

R G B WH GR BL C M Y K

Grey Scale #13

DANES-PICTA.COM

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

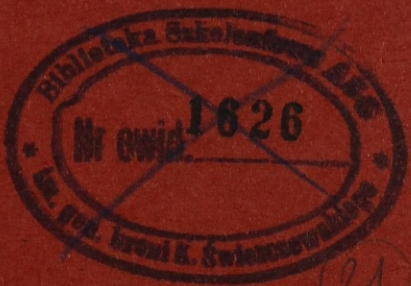
AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. generała broni Karola Świerczewskiego

KATEDRA Nr 3

Egz. nr 1

mjr lek. Stanisław WIERNIKOWSKI

OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEM JONIZUJĄCYM
W ASPEKCIE MEDYCYNY WOJSKOWEJ



ARCHIWUM
BIBLIOTEKI SZKOŁY WYŻSZEJ
im. gen. broni K. Świerczewskiego
X 24393

24393

REMBERTÓW

LIPIEC

1962



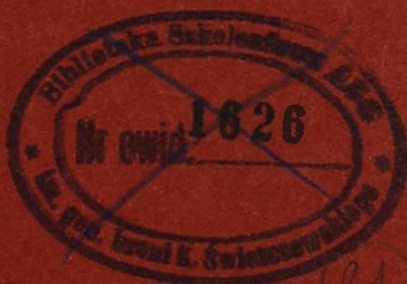
AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. generała broni Karola Świerczewskiego

KATEDRA Nr 3


Egz. nr 1

mjr lek. Stanisław WIERNIKOWSKI

**OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEM JONIZUJĄCYM
W ASPEKCIE MEDYCZYNY WOJSKOWEJ**



21
ARCHIWUM
BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ
AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. gen. broni K. Świerczewskiego
X24393

24393

REMBERTÓW

LIPIEC

1962

A K A D E M I A S Z T A B U G E N E R A L N E G O

im. gen. broni K. Swierczewskiego

KATEDRA nr 3

ZATWIERDZAM
SZEF KATEDRY NR 3

Przekł. prot. 12357. P

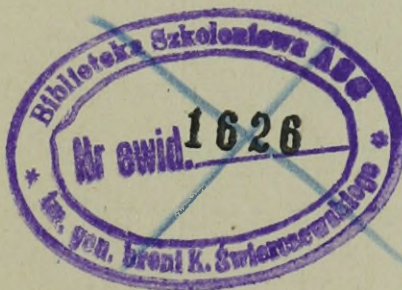
płk dr. Stanisław CYBULSKI

~~.....~~
Egz. Nr ...1

mjr lek. Stanisław WIERNIKOWSKI

"OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEM JONIZUJACYM W ASPEKCIE
MEDYCYNY WOJSKOWEJ".

ARCHIWUM
BIBLIOTEKI SZKOLENIO
AKADEMII SZTABU GENERALNEGO
im. gen. broni K. Swierczewskiego
Nr ~~X~~ 24393



REMBERTÓW

Czerwiec

1962 r.

I. Wstęp

Ochrona radiologiczna jest to nowy dział nauk technicznych i medycznych. Ogólnym celem ochrony radiologicznej jest ograniczenie narażenia się organizmu ludzkiego na szkodliwe działanie promieniowania jonizującego. Ochrona radiologiczna może dotyczyć całej ludzkości lub jej poszczególnych grup narażonych na większe dawki niż reszta ludności.

~~W 1895 r.~~ Promieniowanie przenikliwe = jonizujące zostało wykryte po dokonaniu wynalazku /w 1895 r./ przez Rentgena /Wilhelm = Konrad Rentgen 23.3.1845 r. - 10.02.1923 r./ promieni nazwanych przez niego promieniami X. W 1896 r. Bekkerel /A. M. Bec uerel/ wykrył promieniotwórczość rud uranowych. Dość szybko po dokonaniu tych odkryć zostało stwierdzone szkodliwe działanie tych nieznanych dotychczas czynników. Najpierw zostały zaobserwowane miejscowe odczyny tkanek = tak Bekkerel dostał rumieniowego zapalenia skóry od preparatu, który był noszony przez niego w bocznej kieszeni marynarki. W latach 1897 - 1898 Piotr Curie opisał po raz pierwszy objawy porażenia popromiennego skóry /naświetlał on ręką własną rękę i w tym miejscu powstało powoli gojące się owrzodzenie/. Miejscowe działanie promieni przenikliwych zostało wykorzystane do leczenia zmian chorobowych skóry. Promieni rentgenowskich użyto do prześwietleń i zdjęć rentgenowskich w medycynie. Już w początkowym okresie używania tych promieni zaobserwowano ogólne odczyny organizmu na otrzymanie większych dawek. Na przykład w roku 1920 doniesiono o zmianach ilościowych w układzie biało - krwinkowym u połowy pracowników Londyńskiego Instytutu Radowego. W roku 1925 ogłoszono raport o zgonie inżyniera chemika, który zmarł na białaczkę na skutek pracy z radem. O chorobie popromiennej jako samodzielnej jednostce chorobowej wytworzono zdanie tylko po masowym zachorowaniu wśród ludności (Hiroszymy i Nagasaki /6 i 7 sierpnia 1945 r./.

Promieniowanie jonizujące może powodować uszkodzenia, które objawiają się bądź zmianami u samych osobników napromienionych, bądź też u ich potomstwa. Pierwsze uszkodzenia nazywamy uszkodzeniami somatycznymi, drugie genetycznymi. Uszkodzenia somatyczne można podzielić na wczesne i późne.

Wczesnym ogólnym uszkodzeniem somatycznym jest choroba popromienna. Do późnych uszkodzeń somatycznych należą białaczka, anemia, osłabienie płodności, zaćma, powstawanie nowotworów złośliwych oraz skrócenie okresu życia. Uszkodzenia genetyczne występują już w potomstwie napromienionego osobnika ale mogą nie ujawnić się przez parę pokoleń.

Celem ochrony radiologicznej jest zapobieganie uszkodzeń somatycznych i ograniczenia do minimum możliwości uszkodzeń genetycznych, które mogą prowadzić do degeneracji ludzkości.

W obecnym opracowaniu opieram się na dostępnej literaturze omawiającej zagadnienia ochrony radiologicznej w warunkach pokojowego wykorzystania energii jądrowej i tylko w miarę możliwości postaram się nawiązać ze specyfiką ochrony radiologicznej do potrzeb wojskowych.

II. Rodzaje i natura promieniowania jonizującego

a/ Promienie x - rentgenowskie

Promieniowanie x wytwarzane jest w aparaturze rentgenowskiej. Podstawową częścią każdego aparatu jest lampa rentgena. Pracę lampy zapewniają pomocnicze zespoły, które zależne od mocy, przeznaczenia, schematu i t.p. składają się z szeregu części, są to źródła wysokiego napięcia /najczęściej transformator/ prostowniki prądu stałego /wentyle/, regulatory napięcia /autotransformatory, oporniki i t.p./ oraz inne przyrządy.

Lampa rentgenowska stosowana w aparaturze diagnostyczno-medycznej przedstawia sobą, naczynie szklane /ruda, bańka/, w której wytworzona jest dość wysoka próżnia. Wewnątrz bańki znajdują się dwie elektrody - anoda i katoda.

Katoda - przedstawia sobą spiralę z drutu wolframowego, która w czasie pracy lampy jest w stanie rozgrzanym /prądem żarzenia/.

Anoda - płytka wolframowa umieszczona na masywnym dobrze odprowadzającym ciepło miedzianym drażku /który może być chłodzony powietrzem, wodą, oliwą itp/.

Praca lampy polega na tym, że z katody pod wpływem jej rozgrzania "wyparowują" wolne elektrony, które przyciągane są przez anodę. Ilość wypromowanych elektronów przy tym samym natężeniu prądu przechodzącego przez lampę zależy od stopnia rozgrzania katody. Natomiast szybkość przelotu elektronów od katody do anody zależy od różnicy potencjałów / napięcia / prądu elektrycznego pomiędzy katodą a anodą. Elektrony przelatując przestrzeń oddzielającą katodę od anody uderzają w anodę z bardzo dużą siłą i są zahamowywane przez nią. Większa część energii kinetycznej lecących elektronów przekształca się w energię cieplną a tylko nieznaczna część w energię promieni x.

Promienie x posiadają ~~właściwość~~ drgań elektromagnetycznych o bardzo wysokiej częstotliwości. Drgania te powstają na skutek zderzenia elektronu "lecącego" od katody z elektronem materiału anody. W zależności od szybkości lotu elektronu oraz od energii wiązania elektronu materiału anody podczas zderzenia wytwarzają się fale drgań odpowiedniej częstotliwości. Jeżeli założymy, że w pewnym określonym momencie wszystkie elektrony uderzają w anodę z jednakową energią to musimy brać pod uwagę, że zderzą się one z elektronami anody znajdującymi się na różnych orbitach / elektrony znajdujące się bliżej lub dalej od jądra /. Powstają drgania o różnych częstotliwościach, które nazywamy widmem promieni x. Widmo drgań zależy od napięcia katoda - anoda oraz od materiału, z którego jest wykonana anoda.

W zależności od rodzaju aparatu rentgenowskiego jego lampa może być zasilana prądem wysokiego napięcia po lepszym lub gorszym wygładzeniu. Jeżeli napięcie pomiędzy katodą a anodą ulega wahaniom, to widmo promieniowania x ulega dużemu rozszerzeniu. Wynika to na skutek tego, że w momencie podniesienia napięcia szybkość elektronów / oraz szybkość drgań i twardość promieni / wzrasta, a w momencie obniżenia napięcia szybkość elektronów maleje. / w praktyce medycznej używa się terminu "twardość" promieni /.

W diagnostyce lekarskiej używa się napięć od 60 kV do 120 kV /kilo - Volt/ większość aparatów pracuje w granicach 60 - 90 kV.

Zasada powstania obrazu podczas badania rentgenowskiego polega na tym, że promienie x po wyjściu z lampy przenikają przez badany narząd i po przejściu przez niego trafiają na ekran fluruoscencyjny /prześwietlenie/ lub na kliszę fotograficzną /zdjęcie/. W tych miejscach ekranu, na które dochodzi więcej promieni powstaje jaskrawsze jego świecenie, a w tych gdzie dojdzie mniej promieni = świecenie słabsze. Promienie w narządzie badanym są zatrzymywane w zależności od grubości badanego narządu, jego budowy i konsystencji = mniej przepuszcza promieni kość = więcej narząd zawierający powietrze /pęcherzyki płucne/. W celu zapewnienia odpowiedniego świecenia ekranu lub zaczerwienienia kliszy promienie wychodzące z lampy powinny odpowiadać następującym wymaganiom:

- 1/ twardość promieni musi być taka, aby zabezpieczyła "przebicie" przez narząd badany;
- 2/ natężenie promienia /w mA/ powinna zabezpieczyć takie świecenie ekranu, aby nadawało się do obserwacji okiem zaadaptowanym;^x /Adaptacja wzroku = przyzwyczajenie się do ciemności = zjawisko fizjologiczne. Dobra adaptacja powstaje po 10-20 minutach przebywania w pomieszczeniu zaciemnionym/.
- 3/ podczas dokonywania zdjęć wchodzi czynnik czasu, kiedy to odpowiednie natężenie promienia w odpowiednim czasie będzie powodowało odpowiednią reakcję fotochemiczną kliszy. Współzależność twardości promienia, jego natężenia i czasu jego działania wpływają na kontrastowość i stopień zaczerwienienia kliszy, ale te same czynniki wpływają na stopień napromienienia całego organizmu człowieka lub poszczególnych jego komórek.

W latach ubiegłych ze względu na dużą ilość przypadków powstania poparzeń popromiennych skóry, wyłoniło się zagadnienie dokładnego określenia mocy dawki skórnej otrzymywanej podczas różnych badań diagnostycznych z użyciem aparatów rentgenowskich o różnych danych technicznych. Podczas dokonania prześwietlenia klatki piersiowej /osoby nie tęgiej/ używa się napięcia ok. 60 kV przy natężeniu

3 mA. Przy tych warunkach zależnie od danych technicznych aparatu skóra osoby badanej może otrzymać dawki o różnej mocy /w rentgenach na minutę/:

aparat półfalowy	- 19 r/min;
aparat czterowentylowy	- 11,5 r/min;
aparat sześciowentylowy	- 8,9 r/min.

Obecnie zwraca się uwagę nie tylko na szkodliwy wpływ promieni na skórę, ale i na wpływ promieni na inne narządy a przede wszystkim na gruczoły rozrodcze. Tak, na przykład jeżeli podczas dokonywania jednego zdjęcia zębów /aparat półfalowy - dentystyczny/ skóra policzka otrzyma od 3 do 5 rentgenów, to gruczoły rozrodcze męskie otrzymają przy tym 4,75 mr /milirentgena/^x. Znacznie większe dawki otrzymują gruczoły rozrodcze podczas zdjęć i prześwietleń narządów klatki piersiowej a przede wszystkim brzucha.

b/ Promieniotwórczość pierwiastków promieniotwórczych.

Badania nad pierwiastkami promieniotwórczymi rozpoczęte przez Beckerella oraz małżeństwo Curie wykryły ich przyrodę i właściwości. Oddziaływanie pola magnetycznego na strumień promieni wydzielanych przez rad wykazały niejednokrotność tego strumienia. Zostaje on rozłożony na promienie: alfa, beta i gamma. W toku dalszych badań okazało się, że promieniotwórczość alfa składa się z szybko lecących cząsteczek posiadających masę 4 /t.j. cztery razy więcej od masy atomu wodoru/. Ładunek elektryczny cząsteczki alfa równa się 2. Masa i ładunek tej cząsteczki pozwoliły wysnuć wniosek, że jest to jądro helu $\frac{4}{2} \text{He}$.

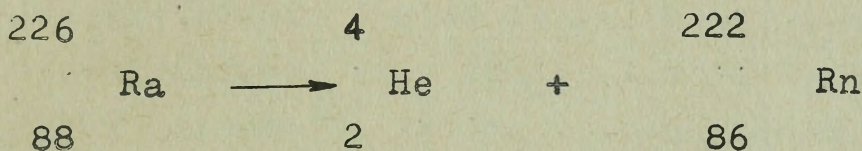
Cząsteczki beta okazały się elektronami - t.j. cząsteczkami o ładunku ujemnym /równym 1 i o masie o 1840 razy mniejszej od masy atomu wodoru.

Promieniotwórczość gamma posiada te same właściwości co promienie x /rentgenowskie/ oraz światło widzialne t.j. jest promieniotwórczością elektro-magnetyczną.

x/ "Opasności jonizującego izkuczenia dla człowieka:
Moscwa 1958 r.

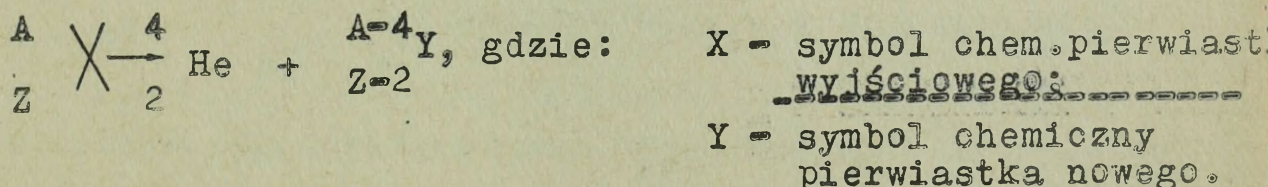
Przeobrażenie jader atomów pierwiastków promienio-
twórczych.

Po otrzymaniu w większych ilościach czystych izotopów pierwiastków promieniotwórczych uranu, radu, polonu, próbowano podziałać na nie różnymi czynnikami z zewnątrz. Jednak wysokie ciśnienie i temperatura, pole magnetyczne lub elektryczne całkiem nie wpłynęły na charakter promieniotworzenia. W czasie tych badań zostało stwierdzone, że rad umieszczony w naczyniu hermetycznym powodował powstawanie w tym naczyniu dwóch pierwiastków gazowych: helu i nowego pierwiastka promieniotwórczego radonu /Rn/, który został nazwany emanacją radu. Widocznie, jądro radu wypromieniowując cząsteczkę alfa przekształca się w jądro pierwiastka radonu.

