z tabeli 59;

$V$  - średnia prędkość marszu w km/godz.

Wartości współczynnika  $n$  do określenia dopuszczalnego czasu rozpoczęcia pokonywania stref skażeń równoległe do osi śladu.

Dopuszczalna dawka napromienienia w R	Marsz od najdalszej granicy strefy A w kierunku rejonu wybuchu			Marsz od rejonu wybuchu w kierunku najdalszej granicy A		
	na samochodach	na transportach	w czolgach	na samochodach	na transportach	w czolgach
5	5	3	1,5	4,8	2,6	1
10	3	1,8	1,1	2,6	1,5	0,5
15	1,8	1,2	0,7	1,3	0,7	0,2
20	1,1	0,9	0,4	0,5	0,25	0,04

#### Przykład 17:

Obliczyć dopuszczalny czas rozpoczęcia przekroczenia granicy strefy A podczas marszu pododdziału na samochodach ze średnią prędkością 30 km/godz, w pobliżu i równoległe do osi śladu po naziemnym wybuchu jądrowym o mocy 20 kt. Wiatr w tym momencie od strony przeciwnika, przeciwny do kierunku ruchu pododdziału, ze średnią prędkością 25 km/godz. Dopuszczalna dawka napromienienia za okres przekraczania strefy  $D_{dop} = 10$  R.

#### Rozwiązanie:

1. W tabeli 14 Metodyki odnajdujemy długość strefy A  $/L_A/$  przy wybuchu 20 kt i przy średnim wietrze o prędkości 25 km/godz. Wynosi ona  $L_A = 58$  km.
2. W tabeli 59 znajdujemy wartość współczynnika  $n$ . Dla założonych danych wynosi on  $n = 3$ .
3. Obliczamy dopuszczalny czas rozpoczęcia przekroczenia zewnętrznej granicy strefy A od chwili wybuchu

$$t_{wejt} = \frac{L_A}{V} / n - 1/ = \frac{58}{30} / 3 - 1/ = 4 \text{ godz.}$$

Przykład 17:

Obliczyć dopuszczalny czas rozpoczęcia przekraczania granicy strefy A od momentu wybuchu przy wietrze zgodnym z ruchem wojsk. Pozostałe dane, jak w przykładzie nr 16.

Rozwiązanie:

1. W tabeli 59 znajdujemy wartość współczynnika n. Przy założonych warunkach wynosi on  $n = 2,6$ .
2. Według wzoru obliczamy dopuszczalny czas rozpoczęcia przekroczenia granicy strefy A od chwili wybuchu:

$$t_{\text{wej}} = \frac{L_A \cdot n}{V} = \frac{58 \cdot 2,6}{30} = 5 \text{ godz.}$$

OPRACOWAŁ:

płk dr Stefan MICHALAK  
mjr mgr.inż. R. MROCZYŃSKI

Wykonano w 200 egz.

Egz.nr 1-200 bibl.tajna  
Wyk. płk Michalak, mjr Mroczyński  
Druk. OH, dn. 20.10.71r.  
Nr ks. PF-1461/2537/WW  
Kor. W.H.

### SPIS LITERATURY

1. Podręcznik - Broń jądrowa. Wydawnictwo MON 1964, Chem 109/63.
2. Metodyka oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych. Wydawnictwo MON 1968, Chem 124/65.
3. Z. Jaśtak - Skażenie promieniotwórcze, chemiczne, biologiczne. Wydanie drugie MON 1969 r.
4. Bojowyje swojstwa jadernowo orużja. Izdatielstwo MO SSSR, Moskwa 1968 r.
5. Kratkij sprawocznik po bojowym swoistwam jadernowo orużja. Izdanie wtoroje. Izdatielstwo MO SSSR, Moskwa 1969.
6. Jadernoje orużje - Posobie dla oficerow. Izdatielstwo MO SSSR, Moskwa 1969.
7. Orużje masowowo porażenia i zaszczita raketnych wojsk i artylerii od niewo. Uczebnik. Izdatielstwo MO SSSR, Moskwa 1969 r.
8. I.S. Adamowicz, N.I. Iwanow - Osnowy dezaktywacji, degazacji i dezynfekcji. Izdanie wtoroje. Wojennoj Akademii Chemiczeskoj Zaszczity. Moskwa 1967 r.