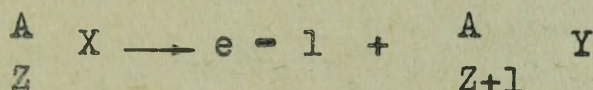


Dałsze badania nad przekształcaniem się naturalnych pierwiastków promieniotwórczych pozwoliły stwierdzić następujące reguły:

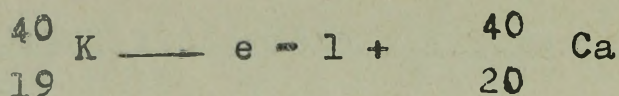
1. Zawsze podczas kolejnego rozpadu alfa /wydzielenie jądra helu ${}^4_2\text{He}$ / otrzymuje się jądro innego izotopu promieniotwórczego, ciężar atomowy /liczba masowa/ - A, którego zmniejsza się o 4 a liczba atomowa /Z/ o 2.



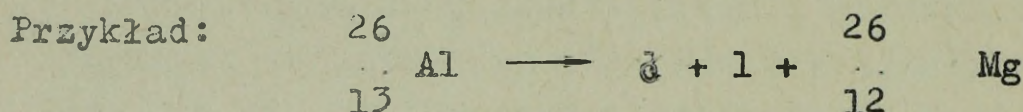
2. Podczas przemian jądra atomowego izotopu promieniotwórczego z wypromieniowaniem beta - /tj. elektronów/ - przemianę można napisać w.g. następującego wzoru:



Przykład: Rozkład promieniotwórczego pierwiastka potasu K z wydzieleniem cząsteczki beta, daje całkiem nowy pierwiastek wapń Ca.



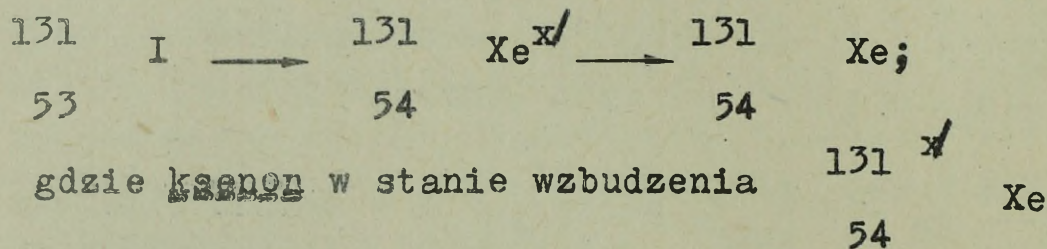
Podczas promieniowania beta może być wypromieniowana cząsteczka o ładunku dodatnim /przemiana promieniotwórcza beta plus/.



Rozkład promieniotwórczego glinu /Al/ wypromieniowaniem dodatnio naładowanej cząsteczki daje mangan /Mg/

3. Promieniowanie energii gamma występuje najczęściej łącznie z promieniowaniem cząsteczek alfa lub beta /korpuskularnym/. Aby jądro mogło promieniować kwanty gamma powinno ono znajdować się w stanie pobudzenia. Po emisji cząstki pierwiastek X przechodzi w pierwiastek Y. Jądro nowo powstałego pierwiastka zazwyczaj posiada nadmiar energii wiązania. Mówimy, że jądro takie jest w stanie wzbudzenia. Następuje wtedy emisja promieniowania gamma, doprowadzająca wzbudzone jądro do podstawowego poziomu energetycznego:

Na przykład przy przemianie Jodu w Ksenon emisja promieniowania gamma następuje po przemianie beta minus

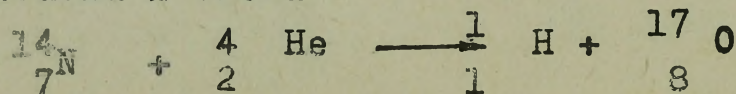


po wypromieniowaniu gamma kwantu przechodzi w ksenon o podstawowym poziomie energii $\begin{array}{c} 131 \\ 54 \end{array} \text{Xe}$.

Podczas rozpadu alfa dość rzadko powstaje promieniowanie gamma oraz podczas rozpadu beta nie wszystkie jądra wypromieniowują kwanty gamma.

c/ Sztuczne przeobrażenie jądrowe.

Pierwszego sztucznego przeobrażenia jądra dokonał w roku 1919 Rezerdorf. Potrafił on dokonać tego bombardując cząsteczkami alfa jądra azotu. Na skutek takiego bombardowania powstały jądra wodoru i tlenu



Dalsze badania sztucznych przeobrażeń jąder pod wpływem bombardowania cząsteczkami alfa doprowadziły do odkrycia nowej cząsteczki - neutronu /1930 - 1932 r. Fryderyk Joliot i Irena Curi/.

Neutrony, będąc cząsteczkami nie naładowanymi mogą swobodnie przenikać do jąder i wywoływać przeobrażenia jądrowe. Bombardowanie jąder przez neutrony dało możliwość otrzymania na drodze sztucznej izotopów promieniotwórczych prawie wszystkich znanych pierwiastków.



Reakcjom jądrowym towarzyszy wymiana energii. Mogą one przebiegać z wydzielaniem względnie z pochłanianiem energii.

d/ Promienie kosmiczne

Na słońcu i innych rozżarzonych gwiazdach i mgławicach trwa ciągle proces wyparowywania z ich powierzchni lekkich jąder i proces formowania z bardziej prostych pierwiastków bardziej złożonych. Wydzielana przy tych reakcjach energia zatracana na podtrzymanie wysokiej temperatury słońca i gwiazd i promieniuje w otaczającą przestrzeń. Wydzielane cząsteczki przebiegając przestrzeń kosmiczną częściowo sięgają atmosfery ziemskiej i przedstawiają sobą pierwotny składnik promieniowania kosmicznego. W skład tego promieniowania wchodzi jądra wodoru, helu a także jądra innych lekkich pierwiastków. Skład promieni kosmicznych i jego właściwości są bardzo zmienne i zależą od szeregu czynników, a między innymi od aktywności plam na słońcu i od wysokości nad poziomem morza i t.p.

III. Oddziaływanie promieniowania jonizującego materia

Wszystkie rodzaje promieni przenikliwych mogą być wykryte i zmierzone tylko na podstawie tych skutków, które wywołują one w otaczającym ich środowisku. Sposób oddziaływania promieniowania przenikliwego z materią zależy od rodzaju promieniowania, jego energii oraz od budowy przenikanej materii. Cząsteczki naładowane przechodząc przez środowisko i oddziałując wzajemnie z nim, powoli tracą swoją energię. Straty tej energii powstają na skutek:

- a/ jonizacji atomów;
- b/ wzbudzenia atomów i jąder;
- c/ powstawania promieniowania hamowania;
- d/ wywoływania reakcji jądrowych.

e/ Jonizacja polega na oderwaniu elektronu z atomu elektrycznie obojętnego wchodzącego w skład materii przenikanej. Przelatując w pobliżu elektronów atomu, cząsteczki naładowane odrywają te elektrony od atomu materii i w wyniku tego powstaje para jonów: pozostały atom staje się jodem dodatnim, oderwany elektron stanowi jon ujemny. Energia potrzebna do wytworzenia jednej pary jonów zależy od rodzaju ośrodka. W powietrzu wynosi ona średnio 34 eV /elektronowo volt/. Cząsteczka naładowana posiadająca dużą energię powoduje powstanie na swojej drodze dużej ilości par jonów.

Cząsteczki naładowane, różne wg. ~~xxx~~ swojej ~~prędkości~~ powstania, ale posiadające jednakową energię, wytwarzają na swojej drodze praktycznie biorąc, jednakową liczbę par jonów, jednak gęstość jonizacji /t.j. liczba par jonów na 1 cm drogi w materii/ będzie różna. Będzie ona tym większa, czym większy ładunek cząsteczki i czym mniejsza jej szybkość. Wy tłumaczalne to jest tym, że cząsteczka posiadająca większy ładunek /Z/ mocniej współdziałała /zderza się/ z elektronami. Cząsteczka posiadająca mniejszą szybkość /v/ przez dłuższy czas znajduje się w pobliżu elektronów i ich wzajemne oddziaływanie trwa dłużej.

$$\text{Gęstość jonizacji} = \frac{Z^2}{v^2}$$

Na skutek tego, że cząsteczki naładowane podczas swego ruchu w materii powoli tracą swoją szybkość, gęstość jonizacji wzdłuż drogi posuwania się cząsteczki stale wzrasta i największego znaczenia osiąga na końcu tej drogi. Jonizacja wywołana promieniowaniem korpuskularnym lub elektromagnetycznym jest jonizacją pierwotną. Wybite elektrony - jeżeli posiadają dostateczną energię - mogą z kolei powodować jonizację dalszych atomów. W tym przypadku mówimy o jonizacji wtórnej, a wybite elektrony mogą stanowić promieniowanie wtórne.

b/ Oslabienie promieniowania.

W wyniku zderzeń zachodzi zmniejszenie się natężenia promieniowania jonizującego przenikającego przez materię - zjawisko to nazywa się osłabieniem promieniowania. Minimalna grubość materii niezbędna do całkowitego pochłonięcia cząsteczek alfa lub beta nazywa się drogą zasięgu cząsteczki o danej energii w danym ośrodku /materii/.

Zasięg cząsteczek alfa o różnej energii w powietrzu sięga 3-7 cm. W bardziej zwartej materii, gdzie atomy rozmieszczone są na mniejszych odległościach jeden od drugiego, zasięg cząsteczek alfa maleje - tak w wodzie równa się on 0,02 - 0,06 cm.

c/ Rozpraszanie strumienia elektronów /promieni beta/.

W wyniku zderzeń elastycznych cząsteczek beta z elektronami orbitalnymi, a głównie z jądrami atomów ośrodka przenikającego następują zmiany kierunku ruchu cząsteczek beta. Wskutek wielokrotnych zmian kierunku ruchu tor cząsteczki beta jest linią zygzakowatą. Wyprostowany utworzyłby linię prostą, której długość byłaby 1,5 - 4 razy większa niż grubość warstwy przenikającego ośrodka. Prawdopodobieństwo rozpraszania jest proporcjonalne do liczby atomowej z ośrodka przenikającego. Odchylenie, jakiego doznaje cząsteczka beta przy rozproszeniu od kierunku pierwotnego, jest tym większe, im energia jej jest mniejsza.

d/ Promieniowanie hamowania.

Skutkiem nieelastycznego zderzenia elektronu o dużej energii kinetycznej z jądrem atomu w trakcie oddziaływania jego z polem kolumbowskiem jądra zachodzi zamiana części energii kinetycznej elektronu na kwant promieniowania X, zwanego promieniowaniem hamowania. Strata energii kinetycznej cząsteczki naładowanej na jednostkę toru w wyniku emisji kwantu promieniowania hamowania jest proporcjonalna do kwadratu liczby atomowej materii, przez którą przenika naładowana cząsteczka. W ołowiu strata ta jest znacznie większa niż w aluminium lub powietrzu. Dla dużych energii promieniowania beta oraz dla ośrodka składającego się z atomów o dużej liczbie atomowej straty

powstające na skutek hamowania są niższe niż straty powstające na skutek jonizacji. Natomiast dla małych energii promieniowania beta przenikającego ośrodek składający się z atomów lekkich /o małej liczbie atomowej/ straty energii powstają głównie w wyniku jonizacji.

Z tego względu na osłony przed promieniowaniem beta stosuje się materiały o małej liczbie atomowej, jak szkło organiczne, masy plastyczne lub aluminium. Stosowanie ołowiu jest w tym przypadku niedopuszczalne, ponieważ staje się on źródłem wtórnego promieniowania /hamowania/, które jest promieniowaniem X /elektromagnetycznym/, co powoduje dodatkowe narażenie osób znajdujących się za osłoną.

e/ Wzajemne oddziaływanie promieni gamma z materia.

Promieniowanie gamma jest to strumień kwantów promieniowania elektromagnetycznego, wysyłanych przez wzbudzone jądra atomów promieniotwórczych. Własności promieniowania X /rentgena/ są identyczne do własności promieniowania gamma. Różnice między nimi stanowi jedynie miejsce ich powstawania.

Kwant promieniowania elektromagnetycznego przenikając ośrodek materialny traci swą energię. Przenikając przez lekkie substancje /woda, tkanki organizmu/ zachodzą zderzenia z elektronami. Przy tym mogą powstać dwa zjawiska:

1. Kwant promieniowania x /lub gamma/ całkowicie oddaje swoją energię elektronowi orbitalnemu, który zostaje wybity z atomu - jest to zjawisko fotoelektryczne. Warunkiem koniecznym do wystąpienia zjawiska fotoelektrycznego jest, aby kwant posiadał energię większą od energii połączenia elektronu z jądrem.
2. Kwant przekazuje tylko część swojej energii elektronowi a sam po zderzeniu zmienia kierunek swego ruchu - jest to zjawisko Comptona czyli rozproszenie komptonowskie. W wyniku zderzenia powstaje kwant rozproszenia o energii mniejszej niż energia kwantu pierwotnego oraz szybko lecący elektron - elektron odrzutu. Elektrony odrzutu tak samo jak cząsteczki beta tracą swoją energię na jonizacje.

Natomiast strata energii padającego kwantu /drżania elektromagnetyczne/ po zderzeniu z elektronem występuje jako zmniejszenie się z częstotliwości fali elektromagnetycznej kwantu odbitego.

Zjawisko Comptona powoduje zawsze rozproszenie kwantów promieniowania pierwotnego oraz powstanie wtórnego promieniowania korpuskularnego.

Zjawisko tworzenia par. Zjawisko tworzenia par występuje, gdy tor kwantu promieniowania elektromagnetycznego o energii większej niż 1,022 Me V przebiega w pobliżu jądra atomu. Na skutek tego powstaje para elektronów: negaton i pozyton. Prawdopodobieństwo powstania pary elektronów jest proporcjonalne do kwadratu liczby atomowej środowiska.

W odróżnieniu od promieniowania korpuskularnego zasieg promieniowania elektromagnetycznego teoretycznie jest nieskończony. Wynikać to może na skutek dość małego prawdopodobieństwa zderzenia się kwantu z elektronami atomów i cząsteczek środowiska - t.j. małym współczynnikiem osłabienia zwłaszcza w ośrodkach lekkich.

f/ Właściwości promieniowania neutronowego.

Jednym źródłem neutronów są reakcje jądrowe. Neutron jako cząsteczka elektrycznie obojętna oddziałuje z przenikającym ośrodkiem w sposób zasadniczo różny od sposobu oddziaływania cząsteczek naładowanych lub kwantów promieniowania elektromagnetycznego. Energię kinetyczną neutron traci na skutek zderzeń elastycznych z jądrami atomów względnie na skutek zachodzących reakcji jądrowych.

Zjawiska jonizacji, wywołanej bezpośrednio przez neutrony, praktycznie nie występuje.

Niektórzy autorzy klasyfikują neutrony w zależności od ich energii kinetycznej:

- neutrony relatywistyczne;
- neutrony prędkie;
- neutrony pośrednie;
- neutrony powolne;
- neutrony termiczne.

Należy ~~xxx~~ nadmienić, że neutrony prędkie - powstają podczas reakcji jądrowych a neutrony powolne - powstają po przejściu neutronów prędkich przez odpowiednie materiały. Powszechnie stosowanymi spowalniaczami w technice reaktorowej są H_2O i grafit. W technice laboratoryjnej jako spowalniacze neutronów, służących jednocześnie jako osłony stosuje się

parafinę, wodę i beton. Drugim rodzajem oddziaływania neutronów z przenikaną materią jest pochłanianie ich przez jądra.

W wyniku tego następuje wzbudzenie jądra wraz z równoczesną emisją nukleonu lub kwantu gamma.

Pod wpływem promieniowania neutronowego w komórkach ustroju żywego mogą powstawać następujące przemiany:

- jądra wodoru dają ciężki wodór i promieniowanie gamma;
- jądra azotu dają protony oraz promieniotwórczy węgiel $^{14}_6\text{C}$, który promieniując cząsteczki beta przekształca się powrot-
nie w azot nie promieniotwórczy. Należy pamiętać, że duża część izotopów, wchodzących w skład tkanek, pod wpływem powolnych neutronów przekształcają się w izotopy promienio-
twórcze. Są to izotopy sodu, chloru, azotu, siarki, fosforu, tlenu i innych.