JEDNOSTKI MIAR  
JEDNOSTKI DŁUGOŚCI

Nazwa	Symbol	Wartość
metr	m	1 m = 10 <sup>2</sup> cm = 10 <sup>3</sup> km
kilometr	km	1 km = 10 <sup>3</sup> m
decymetr	dm	1 dm = 10 <sup>-1</sup> m = 10 cm
centymetr	cm	1 cm = 10 <sup>-2</sup> m = 10 mm
milimetr	mm	1 mm = 10 <sup>-3</sup> m = 10 <sup>3</sup> μm
mikrometr	μm <sup>1</sup>	1 μm = 10 <sup>-6</sup> m = 10 <sup>-3</sup> mm
mikron	μ	1 μ = 1 μm = 10 <sup>-6</sup> m = 10 <sup>-3</sup> mm
milimikron	μμ/mμ/2	1 μμ = 10 <sup>-3</sup> μ = 10 <sup>-9</sup> m
angstrom	Å	1 Å = 10 <sup>-10</sup> m = 10 <sup>-7</sup> mm
mila morska	mila morska	1 mila morska = 1852 m
mila angielska	mila ang.	1 mila ang. = 1609,3 m
stopa /foat/	ft	1 stopa = 1 ft = 0,30480 m = = 12"
cal /inch/	"	1" = 0,0254 m = 1/12 ft
yard	yd	1 yd = 0,9144 m = 3 ft

1. dotyczy czas mikron
2. obecnie nanometr - nm

JEDNOSTKI POWIERZCHNI

metr kwadratowy	m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> = 10 <sup>2</sup> dm <sup>2</sup> = 10 <sup>4</sup> cm <sup>2</sup> = = 10 <sup>-6</sup> km <sup>2</sup> = 10 <sup>-2</sup> a = 10 <sup>-4</sup> ha = = 1550 sq.in = 10,76 sq . ft = = 1,196 sq yd
decymetr kwadra- towy	dm <sup>2</sup>	1 dm <sup>2</sup> = 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> = 10 <sup>2</sup> cm <sup>2</sup>
centymetr kwadrat.	cm <sup>2</sup>	1 cm <sup>2</sup> = 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> = 10 <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>
milimetr kwadrat.	mm <sup>2</sup>	1 mm <sup>2</sup> = 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> = 10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup>
kilometr kwadrat.	km <sup>2</sup>	1 km <sup>2</sup> = 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup>
ar	a	1 a = 10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
hektar	ha	1 ha = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> = 10 <sup>2</sup> a

Nazwa	Symbol	Wartość
stopa kwadrat.	sq ft.	1 sq ft = 0,0929 m <sup>2</sup>
cal kwadrat.	sq.fn.	1 sq.yd = 0,8361 m <sup>2</sup>
yard kwadrat.	sq.yd	1 sq.yd = 0,8361 m <sup>2</sup>

#### JEDNOSTKI OBJĘTOŚCI

metr sześcienny	m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> = 10 <sup>3</sup> dm <sup>3</sup> = 10 <sup>6</sup> cm <sup>3</sup> = = 10 <sup>3</sup> l = 10 hl = 10 <sup>6</sup> ml = = 61020 cu.in. = 35,31 cu.ft.= = 1,308 cu yd
decymetr sześcienny	dm <sup>3</sup>	1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> = 10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup>
centymetr sześć.	cm <sup>3</sup>	1 cm <sup>3</sup> = 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> = 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
milimetr sześć.	mm <sup>3</sup>	1 mm <sup>3</sup> = 10 <sup>-9</sup> m <sup>3</sup> = 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
litr	l	1 l = 1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
hektolitr	hl	1 hl = 10 <sup>-1</sup> m <sup>3</sup> = 10 <sup>2</sup> l
mililitr	ml	1 ml = 1 cm <sup>3</sup> = 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> l
cal sześcienny /cubic inch/	cu.in	1 cu.in = 16,387 · 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup>
stopa sześcienna /cubic foot/	cu.ft.	1 cu.ft = 0,028317 m <sup>3</sup>
yard sześcienny	cu.yd.	1 cu.yd = 0,764557 m <sup>3</sup>
gallon ang.	Imp.gol	1 gol.ang. = 0,00455 m <sup>3</sup>
gallon ameryk.	U.S.gol	1 gol.amer.= 0,003785 m <sup>3</sup>
tona rejestrowa	RT	1 RT = 2,8317 m <sup>3</sup>

#### JEDNOSTKI CZASU

sekunda	s	1 s = $\frac{1}{60}$ min = $\frac{1}{3600}$ h
minuta	min	1 min = 60 s = $\frac{1}{60}$ h
godzina	h	1 h = 3600 s = 60 min
milisekunda	ms	1 ms = 10 <sup>-3</sup> s
mega sekunda	Ms	1 Ms = 10 <sup>-6</sup> s