Największe znaczenie posiadają reakcje z jądrami sodu i fosforu, gdyż promieniotwórczość wzbudzona w tkankach powstaje zasadniczo kosztem tych dwóch pierwiastków.

IV. Wpływ promieni jonizujących na organizm człowieka

a/ Jonizacja a żywe komórki

Jonizacja atomów i cząsteczek, z których jest zbudowana żywa komórka wywołuje duże zmiany biochemiczne tej komórki. Jednym z najważniejszych odczynów substancji żywej są zmiany powstające w złożonych związkach białkowych /fermenty, enzymy, itp/. Zmiany te mogą powstać jak na skutek bezpośredniego działania na składniki tego związku, tak i na skutek działania pośredniego poprzez wytwarzanie utleniaczy.

Należy zwrócić uwagę na to, że większość autorów rozpatrując procesy zachodzące w organizmach żywych pod wpływem promieniowania jonizującego pierwotne działanie promieni widzi w zjawisku jonizacji wody we wszystkich komórkach, tkankach lub narządach. Stwierdzono, że zjonizowane cząsteczki wody ulegają rozkładowi dając wysoce chemicznie czynne wolne rodniki / H^+ , OH^- , HO_2 , M_2O_2 i inne/. Te wolne rodniki posiadające właściwości utleniające /lub niektóre redukujące/ wstępują w reakcję tak z fermentami /bardzo wrażliwymi na promienie jonizujące okazały się fermenty zawierające grupę sulfhydrylową $\text{SH}/$ tak i białkami tkankowymi.

Poza tym wolne rodniki wstępują w połączenia pomiędzy sobą co doprowadza do zahamowania czynności ważniejszych układów fermentów, zaburzeniu procesów przemiany /takich na przykład jak syntezy nukleoproteidów i kwasów nukleonowych/. Dalszym skutkiem tych zaburzeń jest gromadzenie się /nie występujących w normalnych warunkach/ nowych związków chemicznych. Temu procesowi pośredniego /poprzez jonizację wody/ działania jonizacji przyznawana jest zasadnicza rola powodowania skutków napromienienia.

Jednak po zadziałaniu dużych dawek mogą być stwierdzone bezpośrednie skutki wpływu promieniowania na cząsteczki białkowe. W tym przypadku pewne znaczenie nabiera tak zwana denaturacja białka^x

Zdenaturowana cząsteczka białkowa koaguluje,^{1/} opada z roztworu koloidalnego i następnie ulega rozkładowi pod wpływem fermentów proteolitycznych organizmu.

Podczas denaturacji cząsteczki białkowej powstają zaburzenia czynnościowe komórki, a w wypadku porażenia kilku cząsteczek może zginąć cała komórka.

Poza denaturacją cząsteczek białkowych pod wpływem promieniowania jonizującego może powstawać ich fotoliza^{2/}.

Nareszcie pod wpływem napromienienia powstaje depolaryzacja^{3/} nukleoproteidów odbijająca się na procesach życiowych komórki w całości przy równoczesnym zaburzeniu czynności fermentów.

Nie jest wykluczone, że w organizmie powstają reakcje łańcuchowe, które po ustaniu działania promieni

x Denaturacja białka = proces biologiczno=chemiczny zachodzący w cząsteczce białkowej = zmiana właściwości pod wpływem czynnika szkodliwego.

1/ Koagulacja = Powstanie w jednorodnym płynie białkowym kłaczków. Łączenie się zdenaturowanych cząsteczek białkowych.

2/ Fotoliza = zjawisko biologiczno=chemiczne=samotrawienie /rozkład/ substancji białkowej z udziałem energii świetlnej /w tym wypadku promieniowania jonizującego/.

3/ Depolaryzacja = zjawisko biologiczno=elektryczne zmiana lub zniszczenie ładunku elektrycznego substancji białkowej.

trwają nadal i doprowadzają do nagromadzenia niespecyficznego danemu organizmowi związków chemicznych - powstanie takich związków wzmagają biologiczne skutki wpływu promieniowania jonizującego.

Zmiany powstające w środowisku komórkowym i w samych komórkach są źródłem bodźców działających na obwodowe zakończenie nerwowe znajdujące się w poszczególnych tkankach i narządach, na skutek tego powstaje duża ilość impulsów oddziaływujących na centralny układ nerwowy. Nadmiar patologicznych^{1/} impulsów powoduje zaburzenie podstawowych procesów nerwowych, a przede wszystkim naruszona zostaje równowaga pomiędzy procesami pobudzenia, a hamowania. Poza tym nie wolno zapominać o możliwości bezpośredniego oddziaływania promieni jonizujących na części składowe centralnego układu nerwowego.

Zaburzenie czynności wyższych ośrodków centralnego układu nerwowego doprowadza do odruchowych daleko posuniętych zmian w czynności narządów wewnętrznych i tkanek. Dużą rolę przy tym odgrywają zaburzenia powstające w gruczołach wewnętrznego wydzielania.

Powstałe odruchowo lub hormonalnie czynnościowe lub morfologiczne zmiany w różnych układach i narządach /przede wszystkim w układzie krwi-otwórczym, naczyniach itp/ warunkują wystąpienie następnych zmian czynności organizmu.

b/ Miejscowe skutki napromienienia tkanek.

Pod wpływem działania promieniowania jonizującego może zginąć każda z tkanek. Jednak wrażliwość różnych komórek jest różna. Najbardziej wrażliwe są tkanki: limfoidalna, jądra, jajniki, śluzówki, torebki włosowe, tkanki soczewki oka i inne./Narządy i tkanki krytyczne/.

Objawy porażenia są stwierdzone jak w jądrze komórkowym, tak i w cytoplazmie - ale wrażliwość jądra jest w kilka[~] set razy większa.

1/ Stan patologiczny - /przeciwieństwo starcia fizjologicznego/ - stan nienormalny chorobowy.

W jądrze komórkowym najbardziej czułym jest układ chromosomowy. Na skutek uszkodzenia chromosomów powstaje zatrzymanie podziału komórki i następnych faz jej rozwoju. Najbardziej charakterystycznym skutkiem działania promieniowania jonizującego jest zaburzenie procesów regeneracji /odnowy/, a przede wszystkim regeneracji fizjologicznej. Wobec tego najbardziej cierpią te układy, czynność których polega na stałym odnawianiu swoich komórek - są to komórki krwiotwórcze, komórki śluzówek /zwłaszcza przewodu pokarmowego/, komórki rozrodcze i inne.

Zdolność do regeneracji u różnych tkanek jest różna, a intensywność przebiegu odbudowy zależy od szeregu różnych czynników takich jak wiek, płeć, stan zdrowia i t.p. Dość często stwierdza się, że proces regeneracji komórek i tkanek przebiega z pewnymi zaburzeniami - nowe komórki posiadają nieco odmienne właściwości, a otrzymanie dawek większych w ogóle może zahamować zdolność regeneracyjną.

Charakterystyczną właściwością odczynu tkanek na działanie promieni jonizujących jest obecność okresu utajonego. Dość często skutek napromienienia stwierdzany jest po upływie pewnego czasu od chwili napromienienia.

V. Drugi działania promieniowania jonizującego na organizm człowieka

Podczas pracy z substancjami promieniotwórczymi lub ze źródłami promieniowania jonizującego /aparaty rentgenowskie, reaktory atomowe itp/, w czasie działań w terenie skażonym na skutek użycia broni jądrowej - człowiek może narażać się na działanie promieniowania jonizującego. Przy tym należy rozróżniać napromienienie zewnętrzne i możliwość trafienia substancji promieniotwórczych do wnętrza organizmu.

Przy zewnętrznym napromienieniu cząsteczkami alfa lub beta, promieniami gamma lub neutronami człowiek narażony jest na szkodliwy wpływ tego rodzaju energii tylko w tym czasie dopóki znajduje się w pobliżu źródła promieniowania. Natomiast jeżeli substancje promieniotwórcze trafiają

do wewnątrz organizmu, to człowiek naraża się na ciągłe napromienienie przez tak długi czas, dopóki substancja promieniotwórcza nie zostanie wydalona z organizmu na skutek jej rozpadu lub na skutek fizjologicznej czynności organizmu - przemiany materii.

W czasie określania maksymalnych dawek dopuszczalnych napromienienia, należy pamiętać, że człowieczeństwo podczas swego istnienia znajduje się w warunkach ciągłego działania promieniowania jonizującego.

Naturalne pierwiastki promieniotwórcze - uran, rad, tor i produkty ich rozpadu - promieniotwórczy izotop potasu ^{40}K i inne - występują dość często w przyrodzie. Wobec tego gleba, roślinność, żywność, woda, powietrze, materiały budowlane zawierają pewną ilość substancji promieniotwórczych. Rad i tor, rozpadając się przekształcają się w gazowe substancje promieniotwórcze - radon i toron, które są obecne w powietrzu i częściowo /pod postacią roztworów/ w wodzie rzek i mórz. Poza tym powierzchnia ziemi podlega ciągłemu wpływowi promieni kosmicznych, w skład których wchodzi promieniowanie gamma, neutrony, protony i inne cząsteczki. Podczas działania neutronów na jądra azotu, wodoru, i argonu, znajdujących się w powietrzu atmosferycznym, powstają nieznaczne ilości izotopów promieniotwórczych ^{14}C , ^3H i ^{41}Ar .

a/ Maksymalne dawki dopuszczalne

Na podstawie doświadczeń dokonanych na zwierzętach, a także na drodze uogólnień obserwacji ludzi pracujących przy aparaturze rentgenowskiej i z promieniami gamma zostało stwierdzone, że przy działaniu na organizm małych dawek promieniowania jonizującego nie powoduje ono powstawania nieodwracalnych zmian w tkankach i narządach.

Maksymalna dawka dopuszczalna - jest to najwyższa dawka, efektywne działanie której na organizm nie wywołuje w nim nieodwracalnych somatycznych i genetycznych zmian w świetle współczesnego poziomu wiedzy.

Podstawowymi założeniami ustalenia maksymalnej dawki dopuszczalnej są następujące postulaty:

- 1/ dawki są sumowane w ciągu całego życia osobnika a przede wszystkim w okresie zdolności rozrodczej /do 30 roku życia/;
- 2/ w wypadku jeżeli dana osoba przekroczy maksymalną dawkę dopuszczalną /jednorazowo lub przez tydzień/ to przewidzianym jest, że przekroczenie może odpowiadać dawce 13 tygodniowej ale pod warunkiem zapobieżenia dalszego napromienienia w ciągu kolejnych 13 tygodni.

Wg. zaleceń Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej zostało wprowadzone pojęcie podziału na kategorie narażenia na promieniowanie jonizujące /w warunkach pokojowego wykorzystania energii jądrowej/.

1. Narażenie zawodowe /stałe wykonywanie zawodu z narażeniem na wpływ promieniowania jonizującego/.
2. Narażenie specjalnych grup ludności w wyniku zawodowego wykorzystania energii atomowej /pracownicy administracji instytucji wykorzystujących tę energię, ludność zamieszkała w pobliżu takich placówek itp/.
3. Narażenie całej ludności.
4. Narażenie w wyniku lekarskich zastosowań promieni jonizujących.

Przy określaniu dawek napromienienia osób z 1 i 2 grupy uwzględniane jest napromienienie zewnętrzne i wewnętrzne powstające na skutek wykonywanego zawodu lub okresowego przebywania w pomieszczeniach lub w sąsiedztwie obszarów kontrolowanych^{x/}. Natomiast nie są w tych przypadkach uwzględniane dawki pochodzące od naturalnego tła i od postępowania lekarskiego.

ad. 3. Ludność może być narażona na działanie promieniowania nie zlokalizowanego w określonym miejscu; dotyczy to skażeń promieniotwórczych otoczenia oraz różnych szeroko rozpowszechnionych źródeł promieniowania takich jak np. zegarki na rękę, odbiorniki telewizyjne oraz różne zastosowania izotopów promieniotwórczych.

x/ Obszar kontrolowany /pomieszczenie/, strefa w której wielkość dawek nie może przekraczać najwyższy dopuszczalny poziom dla osób nie narażonych zawodowo na promieniowanie i wymaga nadzoru inspektora ochrony radiologicznej.

Tabela 1.

Maksymalne dawki dopuszczalne.

Kategoria narażenia	Napromienienie zewnętrzne całego organizmu	
	rem/tydzień	rem/rok
A. - Narażenie zawodowe.	0,1	5
B. - Narażenie specjalnych grup ludności.	0,01	0,5
C. - Narażenie całej ludności.	0,001	0,05

Maksymalne dopuszczalne dawki /rad/tydzień/ dla różnych rodzajów promieniowania /w zależności od skuteczności biologicznej promieniowania/.

Tabela 2.

Rodzaj promieniowania	Kategoria	Kategoria	Kategoria
	A	B	C
Promieniowanie gamma i rentgenowskie.	0,1	0,01	0,001
Cząsteczki beta i elektrony.	0,1	0,01	0,001
Protony i cząsteczki alfa.	0,01	0,001	0,0001
Neutrony termiczne.	0,033	0,0033	0,00033
Neutrony szybkie.	0,01	0,001	0,0001

Obliczanie dawki sumarycznej D dla osób narażonych zawodowo na napromienienie, która nie powinna przekraczać dawek otrzymanych z następnego wzoru:

$$D < 5 \quad /N-18/ \text{ rem} \quad /1/$$

gdzie: N = wiek osoby narażonej;

18 = wiek rozpoczęcia pracy zawodowej z narażeniem na napromienienie.

Dawka sumaryczna na wiek 30 lat życia nie powinna przekraczać 60 rem. W przypadkach wyjątkowych, na przykład przy wykonywaniu prac awaryjnych norma dawki rocznej może być podniesiona do 12 rem., przy czym zastrzega się, że wiek osób narażonych jest wyższy niż 30 lat. Otrzymaną dawkę należy uwzględnić przy obliczaniu dawki sumarycznej - tak, aby dawka sumaryczna

/odpowiadająca wiekowi danej osoby/ nie przekroczyła granicy wynikającej ze wzoru /1/.

W związku z tym, że szereg przyrządów dozymetrycznych wykorzystywanych w praktyce cywilnej i wojskowej wycechowana jest nie w jednostkach rad lub rem, a w rozpadach /min/cm² - DP-11-B/. Dotyczy to przede wszystkim przyrządów rejestrujących cząsteczki beta i neutrony. W tabeli nr 3 przytaczam maksymalne dopuszczalne strumienie cząsteczek o różnej energii, które wytwarzają dawkę 0,1 rem/tydzień.

Maksymalne dopuszczalne strumienie cząsteczek różnych rodzajów promieniowania /tabela 3/.

Tabela 3.

Rodzaj promieniowania	Maksymalnie dopuszczalny strumień w ciągu tygodnia, rozpadów/cm ² tydz.	Maksymalnie dopuszczalny strumień przy t = 36 godz. w tygodniu, rozpadów/cm ² sek.
Cząsteczki beta i elektr.	$2,5 \cdot 10^6$	20
Neutrony termiczne.	$1 \cdot 10^8$	750
Neutrony powolne /E = 0,1 eV/	$72 \cdot 10^6$	550
Neutrony szybkie E 10 MeV	$2,6 \cdot 10^6$	20

b/ Maksymalne dopuszczalne stężenia substancji promieniotwórczych.

Działanie biologiczne izotopów promieniotwórczych znajdujących się wewnątrz organizmu uwarunkowane jest dawką promieniowania jonizującego wytwarzanego przez ten izotop w czasie przebywania go w organizmie. Różne izotopy gromadzone są wybiórczo w różnych tkankach i narządach. Wobec tego cząsteczki alfa i beta powstające w czasie rozpadu promieniotwórczego, będą naświetlać tylko ten narząd, w którym są wybiórczo magazynowane. Działanie miejscowe uwarunkowane jest tym, że zasięg tych cząsteczek w tkankach organizmu jest stosunkowo minimalny /rzędu dziesiątków mikrona dla cząsteczek alfa i rzędu 1-2 cm dla cząsteczek beta/. Rola poszczególnych

narządów w procesie życiowym organizmu jest różną. Dlatego też przy trafieniu substancji promieniotwórczych do wnętrza organizmu stopień porażenia będzie zależał nie tylko od mocy dawki, wytwarzanej tym promieniowaniem, ale i od tego jaki narząd jest porażony.