## JEDNOSTKI MASY

Nazwa	Symbol	Wartość
kilogram	kg	$1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g} = 10^{-3} \text{ t} = 10^{-2} \text{ q} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ cntr}$
gram	g	$1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg} = 10^3 \text{ mg}$
miligram	mg	$1 \text{ mg} = 10^{-6} \text{ kg} = 10^{-3} \text{ g}$
tona	t	$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg} = 1 \text{ Mg}$
kwintal	q	$1 \text{ q} = 10^2 \text{ kg}$
centnar	cntr	$1 \text{ cntr} = 50 \text{ kg}$
funt	lb	$1 \text{ lb} = 0,45359 \text{ kg} = 16 \text{ oz}$
uncja	oz	$1 \text{ oz} = 0,2835 \text{ kg} = 16 \text{ dr}$
dram	dr	$1 \text{ dr} = 0,00177 \text{ kg}$
grain	gr	$1 \text{ gr} = 0,000065 \text{ kg}$
karat metryczny	kr	$1 \text{ kr} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kg} = 0,2 \text{ q}$

## JEDNOSTKI PRĘDKOŚCI LINIOWEJ

metr na sekundę	m/s	$1 \text{ m/s} = 60 \text{ m/min} = 10^{-3} \text{ km/h} = 60 \cdot 10^{-3} \text{ km/min} = 3600 \cdot 10^{-3} \text{ km/h} = 10^{-2} \text{ cm/s} = 1,944 \text{ węzłów}$
metr na minutę	m/min	$1 \text{ m/min} = \frac{1}{60} \text{ m/s}$
kilometr na sek.	km/s	$1 \text{ km/s} = 10^3 \text{ m/s}$
kilometr na min.	km/min	$1 \text{ km/min} = \frac{1}{60} \cdot 10^3 \text{ m/s} = 16,666 \text{ m/s}$
kilometr na godz.	km/h	$1 \text{ km/h} = \frac{10}{36} \text{ m/s} = 0,277778 \text{ m/s}$
centymetr na sek.	cm/s	$1 \text{ cm/s} = 10^{-2} \text{ m/s}$
węzeł	/ku/	$1 \text{ węzeł} = 1 \text{ mila morska/h} = \frac{1852}{3600} \text{ m/s} = 0,514 \text{ m/s}$
inch per second	in/s	$1 \text{ in/s} = 0,0254 \text{ m/s}$
fast per second	ft/s	$1 \text{ ft/s} = 0,3048 \text{ m/s}$

Nazwa	Symbol	Wartość
Yard per second	yd/s	1 yd/s = 0,9144 m/s
mile per hour	m.p hr	1 m/hr = 0,447 m/s

### PRZELICZENIE SKAL TEMPERATUROWYCH

Skala	Oznaczenie	$^{\circ}\text{K}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$
Kalvina- $T_K$	$^{\circ}\text{K}$	TK	$\text{TK}-273,15$	$1,80/\text{TK}-273,15/+32$
Celsjusza- $T_C$	$^{\circ}\text{C}$	$T_C+273,15$	$T_C$	$1,80T_C+32$
Fahrenheita- $T_F$	$^{\circ}\text{F}$	$0,5556/t_F-32/+273,15$	$0,5556/t_F-32/$	$t_F$

Uwaga:

- Symbol T - oznacza skalę temperatur bezwzględnych
- Symbol t - oznacza skalę temperatur termometrycznych

### JEDNOSTKI MOCY DAWKI

Nazwa	Sym-bol	mR/h	$\mu\text{R/s}$	R/h	R/min	R/s
milirentgen na godzinę	mR/h	1	0,28	0,001	0,000017	0,00000028
mikrorentgen na sekundę	MR/s	3,6	1	0,0036	0,00006	0,000001
rentgen na godzinę	R/h	1000	2800	1	0,017	0,00028
rentgen na minutę	R/min	60000	17000	60	1	0,017
rentgen na sekundę	R/S	3600000	1000000	3600	60	1

JEDNOSTKI AKTYWNOŚCI

Nazwa	Sym- bol	Ci	mCi	$\mu$ Ci	nCi	Stat
kiur	Ci	1	$10^3$	$10^6$	$10^9$	$2,75 \cdot 10^6$
milikiur	mCi	$10^{-3}$	1	$10^3$	$10^6$	$2,75 \cdot 10^3$
mikrokiur	$\mu$ Ci	$10^{-6}$	$10^{-3}$	1	$10^3$	2,75
nanokiur	nCi	$10^{-9}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	10	$2,75 \cdot 10^3$
stat	stat	$3,64 \cdot 10^{-7}$	$3,64 \cdot 10^{-4}$	$3,64 \cdot 10^{-1}$	364	1

JEDNOSTKI DAWKI

Nazwa	Symbol	R	mR
rentgen	R	1	$10^3$
milirentgen	mR	$10^{-3}$ R	1

WYKAZ BIBLIOTEKI

№	tytuł	autor	rok wyd.	liczba stron	liczba egz.	stan
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...

WYKAZ BIBLIOTEKI

№	tytuł	autor	rok wyd.	liczba stron	liczba egz.	stan
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...