Narząd krytyczny - jest to taki narząd /lub tkanka/, nagromadzenie w którym izotopu promieniotwórczego powoduje zaburzenie czynności całego organizmu. Biorąc pod uwagę znaczenie poszczególnych narządów w procesie życiowym organizmu przy obliczaniu maksymalnych dopuszczalnych koncentracji substancji promieniotwórczych został przyjęty podział na następujące grupy narządów krytycznych.

I Grupa - cały organizm, narządy rozrodcze /gonady/, soczewka oka, narządy krwiotwórcze.

II Grupa - mięśnie, tkanka tłuszczowa, wątroba, nerki, trzustka, gruczoł krokowy.

III Grupa - skóra, tarczyca, kości.

W celu obliczenia mocy dawki wytwarzanej przez izotop w danym narządzie krytycznym, należy wiedzieć rodzaj i energię emitowanego promieniowania, wagę i rozmiar narządu krytycznego oraz czas, w którym dany izotop znajduje się w organizmie /tj. skuteczny okres połowicznego wydalania/. Skutecznym okresem połowicznego wydalania nazywamy czas, w którym ilość danego izotopu w organizmie zmniejszy się o połowę.

Do celów praktycznych posiada znaczenie maksymalna koncentracja dopuszczalna, tj. maksymalnie dopuszczalna ilość /aktywność/ izotopu promieniotwórczego w jednostce objętości lub masy, wniknięcie której do organizmu na drodze naturalnej /z dobową ilością użytej wody, żywności lub powietrza/ nie stwarza w narządach krytycznych organizmu lub w całym organizmie dawek napromienienia przewyższających maksymalnie dopuszczalne.

Danymi wyjściowymi do tego obliczenia są wiadomości o narządzie krytycznym dla danego izotopu oraz o ilości /aktywności/ izotopu, który wytwarza w narządzie krytycznym maksymalną dawkę dopuszczalną.

Ilości codziennego /w warunkach pokojowych/ wnikania do organizmu substancji promieniotwórczych znajdujących się w wodzie, żywności lub powietrzu mogą być tylko takie, aby w ciągu 30 lat ich aktywność nie przekroczyła wskaźników ustalonych dla danej grupy narządów krytycznych /z uwzględnieniem właściwości izotopu/ i kategorii narażenia.

Maksymalne dopuszczalne koncentracje izotopów promieniotwórczych w wodzie ustala się tylko dla kategorii narażenia C /ogółu ludności/, gdyż zakłada się, że źródło wody jest wspólne dla wszystkich mieszkańców danego terenu. Maksymalna dopuszczalna dawka Sr 90 w wodzie otwartych zbiorników wodnych /rzeki, jeziora itp/ ustalona jest na 3 - 10 ciuri/litr. Powoduje to, że jeżeli używać wodę w tej koncentracji strontu /przeciętnie 2,5 litra na dobę/ to po 30 latach dawka zgromadzonego w organizmie Sr90 nie będzie przekraczać maksymalnie dopuszczalnej dawki.

Na podobnych zasadach zostały ustalone maksymalne dawki dopuszczalne skażenia powierzchni miejsca pracy, rąk i odzieży osób pracujących z izotopami. Podstawowym warunkiem ustalenia tych norm jest ustalenie odsetek ilości substancji promieniotwórczych, które mogą trafić do wewnątrz organizmu ze skażonych rąk lub powierzchni miejsca pracy. W tabelicy nr 4 przytoczone są maksymalnie dopuszczalne poziomy skażenia powierzchni miejsca pracy, odzieży, obuwia i rąk a osób pracujących zawodowo z substancjami promieniotwórczymi.

Tabela 4.

N a z w a	Skażenie w rozpadach na minutę z powierzchni 150 cm ²			
	cząsteczki alfa		cząsteczki beta	
	przed dezaktywacją	po dezaktywacji	przed dezaktywacją	po dezaktywacji
1/Rece	75	tłó	5000	tłó
2/Bielizna i rącznik	75	"	5000	"
3/Ubranie bawełniane	500	100	25000	5000
4/Odzież powlekana	500	200	25000	10000

5/ Rękawice z zewnętrznej strony	500	100	25000	5000
6/ Obuwie ochronne -"-	500	200	25000	5000
7/ Miejsce pracy, sprzęt-oporządzenie.	500	100	25000	1000

W szeregu przypadków może wystąpić równoczesne działanie kilku czynników promieniotwórczych - na przykład napromienienie zewnętrzne promieniami gamma i neutronami przy równoczesnej obecności w powietrzu aerozolu promieniotwórczego. W takich wypadkach sumaryczna dawka wszystkich tych czynników nie powinna przekraczać maksymalnej dawki dopuszczalnej. Obowiązujące obecnie maksymalne dawki dopuszczalne dotyczące jak zewnętrznego tak i wewnętrznego napromienienia nie uwzględniają działania tła promieniotwórczego oraz napromienienia otrzymywanego przez ludzi podczas dokonywania zabiegów medycznych. Należy ich rozpatrywać jako dodatkowe obciążenie organizmów ludzi. Należy nadmienić, że obecne maksymalne dawki dopuszczalne są trzykrotnie niższe, od istniejących w latach ubiegłych. Wartość maksymalnej dawki dopuszczalnej stopniowo ulega zmianie w miarę uzyskiwania nowych informacji na temat biologicznego działania promieniowania. Dopuszczalne dawki napromienienia ludzi oraz maksymalne normy dopuszczalnego skażenia ludzi, powierzchni różnych obiektów, wody i żywności ciałami promieniotwórczymi w warunkach narażenia wojska podczas działań bojowych z użyciem broni jądrowej są podane w odpowiednich instrukcjach /Informator techniczny uzbrojenia i sprzętu Szt.Gen. 218/58; "Instrukcja o obronie wojsk przed bronią masowego rażenia" - Szt. Gen. 249/60/. przytoczę maksymalne dawki dopuszczalne promieniowania gamma przy ogólnym napromienieniu człowieka w.g. norm Armii Radzieckiej.

Sposób napromienienia	Dawka dopuszczalna w rentgenach
1	2
Jednorazowo w czasie	
- jednej dobowy	50
- pięciu dób	75
Kilkakrotnie w ciągu 10 dób i dłużej	10 r/doba = 100 r.
Systematyczne	1 r/doba /ale nie więcej od 100 r. na rok/

Uwaga: Powtórne napromienienie osób, które otrzymały 50 r jednorazowo lub w porcjach po 10 r/dobę, jest dopuszczalne tylko po dwumiesięcznej przerwie. Przy czym dawka sumaryczna w ciągu roku nie powinna przekroczyć 100 r. W wojnie współczesnej obecność skażenia promieniotwórczego będzie z zasady nagminną - dlatego nie wolno dopuszczać do jednorazowego naświetlenia w dawce 50 r. Dla przykładu w tabeli 5. Normy te są około 3 razy wyższe od norm obowiązujących dla narażenia zawodowego. Takie normy wynikają nie tylko z tego założenia, że narażenie wojskowe nie będzie trwało przez dłuższy czas, ale przede wszystkim z konieczności taktyczno-operacyjnych dających pierwszeństwo wykonaniu zadania bojowego z dopuszczeniem powstania choroby popromiennej, zwłaszcza u osób bardziej wrażliwych na działanie promieniowania jonizującego.

Działanie biologiczne różnych rodzajów promieniowania jonizującego zależy od szeregu czynników: rodzaju promieniowania, dawki napromienienia, czasu działania, rozmiarów powierzchni napromienionej oraz jej lokalizacji oraz od wrażliwości organizmu.

W zależności od charakteru działania promieniowania jonizującego rozróżniane są różne formy kliniczne porażień popromiennych.

Tabela 6

Formy kliniczne porażień popromiennych.

Porażenia popromienne	Forma kliniczna porażenia	Charakter działania promieniowania
Ostre	Ostra choroba popromienna	Zewnętrzne lub wewnętrzne napromienienie. Napromienienie w terenie skażonym substancjami / opadami / promieniotwórczymi oraz znaczne skażenie skóry.
Przewlekłe	Przewlekła choroba popromienna. Przewlekłe miejscowe porażenia popromienne.	Zewnętrzne lub wewnętrzne napromienienie. Napromienienie w terenie skażonym, skażenie substancjami promieniotwórczymi skóry.

W zależności od mocy dawki występują porażenia o różnym nasileniu. Napromienienie dawką 600 . 700 r przy działaniu na dużą powierzchnię ciała należy uważać za śmiertelne.

Przy ogólnym zewnętrznym napromienieniu w dawce 400 r 50% osób porażonych zginie. Jednak przy szybkim udzieleniu pomocy leczniczo-profilaktycznej odsetek ten może być w znacznym stopniu mniejszym. Przy ogólnym krótkotrwałym /jednorazowym/ działaniu promieniowania w dawce od 300 do 500 r powstaje ostra choroba popromienna III stopnia /ciężka/, przy napromienieniu dawką 200 - 300 r - ostra choroba popromienna II stopnia i od 100 do 200 r - choroba popromienna I stopnia /lekka/.

Jednak ciężar porażenia zależy poza tym od powierzchni napromienionej. Jeżeli przy jednorazowym napromienieniu na całą powierzchnię ciała dawką 600 r jest ona dla człowieka śmiertelna, to przy napromienieniu tą samą dawką małego odcinka skóry /kilku cm kwadratowych/ powstają tylko zmiany miejscowe skóry. Jednorazowe napromienienie dawką 300 - 400 r jednej trzeciej powierzchni ciała człowieka wywołuje ciężkie zachorowanie, a naświetlenie połowy powierzchni ciała może spowodować zejście śmiertelne. Napromienienie różnych odcinków ciała powoduje powstanie odmiennych wyników, tak należy zwrócić uwagę na wysoką wrażliwość na napromienienie klatki piersiowej i brzucha. Tabela 7 podaje orientacyjne dane o odsetek^{ek} niezdolności do dalszego udziału w działaniach wojennych stanu osobowego wojsk przy napromienieniu zewnętrznym.

Dawka promieniowania w rentgenach	% niezdolności do udziału w walce przy dawce dawce sumarycznej otrzymanej w ciągu		
	1 doby	2 - 5 dób	6-10 dób
300	100	100	100
275	100	100	90
250	100	85	75
225	75	60	55
200	50	40	35
175	35	25	20
150	20	15	10
125	10	7	5

100	5	3	0
75	2	0	0
50	0	0	0

Uwaga:

1. Przyjmuje się, że w wypadku 2-5 oraz 6-10 dobowego napromienienia stan osobowy otrzymuje mniej więcej jednako-
we dawki na każdą dobę.

2. Przy napromienieniu dawkami powyżej 250 r w czasie jednej doby i dawkami powyżej 300 r. w czasie 2-5 dób cały stan składu osobowego wojsk z zasady traci zdolność bojową bezpośrednio po napromienieniu lub w czasie napromieniania. W innych przypadkach połowa osób napromienionych traci zdolność bojową od razu po otrzymaniu dawki, a druga połowa - w okresie od drugiej doby do jedenastej w ilościach równych na każdą dobę.

Reakcja organizmu na działanie promieniowania jonizującego zależy w znacznym stopniu od jego stanu wyjściowego. Organizm człowieka posiada mniejszą wrażliwość w wieku 25 - 50 lat i jest bardziej wrażliwy w wieku dziecięcym lub podeszłym /powyżej 50 lat/. Przebycie choroby lub współistnienie choroby, a zwłaszcza zaburzenia ze strony centralnego układu nerwowego lub gruczołów wydzielania wewnętrzne-
go, choroby układu krwionośnego lub krwiotwórczego, przemarznięcie, przegrzanie, upośledzenie odżywienia itp., znaczenie obniżają odporność organizmu ludzkiego na wpływ promieniowa-
nia jonizującego.

VI. Ostra choroba popromienna.

a/ Ostra choroba popromienna po napromienieniu zewnętrznym.

Ostrą chorobą popromienną nazywamy ogólną chorobę wywołaną przez jednorazowe lub kilkakrotne napromienienie całego człowieka lub większej części jego ciała przez promienie jonizujące o dużej mocy przez dość krótki okres czasu.

W/g obserwacji dokonanych w Hiroszynie i Nagasaki w większości przypadków zachorowanie powstało na skutek działania promieni gamma i strumienia neutronów.

Charakterystyczną cechą przebiegu ostrej choroby popromiennej jest okresowość jej rozwoju. Rozróżniane są cztery okresy:

1. Okres początkowy - okres pierwotnego odczynu popromiennego.
2. Okres utajenia - okres ¹minimalnej pomyślności.
3. Okres rozwiniętych objawów choroby popromiennej - okres właściwej choroby.
4. Okres zejścia choroby /z częściowym lub całkowitym wyzdrowieniem/.

Przejście z jednego okresu w drugi odbywa się zazwyczaj stopniowo, okresy nie są wyraźnie rozgraniczone.

W/g nasilenia przebiegu ciężkiej choroby popromiennej jest ona podzielona na trzy stopnie przy czym okresowość przebiegu choroby najbardziej uwidacznia się przy porażeniach II i III stopnia.

Okres początkowy - /okres pierwotnego odczynu/ rozpoczyna się lub bezpośrednio po napromienieniu lub po 1-5 godzinach, w zależności od dawki napromienienia. Trwa zazwyczaj od kilku godzin do dwóch dób. Charakterystycznymi objawami tego okresu są zmiany ze strony układu nerwowego. Objawia się to nieznacznym pobudzeniem, niekiedy ogólnym osłabieniem, bólami głowy, zawrotami głowy, ogólną drażliwością, bezsennością.

Poza tym chorzy skarżą się na brak apetytu, pragnienie, suchość w jamie ustnej i gardle, nudności i dość często na często powtarzające się, ciągle wymioty. Następnie za objawami pobudzenia szybko następuje przygnębienie. Oglądając taką osobę możemy stwierdzić przekrwienie skóry twarzy, a niekiedy wyraźny obrzęk powłok skórnych, przekrwienie spojówek lub nawet drobne wybroczyny krwawe na śluzówkach. Badaniem neurologicznym w ciężkich przypadkach można stwierdzić wyraźny odczyn naczynioruchowy, wzmożenie odruchów ścięgnistych oraz wystąpienie odruchów patologicznych /Babińskiego, Rossolimo, Kerniga/. Tętno przyspieszone, ciśnienie krwi obniża się.

Badania krwi wykazują początkowy wzrost ilości leukocytów obojętnochłonnych /po 1 dobie/ z następnym postępującym obniżeniem ilości krwinek białych. Ciepłota ciała zazwyczaj podnosi się osiągając w pewnych przypadkach 38,0 - 39,0°C.

Rozpoznanie choroby w pierwszym okresie jest bardzo utrudnione. Po pierwsze dlatego, że u niektórych osób przy lekkim porażeniu objawy mogą być mało jaskrawe lub w ogóle mogą nie występować wcale. Po drugie dlatego, że główne objawy porażenia układu nerwowego - pobudzenie, euforia,^{1/} przygnębienie i inne nie posiadają cech specyficznych i mogą powstać na skutek przemęczenia psychicznego lub urazów psychicznych tak specyficznych współczesnym działaniom bojowym. Po trzecie dlatego, że równoczesne zaburzenie różnych czynności centralnego układu nerwowego i gorączka mogą wystąpić podczas innych chorób, a przede wszystkim na skutek chorób zakaźnych. Do tego należy dołączyć trudności przeprowadzenia dokładnego i wnikliwego badania chorych podczas masowego ich napływu w wypadku zastosowania broni jądrowej oraz ze względu na brak możliwości wykorzystania w tych warunkach laboratoryjnych metod badawczych /analizy krwi/. Wobec tego rozpoznanie pierwszego okresu musi opierać się nie tylko na danych wynikających z badania osób chorych /szczególną wagę należy przywiązywać do wystąpienia wymiotów oraz objawom przedmiotowym/ oraz na danych anamnezy /wywiadu/ /chory podaje, że przebywał w strefie skażonej/ ale także obowiązkowo na wynikach pomiarów dozometrycznych /kontrola dawkomierzy indywidualnych/.

Okres drugi - okres mniemanej pomyślności może trwać od kilku dni do 2 - 3 tygodni. Czym krócej trwa ten okres, tym cięższy będzie przebieg choroby. W najbardziej ciężkich przypadkach okres ten może w ogóle nie wystąpić

1/ Euforia /Euphoria/ - od greckich słów eu - dobrze + phora - przenoszę/ stan dobrego samopoczucia i błogości - bezpodstawne długotrwałe podniecenie samopoczucia, nie odpowiadające sytuacji życia osoby chorej.

i wtedy od razu za okresem odczynów pierwotnych występują wyraźne objawy choroby popromiennej. Natomiast po lekkich porażeniach - okres ten znacznie się przedłuża.

W toku II okresu samoporzucie osób porażonych poprawia się, zaburzenia ze strony układu nerwowego zmniejszają się lub całkowicie ustępują /po lekkich porażeniach/, ciepłota ciała powraca do normy. Jednak dość często pozostaje ogólne osłabienie, brak apetytu oraz zaburzenia trawienia. Badaniami krwi można stwierdzić ciągłe zmniejszanie się liczby krwinek białych i czerwonych oraz zmiany w budowie krwinek oraz w ich właściwościach.

Trzeci okres - okres nasilenia choroby popromiennej - okres ten w najbardziej ciężkich przypadkach rozpoczyna się bezpośrednio za okresem początkowym. Przy lżejszych porażeniach - po 2 - 3 tygodniach od napromienienia. Okres ten trwa 2 - 4 tygodnie i cechują go wyraźne pogorszenie ogólnego stanu zdrowia. Znowu występują bóle głowy, bezsenność, brak apetytu nudności, wymioty, niekiedy uporczywe zaburzenia jelitowe /biegunki, lub zaparcia na zmianę/ z intensywnymi bólami brzucha. Ogólne osłabienie pogłębia się. Chorzy tracą na wadze. Przy nasilonych biegunkach rozwija się wycieńczenie /kacheksja^{1/} popromienna/. Ciepłota ciała znowu podnosi się do 39,0 - 40,0⁰ i utrzymuje się na wysokim poziomie przez dłuższy czas.

Chorzy są przygnębieni, senni, apatyczni, nie chcą przyjmować pokarmów. Nawet oglądaniem zewnętrznym chorego można stwierdzić wypadanie włosów oraz zmiany powłok skórnych. Skóra sucha, łuszczy się. W ciężkich przypadkach występuje zaczerwienienie z powstaniem pęcherzy z następnym rozpadem i powstaniem zgożeli.

Na skórze widocznych śluzówkach występują liczne punkcikowate i nieco większe wybroczyny krwawe.

1/ Kacheksja - Cachexia/ - /od greckich słów cacos - kiepski + hexis - stan/ - ogólne wycieńczenie organizmu.

W okresie krwawych wybroczyn mogą nastąpić krwotoki z narządów wewnętrznych: płucne, żołądkowe, jelitowe, nerkowe itp.

Śluzówki jamy ustnej przekrwion^e, na śluzówkach, policzków, dziąseł i języka występują wybroczyny, owrzodzenia i ogniska martwicze. Język suchy, obłożony białym lub brunatnym nalotem, niekiedy "język gładki - lakierowany". Brzuch twardy bolesny na ucisk w okolicy jelita grubego.

Badania krwi wykazują duże zmiany /ciągle pogłębiające się/ jak w stanie ilościowym jej składników tak i w stanie jakościowym.

Odczyn Biernackiego /OB/ znacznie przyspiesza się /do 50-70 po godzinie/. Czas krwawienia wydłuża się do 30 i więcej minut. Czas krzepnięcia przekracza 12 - 14 minut. Jak widać z powyższego okres nasilonych objawów klinicznych całkowicie odpowiada swojej nazwie i polega na zaburzeniach czynności centralnego układu nerwowego, zespołu wybroczynowym, zaburzeniach tworzenia krwinek oraz zaburzeniami czynności układu trawiennego.

Okres ten charakteryzuje się poza tym znacznym obniżeniem odporności organizmu. Na skutek tego w toku choroby powstają różne powikłania. Stwierdzone są zapalenia migdałów, angina martwicza, ogniskowe zapalenie płuc z następnymi ropniami i zgózelami płuc, niekiedy powstaje uogólniona pasocznica. Zwłaszcza należy podkreślić fakt zmiany wrażliwości organizmu, porażonego promieniowaniem jonizującym, na różne środki lecznicze lub na ich dawkowanie. Wywiera ten bardzo duży wpływ na sposoby i środki leczenia osób chorych.

W zależności od otrzymanej dawki okres ten może trwać przez różny czas i przy pomyślnym przebiegu może być zakończony wyzdrowieniem. Wyzdrowienie następuje powoli i trwa 8 - 10 miesięcy. Podstawowymi objawami poprawy stanu są - poprawa samopoczucia, normalna ciepłota ciała, ustąpienie wybroczyn krwawych i wypadania włosów, poprawa na wadze, przywrócenie normalnych stolców. Powoli zmniejszają się i następnie ustępują całkiem bóle głowy, zawroty głowy itp. Obraz krwi powraca do normy.

Przebieg choroby popromiennej i jej zejście w znacznym stopniu zależą od napromienienia / dawki, powierzchni napromienionej, czasu napromienienia itp/ oraz od wrażliwości organizmu /wiek, stan zdrowia, cechy osobnicze i t.p./ . Wobec powyższego został przyjęty podział porażen w.g. ich stopnia napromienienia. I stopień - okres początkowy może w ogóle nie wystąpić lub jest bardzo słabo zaznaczony - stwierdza się nieznaczne pobudzenie, drażliwość, niekiedy nieznaczny ból głowy, ogólne osłabienie. Okres utajenia wydłużony i trwa ponad dwa tygodnie. W okresie rozwoju wyraźnych objawów chorobowych /III okres/ objawy chorobowe są słabo wyrażone - brak znacznych zaburzeń ze strony centralnego układu nerwowego, wybroczyny w ogóle całkiem nie występują, leukopenia nie rozwija się /nie sięga poniżej 2000 - 3000 leukocytów w 1 mm³/ . Poprawa następuje dość szybko.

II stopień ostrej choroby popromiennej:

- okres odczynów pierwotnych trwa 1 - 2 doby;
 - okres utajenia - 1 - 2 tygodnie;
 - okres III rozwija się powoli, zespół wybroczynowy dość słabo nasilony;
- liczba leukocytów obniża się do 1500 - 1000 w 1 mm³.
Poprawa przewleka się.

III stopień ostrej choroby popromiennej:

- okres odczynów pierwotnych charakteryzuje się ostro zaznaczonymi objawami. Gwałtowne zaburzenia czynności centralnego układu nerwowego /ból głowy, zawroty, - głowy, niekiedy - utrata świadomości/ .
- Zmiany skóry i widocznych śluzówek /przekrwienie, obrzęk/ .
Zaburzenia ze strony układu trawiennego /wymioty, biegunki/ .
Okres utajenia najczęściej trwa 3 - 5 - 7 dni, a w cięższych przypadkach zazwyczaj nie występuje. Okres rozwiniętych objawów chorobowych wykazuje ciężki przebieg choroby.
- Jaskrawie wyrażone są objawy porażenia centralnego układu nerwowego /zanik świadomości, odruchy patologiczne/ ; zespół wybroczynowy /wylewem krwi do narządów, tkanek, krwotoki z narządów wewnętrznych/ ; ostre zaburzenia czynności szpiku.

Ilość leukocytów w 1 mm³ może obniżyć się do 50 i nawet mniej.

Zdrowienie znacznie zahamowane /8 - 9 miesięcy/; chorobie towarzyszą z zasady różne powikłania.

Przewidywanie dalszego toku przebiegu ostrej choroby popromiennej zależy od stopnia jej nasilenia, od możliwości szybkości umieszczenia osoby chorej w szpitalu oraz od możliwości leczenia. Duże znaczenie ma możliwość współistnienia porażenia popromiennego z porażeniami spowodowanymi i przez inne czynniki rażenia. W tym przypadku przebieg ostrej choroby popromiennej okresu wojennego posiada niektóre charakterystyczne właściwości.

W związku z tym, że choroba popromienna w okresie działań bojowych powstaje na skutek zastosowania przez nieprzyjaciela broni jądrowej u osób poszkodowanych w poważnym stopniu stwierdzone są porażenia kombinowane. Przebieg zachorowania uwarunkowany jest nie tylko wpływem promieniowania jonizującego, ale i takich czynników jak: promieniowanie świetlne /oparzenia/, fala podmuchu /urazy mechaniczne, uszkodzenia czynności układu nerwowego, narządów wewnętrznych/, a także obecnością uszkodzeń mechanicznych /złamania, zwichnięcia, rany, potłuczenia itp./ wywołanych tak zwanymi czynnikami wtórnymi /padające drzewa, odłamki burzonych budynków itp./ . Wszystko to daje podstawę do twierdzenia, że przebieg choroby popromiennej w warunkach bojowych w większości ~~przykładów~~ przypadków będzie łączył się z szeregiem zmian układu nerwowego i narządów wewnętrznych, wywołanych oparzeniami i urazami mechanicznymi /tak zwane kombinowane porażenia - ~~maksty~~/.

Cięższy przebieg ostrej choroby popromiennej w warunkach wojny uwarunkowany jest szeregiem różnych czynników. Przede wszystkim zachodzą znaczne zmiany ogólnej wrażliwości organizmu ludzkiego oraz obniżeniu odporności na działanie promieni jonizujących /wzmoczone napięcie nerwowo - psychiczne, wzmoczony wysiłek fizyczny, nie regularne i gorsze odżywianie itp./.

Do tego należy dodać, że u niektórych osób wojskowych wrażliwość organizmu będzie zmieniona na skutek powtórnego działania małych dawek promieniowania jonizującego /znajdy-

wali się daleko od miejsca wybuchu/ zasadniczo nie wywołujących powstania choroby popromiennej.

Wszystkie to razem wzięte może spowodować powstanie ciężkich i bardzo ciężkich przypadków ostrej choroby popromiennej w warunkach wojny nawet od takich dawek promieni jonizujących, które w innych warunkach wywołałyby powstanie choroby o stosunkowo łagodnym przebiegu /o lekkim lub średnim nasileniu/.

Wychodząc z tych samych założeń można przewidywać, że podczas wojny ostra choroba popromienna I stopnia będzie w szeregu przypadkach, powstawać po zadziałaniu promieniowania jonizującego w dawkach niższych od 100 rentgenów /60-90/, czego z zasady nie spodziewamy się w warunkach pokojowych.^{2/}

Mniej pomyślny przebieg ostrej choroby popromiennej w czasie wojny objawia się znacznie cięższym i rozpoczynającym się nieco szybciej wystąpieniem odczynów pierwotnych /zapaść popromienna, utrata świadomości, ciągłe wymioty i inne/. Okres utajenia ulega znacznemu skróceniu z możliwością bezpośredniego przejścia okresu objawów pierwotnych w okres trzeci - okres pełnego rozwoju choroby.

Trzeci okres będzie przebiegał znacznie ciężiej i dłużej, przy czym wystąpią różne powikłania /posocznica^{2/}, zapalenie płuc i t.p./. Wśród powikłań należy przewidywać częste wtórne kwrotoki, zwłaszcza w wypadku istnienia porażeń kombinowanych - rany, złamania i oparzenia. C

Ciężki przebieg choroby popromiennej okresu wojennego ujemnie wpływa na zagadnienie przydatności chorych do dalszej ewakuacji. Liczba chorych nie nadających się do dalszego transportu, znajdujących się na przednich etapach ewakuacji medycznej, znacznie wzrośnie nie tylko na skutek ciężkiego przebiegu choroby, ale i na skutek wczesnego rozwoju stanów beznadziejnych /chorzy w stanie agonii/.

1/ "Wojenno-polewaja terapia" - Mcska 1961 r str. 95.

2/ Posocznica - sepsis /greckie sepsis - gnicie/ - ogólna ciężka choroba, uwarunkowana cyrkulacją we krwi osoby chorej zarazków chorobotwórczych i ich toksyn.

b. Specyfika przebiegu ostrej choroby popromiennej wywołanej substancjami promieniotwórczymi przy ich trafieniu do wnętrza organizmu /po skażeniu wewnętrznym/

W terenie skażonym substancjami promieniotwórczymi /S.P./ z zewnątrz mogą działać równocześnie promienie gamma oraz cząsteczki beta. Ale substancje promieniotwórcze mogą trafiać do wnętrza organizmu. Wrotami wejścia tych substancji są drogi oddechowe, przewód pokarmowy, powierzchnie ran i oparzeń. Przy dużym skażeniu skóry pewna część izotopów promieniotwórczych może trafić do krwi nawet przez skórę nie uszkodzoną.

Specyfika przebiegu i ciężar ostrej choroby popromiennej powstałej na skutek wewnętrznego skażenia uwarunkowany jest dawką substancji promieniotwórczych wnikłych do organizmu, ich rozpuszczalnością i wchłanianością, specyfiką rozmieszczenia w narządach i tkankach, wrotami wniknięcia do organizmu oraz szybkością rozpadu i wydalania różnych izotopów promieniotwórczych z organizmu.

Wchłanianie tak samo i umiejscowienie izotopów promieniotwórczych zależy od ich właściwości fizyko-chemicznych. Na przykład, wiadomym jest, że izotopy strontu, baru, cezu, jodu i innych w znacznej części /80 - 100 % wnikłej ilości/ ulega wchłonięciu do krwi w przewodzie pokarmowym. Inne izotopy /cezu, itru, cyrkonu /minerał $Z\ Si\ O_4$ / są wchłaniane w nieznacznym stopniu /0,05 - 1%/. Inne /mieszanka izotopów występujących w produktach podziału uranu/ w przewodzie pokarmowym wchłaniane są do krwi w granicach 2 - 16% od ilości, która trafiła do przewodu pokarmowego, a pozostała ilość wydalana jest z kałem w ciągu pierwszych 2 - 4 dni. Przy wniknięciu mieszaniny tych izotopów do organizmu z wdechowanym powietrzem do płuc - w płucach zatrzymywanych jest 5 - 15%, do krwi wsysa się 10 - 35% całej ilości. Znaczna część środków promieniotwórczych wnikłych do organizmu na drodze oddechowej po wykrztuszeniu połykana jest z płwociną i następnie wydalana się ze stolcem w przeciągu pierwszych 2 - 4 dni.

Po wejściu do organizmu niektóre izotopy /stront, itr, cyrkon i inne/ gromadzą się i są zatrzymywane w kościach, cer, lantan - w wątrobie; cez, ruten, sód i inne - mniej więcej ~~równomiernie~~ równomiernie w całym organizmie; uran zatrzymuje się w nerkach, a jod jest wychwytywany przez tarczycę.

Wydalanie izotopów promieniotwórczych odbywa się przeważnie przez przewód pokarmowy oraz przez nerki. Szybkość wydalania izotopów jest różna: jedną /cez, ruten/ wydalone są dość szybko, inną /strⁿót, cer, itr/ - powoli. Całkiem zrozumiałym jest to, że działanie rażące wywołują nie tylko te substancje, które trafiły do krwi, ale i te, które nie uległy wchłonięciu w czasie przejścia przez drogi oddechowe i przewód pokarmowy.

Przebieg i objawy choroby popromiennej wywołanej wewnętrznym skażeniem substancjami promieniotwórczymi zasadniczo jest podobny do przebiegu i objawów choroby popromiennej powstałej na skutek napromienienia zewnętrznego. Pomimo tego stwierdzane są pewne cechy charakterystyczne oraz duże urozmaicenie jej przebiegu uwarunkowane takimi czynnikami, jak: wrota wejścia, ilość i skład substancji promieniotwórczej.

Choroba popromienna powstała na skutek skażenia wewnętrznego - może mieć ostry przebieg tylko przy wniknięciu bardzo dużych ilości substancji promieniotwórczych. Ostra choroba popromienna powstała na skutek skażenia wewnętrznego z zasady nie posiada okresu odczynów pierwotnych, okres utajony jest bardzo krótki, często brak wybroczyn w skórze i widocznych śluzówkach, bardzo rzadko następuje wypadanie włosów.

Przy trafieniu substancji promieniotwórczych poprzez układ trawienny w obrazie klinicznym dominują objawy ostrego nieżytu jelit. W ciągu 2 - 3 dni po skażeniu stwierdza się przedyspozycja do zaparć, następnie obniża się łaknienie, rozpoczynają się biegunki - niekiedy z domieszką krwi, śluzu i ropy /przy ciężkich porażeniach/. Wyczerpujące biegunki doprowadzają do szybkiego wycieńczenia organizmu. Zmiany u składu krwi zależą od intensywności wchłaniania izotopu w przewodzie pokarmowym. Na przykład przy skażeniach zawierają-

cych stront, bar, cez itp. po 10 - 12 dobach występuje ostra leukopenia^{1/} /400 - 100 krwinek białych 1 mm³ krwi/. Liczba trombocytów znacznie zmniejsza się. Na szczycie choroby rozwija się anemia^{2/} niedobarwliwa.

W wypadku trafienia substancji promieniotwórczych poprzez drogi oddechowe po krótkim czasie utajenia powstają wrzodziejące - martwicze anginy, zapalenia dziąseł, nieżytowe, lub nieżytowo - ropne zapalenia oskrzeli, zapalenia płuc. Dość często przy tym występują zmiany ze strony przewodu pokarmowego - powstające na skutek połykania substancji promieniotwórczych ze śliną i plwociną.

Rozpoznanie ostrej choroby popromiennej powstałej na skutek skażenia wewnętrznego jest bardzo utrudnione. Należy brać pod uwagę dane otrzymane z wywiadu mówiącego o możliwości wewnętrznego skażenia /pobyt osoby poszkodowanej w terenie skażonym bez środków ochrony, jedzenie skażonej żywności, picie skażonej wody itp/. Dużą pomoc w ustaleniu rozpoznania okazują badania krwi, plwociny, moczu, kału na obecność w nich substancji promieniotwórczych, a także wykrywanie substancji promieniotwórczych wewnątrz organizmu na drodze pomiarów gamma promieniowania ciała ludzkiego /liczniki w okolicy kości itp./

c/ Ostre miejscowe zmiany popromienne.

Miejscowe zmiany popromienne na skórze powstają na skutek połączonego działania beta i gamma promieniowania terenu skażonego substancjami promieniotwórczymi i po trafieniu znacznej ilości tych substancji na skórę. Takie same zmiany skóry mogą powstać na skutek działania dużych dawek promieni rentgenowskich.

Ostre popromienne zapalenie skóry powstaje na skutek jednorazowego napromienienia dużą dawką promieni

-
- 1/ Leukopenia /Leucopenia/ - /od greckich słów lencos = biały + penia = bieda = mało/ = zmniejszenie ilości białych krwinek/
2/ Anemia /Anaemia/ - /od greckich słów -an- przedrostek = o znaczeniu zaprzeczenia + harma-krew/ = niedokrwistość.

jonizujących /przeważnie beta promieniowaniem/ lub po długotrwałym bezpośrednim kontakcie skóry ze źródłem promieniotwórczym.

Porażenia popromienne skóry przyjęto dzielić w.g. ich nasilenia na cztery stopnie oraz na cztery okresy rozwoju zmian popromiennych.

Okres pierwotnych odczynów rozpoczyna się po 3 - 4 godzinach po napromienieniu - występuje pieczenie, niekiedy ból, nieznaczny obrzęk skóry, zaczerwienienie i niekiedy nawet drobne wybroczyny /przy porażeniach III stopnia/. Następnie objawy te częściowego /III stopnia/ lub całkowicie ustępują. Przy porażeniach popromiennych skóry I i II stopnia odczyn popromienny pierwotny objawia się krótkotrwałym zaczerwienieniem lub może być wcale nie zaznaczony.

Okres utajenia trwa od 1 - 2 dni /III stopień/ do 2 tygodni i dłużej /I stopień/. Przy bardzo ciężkich zapaleniach skóry /IV stopień/ okres utajenia w ogóle może nie wyróżnić się i w tym przypadku objawy pierwotne bezpośrednio przechodzą w okres ostrego zapalenia skóry.

Okres ostrego zapalenia skóry rozpoczyna się z nawrotu pierwotnych odczynów popromiennych - odczuwanie pieczenia, bólu, występuje przekrwienie, a następnie dość szybko występuje obrzęk z niebiesko - fioletowym zabarwieniem i później powstają pęcherze.

Przy ciężkich porażeniach /III i IV stopnia/ szybko formują się złane pęcherze, na których szybko powstają nadżerki i owrzodzenia z żółto-białą warstwą martwicy.

Miejscowym zmianom skóry towarzyszą odczyny ogólne: podniesienie ciepłoty ciała /gorączki/, przyspieszenie OB i zmiany obrazu krwi białej. Dość często stwierdza się obrzęk najbliższych węzłów chłonnych. Nasilenie objawów chorobowych i czas trwania choroby mogą być urozmaicone i są zależne od stopnia porażenia. Tak porażenie I stopnia powoduje utrzymywanie się stanu zapalnego przez 10 - 12 dni, przy tym odczyny ogólne nie występują. Przy zapaleniach III i IV stopnia ostry stan zapalny utrzymuje się około miesiąca i dłużej oraz zmianom miejscowym towarzyszą odczyny ogólne.

Ostre zmiany zapalne powoli przygasają i całkiem giną, skóra łuszczy się i w tym miejscu może pozostać tylko lekkie przebarwienie /I stopień/. W bardziej ciężkich przypadkach przez czas dłuższy /3 - 6 m-cy i dłużej/ odcinek porażonej skóry pozostaje suchy, atroficzny^{1/}, bolesny oraz szybciej ziębnie. Niekiedy na tych odcinkach powstaje nadmierne rogowacenie skóry. Przez dłuższy czas utrzymują się zaburzenia troficzne - atrofia skóry, nawroty nadżerek i owrzodzeń. Po bardzo ciężkich porażeniach /IV stopnia/ dość często na odcinkach porażonego ciała powstają zmiany martwicze kości. Bliznowaceniu tkanek mogą towarzyszyć przykurcze mięśni, chroniczne owrzodzenia troficzne oraz róża skóry^{2/}.

d/ Pierwsza pomoc i leczenie osób chorych na ostrą chorobę popromienną.

Leczenie chorych na ostrą chorobę popromienną musi uwzględniać indywidualne cechy każdego przypadku i musi być rozpoczęte w jak najkrótszym czasie od chwili napromienienia. Bardzo ważnym warunkiem prawidłowej organizacji leczenia chorych na ostrą chorobę popromienną okresu wojennego jest odpowiednia segregacja osób napromienionych. Już na wysuniętych etapach ewakuacji medycznej przy segregacji osób porażonych należy wyróżniać dwie grupy:

1. osoby, które zostały skażone substancjami promieniotwórczymi /zanieczyszczenia zewnętrzne i wchłonięcie środków promieniotwórczych do wewnątrz/;
2. osoby, które uległy napromienieniu zewnętrznemu bez zanieczyszczenia środkami promieniotwórczymi.

Wyróżnienie pierwszej grupy podyktowane jest koniecznością izolacji tych ludzi od reszty porażonych /aby uniknąć skażenia tych, którzy nie ulegli skażeniu przed tym/ oraz ze względu na konieczność poddania tych osób zabiegom specjalnym w celu usunięcia skażenia zewnętrznego. Podział na te dwie grupy jest wskazany poza tym ze względu na konieczność różnicowania przedsięwzięć leczniczo - profilaktycznych.

-
- 1/ Atrofia / Atrophia/ /od greckich słów a-brak+ trophos - odżywienie/ - brak odżywienia - nie odżywiony /ciężki/
 - 2/ Róża skóry - miejscowy stan zapalny skóry, któremu towarzyszą odczyny ogólne podwyższona ciepłota, dreszcze i tp.

Pierwsza pomoc w rejonie skażonym musi przede wszystkim zabezpieczyć przed dalszym wchłanianiem substancji promieniotwórczych do organizmu. Zapewniamy to szybkim ubraniem maski przeciwgazowej lub maski izolacyjnej, w wypadku uszkodzenia lub braku maski można wykorzystać gazę i watę przesłaniając nos i usta kilkoma warstwami bandażu z watą. Następną czynnością jest szybka ewakuacja osób poszkodowanych z rejonu skażonego.

Przy udzielaniu pomocy poza rejonem skażonym należy przede wszystkim spowodować wystąpienie wymiotów /drażnieniem języka i podniebienia/.

Następnie należy opłukać jamę ustną i obmyć wodą otwarte części skóry /twarz, szyja, ręce/. W ramach udzielania pierwszej pomocy należy dokonać płukania żołądka z użyciem sondy^{1/} /ewentualnie bez sondy/ następnie podajemy środek adsorbujący /siarczek baru - 50 g, węgiel aktywowany 10 g na szklankę wody/ po 5 - 10 minutach powoduje się wymioty drażnieniem podstawy języka lub 0,25 - 0,5 ml 1% roztworem chlorkowodoru apomorfiny. Po ustąpiu wymiotów należy powtórnie podać środek adsorbujący w tej samej dawce i następnie podać środek przeczyszczający /400 - 500 ml 5% roztwór kwaśnego siarczanu magnezu lub sodu lub 30 g oleju rycynowego/. W tych przypadkach ^{ze względu na} kiedy stan zdrowia porażonego /rany klatki piersiowej, brzucha, niewydolność krążenia itp/ wprowadzenie sondy żołądkowej i wywoływanie wymiotów będą przeciwwskazane należy zalecić stosowanie tylko adsorbentu i środka przeczyszczającego.

Przy udzielaniu pierwszej pomocy osobie poszkodowanej w nieco późniejszym czasie /po 8 - 12 i więcej godzinach po skażeniu/ należy tak samo stosować płukanie żołądka lub wywoływać sztucznie wymioty oraz stosować środki adsorbujące. Skuteczność tych zabiegów będzie niestety już bardzo mała. Środki przeczyszczające a także głębokie lewatywy można stosować w ciągu następnych 3 - 5 dób.

Przy skażeniach poprzez drogi oddechowe należy dodatkowo stosować środki wykrztuśne /syropy/.

Leczenie miejscowych porażień popromiennych przeprowadzane jest w zależności od nasilenia objawów zapalenia

skóry.

1/ Sonda do płukania żołądka - dość gruba rurka gumowa długości ok. 0,5 m.

W przypadkach cięższych wskazanym jest podawanie antybiotyków, środków ogólnie wzmacniających oraz stosować blokady nowokainowe.

VII. Przewlekła choroba popromienna i leczenie osób chorych.

Przewlekła choroba popromienna powstaje najczęściej na skutek systematycznie powtarzających się zewnętrznych napromieniowań w dawkach przewyższających maksymalne dawki dopuszczalne. Przewlekła choroba popromienna poza tym może powstać na skutek długotrwałego działania małych ilości substancji promieniotwórczych, które wnikły do wnętrza organizmu. Warunki wojny współczesnej będą stwarzać przesłanki do powstawania przewlekłej choroby popromiennej wśród stanu osobowego wojsk.

Przewlekła choroba popromienna będzie występowała u osób nie przestrzegających środków zapobiegawczych i ochronnych podczas prac z substancjami promieniotwórczymi i różnymi źródłami promieni jonizujących. Objawy przewlekłej choroby popromiennej mogą być bardzo urozmaicone nie tylko w.g. ciężkości przebiegu choroby ^{również} także w.g. objawów porażenia. Zależy to od dawki napromienienia, sposobu napromienienia /zewnętrzne lub wewnętrzne/ oraz poza tym od stanu organizmu.

Przewlekła choroba popromienna może ujawnić się w różnych odstępach czasu /niekiedy nawet po kilku latach/ od rozpoczęcia działania na organizm promieniowania jonizującego. Zależy to od dawki sumarycznej napromieniowania oraz stanu organizmu - jego wrażliwości. Przewlekła choroba popromienna charakteryzuje się zaburzeniem czynności różnych układów i narządów, a przede wszystkim centralnego układu nerwowego, układu krążenia i układu wytwarzającego krew. Chorzy na przewlekłą chorobę popromienną, powstałą na skutek napromienienia zewnętrznego skarżą się na ogólne osłabienie, obniżenie samopoczucia, ospałość, szybkie przemęczenie, obniżenie zdolności do pracy, drażliwość, niespokojny sen /utrudnienie zaśnięcia, czujny sen, widzenie senne w charakterze trwogi/ lub nawet całkowita bezsenność; obniżenie pamięci, bóle głowy, zawroty głowy; niekiedy obniżenie łaknienia i objawy niestrawności.

Jednak dość często ci chorzy nie podają żadnych skarg, a choroba zostaje ujawniona podczas badania profilaktycznego na podstawie zmian obrazu krwi.

Przytoczone powyżej subiektywne odczucia osób chorych na przewlekłą chorobę popromienną nie posiadają specyficznych cech i mogą występować podczas różnych chorób, wobec tego rozpoznanie przewlekłej choroby popromiennej poza wszechstronnym zbadaniem chorego powinno opierać się na materiałach uzyskiwanych z rozmowy z osobą chorą w celu otrzymania danych o ewentualnym narażeniu się na działanie promieniowania jonizującego oraz na wynikach pomiarów dozymetrycznych /posiadanie przez osobę poszkodowaną indywidualnej komory dozymetrycznej itp/.

Już w czasie oglądania osoby chorej rzuca się w oczy pewna bledość powłok skórnych /w późniejszych fazach choroby/, skóra wiotka, niekiedy sucha, włosy wypadają. W cięższych przypadkach można stwierdzić objawy wybroczynowe /krwawienie z dziąseł, wybroczyny skórne/. Niekiedy mogą być stwierdzone chroniczne zmiany skóry rąk /u osób, które podczas pracy narażają ręce na działanie promieni jonizujących o dawkach przekraczających dopuszczalne/, skóra cieńsza na kończynkach palców, zrogowaciała.

Podczas trwania przewlekłej choroby popromiennej powstają charakterystyczne zmiany obrazu krwi. Zmiany krwi czerwonej początkowo są dość małe - spada ilość krwinek czerwonych oraz obniża się zawartość hemoglobiny. Wskaźnik barwny wzrasta i sięga 1. Wcześniejszym i znamionym objawem przewlekłej choroby popromiennej są zmiany krwi białej. Objawia się to zmianami wzoru krwi białej oraz spadkiem ilości krwinek białych. Liczba krwinek białych może zmniejszyć się do 1200 - 1100 mm^3 i niekiedy nawet jeszcze bardziej.

Należy jednak pamiętać, że w zależności od szeregu czynników dość rzadko stwierdzone są wszystkie objawy równocześnie. Jedni chorzy posiadają wyraźne objawy ze strony układu nerwowego, inni ze strony układu naczyniowego, inni znów ze strony układu krwiotwórczego itp. Powstaje to widocznie na skutek różnic stanu makraorganizmu w całości i jego układów i narządów, stanu zdrowia /choroby przed napromienieniem/

oraz różnicami działania promieni jonizujących = dawka, czas działania, powierzchnia itp. Należy pamiętać, że w związku z ostrym obniżeniem odporności i zdolności regeneracyjnych organizmu, przebieg szeregu zachorowań na tle przewlekłej choroby popromiennej posiada szereg specyficznych cech. Zapalenia przebiegają skryto, ospale, objawy kliniczne słabo wyrażone. Zapalenie płuc przebiega bez dużej gorączki, liczba krwinek białych we krwi nie wzrasta. Taki przebieg chorób często utrudnia wykrycie w odpowiednim czasie, a wobec tego i leczenie szeregu chorób u ludzi cierpiących na przewlekłą chorobę popromienną.

a/ Specyfika przebiegu przewlekłej choroby popromiennej powstałej na skutek wewnętrznego skażenia substancjami promieniotwórczymi.

Objawy i przebieg przewlekłej choroby popromiennej rozwijającej się na skutek napromienienia wewnętrznego, zachowując na ogół podstawowe cechy zachorowania, posiadają poza tym swoje odrębności. Odrębności te wynikają z różnic składu izotopów promieniotwórczych, ich ilości, dróg wniknięcia do organizmu oraz dróg wydalania.

Przy wniknięciu substancji promieniotwórczych do organizmu przez drogi oddechowe często stwierdzane są zmiany ze strony dróg oddechowych /zapalenie oskrzeli, tchawicy, martwica tkanki płucnej/.

Na skutek połykania izotopów promieniotwórczych, a także wydalania ich z organizmu przez jelito grube - powstają objawy zaburzeń trawienia i wydalania /brak kwasu żołądkowego, zaparcia lub biegunki/. W cięższych przypadkach powstać mogą zapalenia jelita grubego z powstaniem owrzodzeń i krwotoków z jelita grubego. Dość często równocześnie ulega uszkodzeniu wątroba.

W wypadku wniknięcia do wewnątrz jodu promieniotwórczego /powstałego równocześnie z innymi produktami wybuchu jądrowego/ - występują zaburzenia czynności tarczycy. Wydalanie niektórych izotopów promieniotwórczych przez nerki /a niekiedy i na skutek wybiórczego odkładania się niektórych izotopów w nerkach/ doprowadza do zaburzenia czynności nerek kończące się w późniejszym czasie zmianami martwiczymi nerek.

Podczas przewlekłej choroby popromiennej rozwijającej się na skutek skażenia wewnętrznego częściej i szybciej powstaje anemia, wcześniej występują objawy zmniejszenia krzepliwości, przedłużenie czasu krwawienia itp.

Dość często występują objawy zapalenia nerwów / bóle na przebiegu pni nerwowych, bóle kończyn, kręgosłupa itp/.

Bardzo pomocnym w ustaleniu rozpoznania przewlekłej choroby popromiennej, powstałej na skutek wniknięcia do organizmu substancji promieniotwórczych, są badania aktywności promieniotwórczej kału, moczu oraz autoradiografia.^{1/}

VIII. Zasady ochrony przed napromienieniem zewnętrznym ze źródeł zamkniętych i otwartych

a/ Ochrona przy pomocy środków chemicznych.

Pod pojęciem ochrony przeciwpromiennej przy pomocy środków chemicznych lub farmakologicznych /leczniczych/ rozumiemy osłabienie skutków działania promieniowania na organizm na drodze wprowadzenia do organizmu niektórych substancji przed lub podczas działania promieniowania jonizującego.

Możliwość ochrony organizmu człowieka przy pomocy środków leczniczych wywołuje bardzo duże praktyczne i teoretyczne zainteresowanie.

Taka ochrona mogła by mieć duże zastosowanie w warunkach pokojowych /pracownicy zakładów jądrowych, w medycynie itp/, a przede wszystkim w warunkach wojny jądrowej.

Obecnie znane jest szereg związków o różnej budowie chemicznej, wprowadzenie których zwierzętom doświadczalnym na chwilę przed napromienieniem chroni je przed szkodliwym działaniem promieni X lub gamma. Do związków tych należą aminokwasy zawierające siarkę /cysteina, metionina, cystyna/, różne tiaminy /B - merkaptoetilamina/, aminy /tryptamina/,

1/ Autoradiografia - utrwalenie śladu tkanek i narządów na kliszy promienioczułej /fotograficznej/ na skutek obecności w tych tkankach substancji beta lub gamma aktywnych.

szereg witamin, hormonów, kwasów tłuszczowych itp.

Te substancje chroniące wprowadzane są /wstrzykiwane/ w dużych ilościach. Obecność ich we krwi powoduje znaczne zmiany przemiany materii organizmu przy czym w tych zmienionych przemianach biorą udział nie tylko związki wstrzyknięte ale i substancje zwykle znajdujące się w organizmie. Działanie ochraniające tych związków okazuje się zazwyczaj skutecznym tylko pod warunkiem wprowadzenia ich do organizmu tuż przed rozpoczęciem działania promieni, a natomiast nie jest skuteczne jeżeli lek zostanie zastosowany w pewnym odstępie czasu przed napromienieniem.

Badania nad wykorzystaniem środków leczniczych nadających się do zapobiegania rozwojowi choroby popromiennej są narazie w fazie badań laboratoryjnych i rokują duże nadzieje.

b/ Ochrona przy pomocy środków fizycznych.

1. Ochrona przez odległość

Sposoby ochrony przez odległość polegają na odsunięciu organizmu od źródła promieni na bezpieczną odległość. Stosowanie tych metod jest możliwym w warunkach prac pokojowych /laboratoria/.

W celu ochrony przed środkami promieniującymi cząsteczki alfa, zasięg których w powietrzu nie przekracza 10 cm wystarczy odległość w granicach 10 - 15 cm.

W przypadku źródła promieni beta, zasięg których w powietrzu sięga niekiedy nawet kilkunastu metrów sprawa komplikuje się. Jednak w miarę oddalania od źródła promieniowania, natężenie promieni beta maleje i to szybciej niż to wynika z prawa kwadratu odległości.

Do ochrony przez odległość w wypadku istnienia źródła promieni gamma lub rentgenowskich, które posiadają wysoką przenikliwość, odległość ma dość dmałe znaczenie, ale pomimo to należy przestrzegać tę zasadę - zwłaszcza w obawie przed promieniami miękkimi i rozproszonymi. W celu ochrony przed promieniami neutronów należy stosować prawo odległości.

W warunkach prac laboratoryjnych należy korzystać z przyrządów zabezpieczających utrzymanie bezpiecznej

odległości od źródła promieniowania. Do takich przyrządów możemy zaliczyć wszelkiego rodzaju manipulatory do zdalnego sterowania /pensety, uchwyty, zdalne pipety itp/.

2. Ochrona przy pomocy osłon.

W przypadkach kiedy ochrona przez odległość jest mało skuteczna, lub nie jest możliwa do realizacji są stosowane osłony.

Cząsteczki alfa nie wymagają użycia żadnych specjalnych osłon, gdyż zwykłe ubranie, a nawet zrogowaciała warstwa naskórka na skórze naszych rąk jest dostateczną ochroną przed napromienieniem zewnętrznym.

Cząsteczki beta wymagają stosowania osłon z lekkich /o małej liczbie atomowej/ materiałów - mogą to być aluminium, masy plastyczne, szkło, zwykła guma itp. /Patrz rozdział "Oddziaływanie promieni przenikliwych α na materię"/. Grubość materiału ochronnego przed promieniowaniem beta przyjmuje się równą maksymalnemu zasięgowi tych cząsteczek w danym materiale. Na przykład zazwyczaj wystarcza 5 - 10 mm płyta z pleksyglasu.

Promieniowanie rentgenowskie i gamma są /prawie w jednakowym stopniu zatrzymywane przez osłony wykonane z materiałów ciężkich /o wysokiej liczbie atomowej/.

Materiałami najczęściej stosowanymi są: ołów, baryt, baryto-beton, beton, żelazo, żelazo-beton i inne. Za podstawowy materiał używany do zatrzymywania promieni rentgena i gamma uważa się ołów, ze względu na to zdolność chroniąca innych materiałów jest obliczana w stosunku do ołowiu.

Poniżej podaję kilka materiałów używanych do wykonywania osłon oraz miejsca ich stosowania w pracowniach rentgenowskich.

Ołów /gęstość 11,34 g/cm³/.

Stosowany jest: do obijania drzwi, ścianek ochronnych, do obicia skrzyń i szafek przeznaczonych do przechowywania materiałów fotograficznych w pracowniach rentgenowskich. Ołowiem są obijane podłogi i sufity pracowni rentgenowskich i gamma defektoskopii. Z ołowiu są wykonywane wszelkie przesłony, tubusy itp. przeznaczone do ograniczenia wiązki promieni.

Materiały zawierające ołów.

a. Szkło ołowiowe /gęstość 3,4 - 4,6 g/cm³/.

Jest to stop szkła z ołowiem. Szyby ze szkła ołowiowego są stosowane w ekranach fluoryzujących aparatach rentgenowskich do prześwietleń, w okienkach ścianek ochronnych pracowni rentgenowskich. Szyby mogą posiadać różną grubość, ale na każdej szybie jest zaznaczona jakiej grubości ołowiu ona odpowiada /równoważnik ołowiu/. Na przykład szyba grubości 20 mm ma współczynnik 5 mm ołowiu, a szyba 10 mm - ok. 2 mm ołowiu.

b. Guma ołowiowa /gęstość 3,3 - 5,8 g/cm³/ z gumy ołowiowej są produkowane osłony do ekranów i katedr przy aparatach rentgenowskich, fartuchy i rękawice. Współczynnik gumy grubości 3 mm - 1 mm ołowiu.

Materiały nie zawierające ołowiu.

a/ Baryt - baryt naturalny - minerał lub uboczny produkt produkcji cynku. Siarczan baru /BaSO₄/ jest ubocznym produktem przy otrzymywaniu wody utlenionej z chlorku baru.

Do wykonywania osłon używa się zasadniczo baryto-betonu, jest to mieszanka barytu, cementu i wody. Baryto-beton stosowany jest albo jako podstawowy materiał do wykonywania ścian, lub z baryto-betonu mogą być wykonywane płyty okładzinowe lub tynk.

b/ Beton - do ochrony przed promieniowaniem może być użyty beton lub żelazo-beton. Należy zaznaczyć, że na osłony nie nadają się mieszanki betonu /piano - beton, szlako - beton itp/.

c/ Cegła. Właściwości ochronne cegły przy jej gęstości 1,5 - 1,9 mogą być wykorzystane tylko przy małych natężeniach promieniowania lub w wypadku stosowania bardzo grubych ścian.

d/ Żelazo - W wypadku braku blachy ołowiowej może ona być zastąpiona przez blachą żelazną o grubości zabezpieczającej ochronę.

Poniżej podaje tabelę współczynnika ołowiu niektórych materiałów nadających się do wykonania osłon stałych w pracowniach aparatury rentgenowskiej oraz pracowni używających rad.

Współczynniki ołowiu niektórych materiałów:

Napięcie w kV	Grubość ołowiu w mm	Grubość baryto-betonu w mm	Beton w mm	Płyty betonowe w mm	Cegła w mm
75	1,0	15	80	85	175
100	1,5	-	120	-	-
150	2,5	28	210	220	290
200	4,0	60	220	245	430
300	9,0	105	240	275	424
prom.1/	50,0	200	242	270	-
prom.2/	100	400	480	540	5

1/ przy 0,25 g radu przy odległości 100
 2/ przy 3,0 g " " " "

Należy nadmienić, że osłony stosowane w pracowniach rentgenowskich /diagnostycznych, leczniczych oraz przemysłowych/ od strony skierowanej w kierunku obsługi posiadają dodatkowe warstwy zrobione z materiałów lekkich - dykty, farby olejnej itp. Zadaniem tych dodatkowych osłon jest likwidacja promieni miękkich i rozproszonych powstających po przejściu promieni twardych przez warstwę zasadniczej osłony lub promieni rozproszonych i odbitych, powstających po przejściu promienia centralnego przez ciało osoby badanej lub przedmiotów /w gamma defektoskopii/.

Oszony przed neutronami

Źródła neutronów w pracowniach jądrowych osłaniane są szeregiem osłon. Należą do nich między innymi płaszczyzny wodny lub inne związki zawierające - /+/, w swojej budowie wodę /parafina/. Substancje te zwalniają szybkie neutrony, a następnie warstwy osłony zabezpieczają przed promieniowaniami wtórnymi.

Na podstawie doświadczeń laboratoryjnych zostały znalezione współzależności pomiędzy energią promieniowania a skutecznością osłon. Dane otrzymane w ten sposób są wykorzystywane w różnych zakładach używających energię jądrową, a w oparciu o uzyskane doświadczenie można skonstruować skuteczne osłony przed promieniowaniem jonizującym w warunkach wojny termo-jądrowej. Do budowy schronów stałych i polowych mogą być użyte różne materiały budowlane oraz warstwy ziemi^o odpowiedniej grubości. Nawet odległość od punktu zerowego powietrznego wybuchu bomby jądrowej znacznie zmniejsza dawkę promieniowania na potwierdzenie tego przytaczam tabelę opartą na materiałach amerykańskich i japońskich.

DAWKA PROMIENIOWANIA W RÓŻNYCH ODLEGŁOŚCIACH
OD MIEJSCA WYBUCHU BOMBY ATOMOWEJ

Odległość	γ - dawka promieni gamma		Dawka neutronów dane japońskie
	dane amerykańskie X	dane japońskie XX	
800 m	1500 r		
1000 m	600 r	200 r	125 rad/?/
1200 m	280 r		
1500 m	80 r	52 r _g	30 rad /?/
2000 m	≈10 r	15 r	11 rad /?/

X wg "The Effects of Atomic Weapons" w przeliczeniu dla bomby atomowej o równoważniku trotylowym 20 kt przy wybuchu na wysokości 600 m.

XX Dane armii japońskiej o bombach w Hiroszimie i Nagasaki.

Natomiast o skuteczności osłon można sądzić z następującej tabeli

ZASIEG DZIAŁANIA PROMIENIOWANIA GAMMA PRZY WYBUCHU
BOMBY ATOMOWEJ PRZY RÓŻNYCH CIŚNIENIACH

Osłabienie do wartości	Dla promieni gamma 4,5 Mev przez		Dla bomby atomowej o równoważniku trójtłowym 20 kt		Śmiertelność 50% ciężka choroba popromienna	Śmiertelność ograniczona, choroba popromienna	Brak choroby popromiennej
	Woda	Żelazo	Śmiertelność 400 r średnia dawka śmiertelna	Śmiertelność 100 r dawka krytyczna			
%	Grubość warstwy w cm		w odległości / w m / od:				
			celu x	miejsca wybuchu	celu x	miejsca wybuchu	celu x
100	0	0	1100	1600	1400	1900	1800
20	75	30	730	1200	1100	1500	1400
10	100	40	540	1100	920	1400	1300
2	175	65	-	760	470	1000	850
1	200	75	-	630	190	900	670
0,1	275	100	-	310	-	510	-

x Dla wybuchu na wysokości 600 m.

xx Wg E. Six

Ze względu na to, że o skuteczności i sposobach ukrycia się przed promieniowaniem przenikliwym powstającym w momencie wybuchu jądrowego bardzo dokładnie omawiają instrukcje i skrypty innych autorów, nie będą zagłębiał się w te sprawy.

Trudno mówić o możliwościach całkowitego zapobieżenia naświetlenia podczas wybuchu jądrowego. Można tylko podkreślić istnienie możliwości powstania bardzo dużych strat oraz bardzo dużej różnorodności porażek wśród ludzi znajdujących się w pobliżu rejonu wybuchu jądrowego. Taka różnorodność porażek wynika z szeregu powodów ale przede wszystkim z różnic ukrycia się tych ludzi za przedmiotami, zabudowaniami itp. Natomiast należy nieco więcej zwrócić uwagi na zagadnienia ochrony radiologicznej w stosunku do ludzi, którzy będą musieli działać w rejonach po wybuchach jądrowych. Dotyczy to przede wszystkim członków zespołów udzielających pomocy w rejonie wybuchu oraz pododdziałów do zadań których będzie należało przekroczenie stref skażonych w krótkim odstępie czasu po wybuchu.

Grupy ratunkowe działające w miastach i osiedlach w wypadku ogłoszenia alarmu atomowego ukrywają się w schronach. Już po 1 minucie po wybuchu powietrznym muszą one opuścić schrony i przystąpić do prac ratunkowych. W/g. danych literaturowych^{x/} najwyższą dopuszczalną dawką w rejonie, w którym ma pracować grupa ratunkowa nie może przekraczać 75 rentgenów. Przekroczenie tej dawki może u połowy stanu osobowego drużyny ratunkowej wywołać powstanie choroby popromiennej trwającej 1-2 tygodnie, przy czym u osób uczulonych choroba popromienna może mieć ciężki przebieg dający zejście śmiertelne w około 1% przypadków.

x/ AW Kozłowa "Klinika i leczenie powieżeń" Moskwa
1958 r.

Znacznieⁱ groźniejsze stopnie skażenia terenu w rejonie wybuchu i na śladzie opadu promieniotwórczego powstają po wybuchach naziemnych lub podziemnych. Tak po wybuchu naziemnym bomby małego kalibru /8 KT/ aby nie przekroczyć dawki 80 r/godz. w odległości 500 m od punktu zerowego należało by wejść tylko po upływie 1 godziny.

W czasie pokonywania terenu skażonego¹ ludzie mogą ulec napromienieniu od substancji promieniotwórczych znajdujących się na powierzchni ziemi i różnych przedmiotów. Narażenie ludzi zależy od sposobu pokonywania terenu /pieszo, na samochodach, śmigłowcach itp/; od czasu przebywania w tym terenie i innych czynników. Ochrona przez odległość od źródła promieniowania uwidacznia się wyraźnie w przypadkach przelotów nad rejonem skażonym na samolotach. Dość wyraźne znaczenie ochrony przez odległość możemy stwierdzić podczas pokonywania terenu na samochodach /współczynnik osłabienia = 2/.

Ochrona przy pomocy osłon uwidacznia się najwyraźniej wewnątrz czołgu, gdzie stalowy pancerz chroni bardzo skutecznie przed promieniowaniem z powierzchni skażonej ziemi /współczynnik osłabienia = 10/. Transporter opancerzony z powodu słabszego pancerze oraz braku osłony z góry /przed promieniowaniem rozproszonym/ znajduje się na środkowym miejscu /współczynnik osłabienia = 4/. Zwykle umundurowanie posiada współczynnik osłabienia = 1.

Współczynnik osłabienia promieniowania przenikliwego podczas przebywania w terenie skażonym substancjami promieniotwórczymi. /w.g. danych radzieckich/^x

Objekt /sprzęt/	Współczynnik osłabienia
- Otwarte /nie przykryte/ szczeliny, transzeje, rowy bez dezaktywacji	3
- Dezaktywowane /lub wykopane w terenie skażonym/ szczeliny, transzeje, rowy.	20
- Szczeliny osłonięte /pokryte/	40

x/ Praca doktorska płk dr. Cybulskiego Stanisława

1	2
- Domy drewniane	3
- Domy z cegły, czołgi	10
- Samochody	2
- Transportery opancerzone	4
- Schrony	Praktycznie napromienienie nie nastąpi wcale.

a. Indywidualna kontrola napromienienia.

Indywidualna kontrola napromienienia zewnętrznego przez promienie jonizujące dokonywana może być przez odpowiednie przyrządy, działanie których polega na rejestracji zmian zachodzących w różnych środowiskach pod wpływem promieni jonizujących.

Na przykład w pracowniach rentgenowskich i innych stosowane są kasety zawierające /film/kliszę fotograficzną. Budowa tej kasety umożliwia określenie rodzaju promieniowania /posiada filtry z papieru, aluminium i kadmu/, a w.g. zaciemnienia kliszy /po wywołaniu/ w specjalnych laboratoriach określa się dawkę sumaryczną otrzymaną przez kliszę /film/. Pracownik obowiązany jest nosić taką kasetę podczas prac w promieniach. Inne przyrządy pracują na zasadzie zmian ładunku elektrycznego naładowanego kondensatora pod wpływem promieni jonizujących. Są to komory jonizacyjne noszone przez pracownika podczas pracy. Zasada pomiaru napromienienia polega na tym, że okładziny kondensatora - komory są ładowane w urządzeniu naładowczo-pomiarowym do odpowiedniego napięcia, następnie po pewnym czasie noszenia tej komory przez użytkownika odczytuje się na ~~przystosowanym~~ przyrządzie urządzenia naładowczo-pomiarowego napięcie ładunku zachowanego na okładzinach kondensatora. W warunkach naturalnych komora ulega minimalnemu rozładowaniu, ale natomiast promienie jonizujące powodują szybkie rozładowanie komory /zależnie od natężenia promieniowania/. Niektóre rodzaje komór posiadają urządzenie do bezpośredniego odczytu /elektroskop/ umożliwia to odczyt ładunku kondensatora /inaczej napromienienia komory/ bez posługiwania się przyrządem z urządzenia naładowczo - pomiarowego.

Na uzbrojeniu posiadamy zestawy indywidualnej kontroli napromienienia, w skład których wchodzi urządzenia naładowczo-
- pomiarowe oraz komory jonizacyjne, z których część komór jest z bezpośrednim odczytem.

Do indywidualnej kontroli napromienienia mogą być poza tym stosowane dozymetry chemiczne. Zasada pracy tych ~~dozymetrów~~ dozymetrów polega na zmianach chemicznych w pewnych substancjach chemicznych pod wpływem promieni jonizujących. Przebieg reakcji uwidacznia się zmianą zabarwienia płynu. W wojsku posiadamy zestaw, w skład którego wchodzi komory chemiczne DP-70 i polowy kolorymetr PK-56.

IX. Ochrona przed napromienieniem zewnętrznym spowodowanym skażeniem skóry, odzieży i przedmiotów przez substancje promieniotwórcze.

W warunkach pokojowych skażenie zewnętrzne skóry, odzieży i przedmiotów otaczających może powstać w czasie awarii aparatury jądrowej lub na skutek nie przestrzegania warunków bezpieczeństwa pracy z preparatami promieniotwórczymi /promieniotwórcze farby, pyły, płyny/.

W warunkach wojny jądrowej skażenie skóry, odzieży i przedmiotów substancjami promieniotwórczymi może powstać w dwóch przypadkach: a/ Żołnierz i jego sprzęt znaleźli się w zasięgu opadu promieniotwórczego powstałego po naziemnym wybuchu jądrowym. Pod pojęciem opad promieniotwórczy należy rozumieć opad cząsteczek promieniotwórczych znajdujących się w chmurze radioaktywnej powstałej na skutek wybuchu. W skład opadu promieniotwórczego wchodzi resztki ładunku i obudowy bomby, drobne resztki ziemi, pyłu i gruzu oraz krople wody /pod postacią deszczu, gradu lub śniegu/. Opadanie tych cząsteczek uzależnione od ich ciężaru, szybkości i kierunku wiatru w górnych warstwach atmosfery. W miejscu opadania cząsteczek obłoku powstaje w przyziemnych warstwach atmosfery aerozol zawierający cząsteczki pyłu, deszczu /lub śniegu/ oraz gazy. W zależności od właściwości chemicznych izotopów promieniotwórczych będą one znajdowały się w cząsteczkach pyłowych, w roztworach wodnych lub w mieszaninie gazów powietrza / na przykład

radon/. Czas utrzymywania się takiego pierwotnego aerozolu promieniotwórczego w dolnych warstwach atmosfery będzie zależał od rozmiaru cząsteczek oraz ruchów powietrza.

Nadłuższy czas utrzymania się drobnych cząsteczek w stanie zawieszenia wystąpi w warunkach izotermii zwłaszcza przy pochmurnej pogodzie, latem tuż przed wschodem słońca.

Inwersja tak samo sprzyja utrzymaniu się aerozolu w powietrzu. Takie warunki kiedy w dolnych warstwach atmosfery znajdują się opadające lub unoszone w powietrzu cząsteczki zawierające izotopy promieniotwórcze powodują powstanie skażenia ludzi. Jeżeli człowiek w rejonie bezpośredniego opadu promieniotwórczego znajduje się bez środków ochrony przed skażeniami, to skażeniu ulegają przede wszystkim górne drogi oddechowe, spojówki oczu, oraz skóra odsłoniętych części ciała.

W miarę upływu czasu wszystkie cząsteczki opadu promieniotwórczego mogą opaść na glebę, przedmioty terenowe, sprzęt itp powodujących skażenie. Skażenie terenu i znajdujących się tam przedmiotów posiada groźbę skażenia tych ludzi, którzy wejdą na ten teren z rejonów nie skażonych. Wiatr; przejazdy samochodów, czołgów itp; wybuchy itp - będą powodowały unoszenie się w powietrzu pyłu promieniotwórczego, który tworząc wtórny aerozol promieniotwórczy będzie powodował skażenie powietrza, ludzi, sprzętu, żywności zapasów wody itp. Skażenie powstające w tym wypadku będzie znacznie mniejsze niż powstające na skutek bezpośredniego opadu promieniotwórczego. Wynika to z szeregu przyczyn a przede wszystkim ze spadku aktywności skażenia promieniotwórczego terenu na skutek obniżenia aktywności izotopów z krótkim okresem rozpadu połowicznego. Poza tym unoszenie się pyłu jest uwarunkowane rodzajem gleby terenu, rodzajem nawierzchni dróg, stanem pogody, rozmiarem cząsteczek pierwotnego aerozolu itp. Poza tym w wypadku jeżeli w skład pierwotnego aerozolu wchodziły z pierwiastki rozpuszczalne w wodzie, to po opadnięciu na glebę mogły one już zdążyć głęboko wsiąknąć i nie będą unoszone na skutek przejazdu w tym terenie. Jak wynika z danych radzieckich^{x/} stopień skażenia samochodów po przekroczeniu strefy skażonej wynosi od 0,1 do 1% gęstości skażenia terenu pokonywanego.

Norma dopuszczalnego stopnia skażenia sprzętu w.g. tych samych danych wynosi do $5 \cdot 10^5$ rozpadów na cm^2/min , przy czym 100-krotne przekroczenie tej aktywności nie stwarza dużego niebezpieczeństwa dla obsługi. Pomimo tego skażenia powstające w tych warunkach mogą mieć wysoką aktywność groźną dla stanu osobowego wojsk, zwłaszcza jeżeli teren i warunki jego pokonywania sprzyjały zakurzeniu. Sypka gleba, brak opadów deszczu, małe dystanse w kolumnach wojsk, drogi nie przewiewne /w lesie, w kotlinach/ - są to czynniki powodujące wysokie stopnie skażenia ludzi i sprzętu.

Skażenia sprzętu będą powodowały dodatkowe skażenie ludzi już po wyjściu z terenu skażonego.

Dotyczy to zwłaszcza żołnierzy obsługujących skażony sprzęt bojowy. Skażenie dróg oddechowych, rąk i oporządzenia będzie narastało w toku posługiwania się skażonym sprzętem oraz dotykania innych skażonych przedmiotów.

Największe niebezpieczeństwo ponownego stale, powtarzającego się skażenia rąk mogą mieć te części sprzętu które są ropowane lub obficie smarowane. Warstwa ropy lub smaru zatrzyma dużą ilość pyłu promieniotwórczego i nie da się łatwo usunąć z części na które są naniesione. Dość znaczna ilość pyłu promieniotwórczego może być zatrzymana na filtrach powietrznych silników spalinowych, lub na filtrach przeciwpylowych w czołgach. Oczyszczanie papowanych części sprzętu bojowego, oczyszczanie i wymianę filtrów mogą powodować znaczne skażenie osób obsługujących sprzęt po przekroczeniu rejonów skażonych.

W celu obniżenia stopnia skażenia terenu, sprzętu, oporządzenia oraz samych ludzi dokonywane są różne czynności skierowane na usunięcie pyłów promieniotwórczych dokonywane to jest w czasie przeprowadzenia zabiegów specjalnych.

a/ Zabiegi specjalne

Zabiegi specjalne są to czynności skierowane na częściowe lub całkowite zlikwidowanie /lub ograniczenie/ szkodliwego wpływu na ludzi lub zwierzęta, skutków skażeń /zakażeń/ powstałych po zastosowaniu środków masowego rażenia. W celu ograniczenia możliwości wniknięcia czynników szkodli-

wych do wewnątrz organizmu lub zmniejszenia ich działania z zewnątrz /skażenia zawierające izotopy promieniotwórcze gamma kwanty oraz beta cząsteczki/ należy dokonać likwidacji tych skażeń na drodze mechanicznego ich usunięcia.

Ze względu na to, że aktywność izotopów promieniotwórczych zmniejsza się tylko na skutek naturalnych przemian promieniotwórczych dezaktywacja ma na celu zmniejszenie stopnia skażenia promieniotwórczego. W odróżnieniu od odkażania środków trujących, gdzie odkażalnik reagując ze związkami trującymi likwiduje /lub znacznie zmniejsza/ jego toksyczność - dezaktywacja nawet w wypadku użycia specjalnych dezaktywatorów tylko ułatwia proces usunięcia izotopu promieniotwórczego.

Czynności zwana zabiegami specjalnymi ujmuje szereg zagadnień, wykonanie których zależy od potrzeb i możliwości. Na przykład podział zabiegów specjalnych za zabiegi częściowe i całkowite podkreśla pobieżność i szybkość pierwszych oraz gruntowność drugich. Zabiegi specjalne łączą w sobie: odkażanie terenu, dezynfekcję terenu, dezynsekcję terenu, dekontaminację terenu; te same czynności są dokonywane w pomieszczeniach mieszkalnych, w schronach i różnych obiektach; odkażanie i dezynfekcja sprzętu, uzbrojenia i oporządzenia oraz wody i żywności. Jedną z głównych czynności zabiegów specjalnych są zabiegi sanitarne - dezaktywacja, odkażanie i dezynfekcja stanu osobowego wojsk. W ramach zabiegów sanitarnych dokonywane jest odkażanie oczu, górnych dróg oddechowych, jamy ustnej oraz skóry. Zabiegi sanitarne zazwyczaj są łączone z odkażaniem /lub wymianą/ bielizny osobistej i umundurowania.

Częściowe zabiegi specjalne

Częściowe zabiegi specjalne i sanitarne są wykonywane z zasady jako czynności samo lub wzajemnej pomocy, przy czym żołnierze posługują się sprzętem etatowym lub podręcznym, wykonują najpilniejsze czynności tak, aby zmniejszyć napromienienie zewnętrzne oraz przede wszystkim, aby zapobiec powstaniu skażeń wewnętrznych.

Sprzęt etatowy do odkażania, dezaktywacji, dezynfekcji sprzętu bojowego i środków transportu przechodzi ciągle doskonalenie z uwzględnieniem potrzeb wojsk.

Do dokonywania częściowych zabiegów sanitarnych mogą być używane indywidualne pakiety przeciwchemiczne /IPP/ i opatrunki osobiste. Przebieg i zakres przeprowadzenia częściowych zabiegów specjalnych może być różny w zależności od potrzeb i możliwości, ale zawsze w skład częściowego zabiegu specjalnego wchodzi częściowy zabieg sanitarny. Kolejność zabiegów: 1/ żołnierz przebywał w rejonie skażonym w masce przeciwgazowej i chronił skórę przed skażeniem - częściowy zabieg sanitarny może być wykonany po zakończeniu oczyszczania sprzętu, oporządzenia i umundurowania; 2/ żołnierz nie posiadał maski lub mógł ulec skażeniu na skutek późnego powiadomienia o istnieniu skażenia promieniotwórczego terenu, częściowe zabiegi specjalne muszą być rozpoczęte od częściowego zabiegu sanitarnego. Żołnierz powinien wydmuchać nos, opłukać jamę ustną /czysta woda z manierki/ umyć twarz, szyję i ręce. Następnie ubiera maskę przeciwgazową, rękawice i tylko teraz może przystąpić do oczyszczania sprzętu. Na zakończenie częściowych zabiegów specjalnych zabieg sanitarny należy powtórzyć.

W wypadku jeżeli częściowy zabieg sanitarny dokonywany jest na osobie rannej lub poparzonej w ramach samo lub wzajemnej pomocy powierzchownie rany /oparzenia/ są obandażowywane po usunięciu widocznych zanieczyszczeń i obmyć strumieniem wody. W wypadku skażenia opatrunków z zewnątrz należy je oczyścić, a w miarę możliwości zastąpić opatrunkiem nie skażonym / a na dalszym etapie ewakuacji medycznej - obowiązkowo/.

Przy dokonywaniu zabiegów specjalnych muszą być obowiązkowo uwzględniane następujące postulaty:

1. Wszystkie czynności wykonywać w masce przeciwgazowej.
2. Podczas odkażania odzieży należy uwzględniać aktualny kierunek wiatru - tak, aby nie powodować zakurzenia pyłem promieniotwórczym już oczyszczonego sprzętu.
3. Po zakończeniu wszystkich prac związanych z dezaktywacją sprzętu, odzieży itp. dokonać zabiegów sanitarnych.
4. Wszystkie odpady zabiegów specjalnych - ścieki wodne, ścieki smarów i rozpuszczalników, szmaty - pakuły itp. posiadają wysoką aktywność promieniotwórczą i wobec tego muszą być zakopane, a miejsca ich zakopania odpowiednio oznakowane.

b/ Całkowite zabiegi specjalne.

Całkowite zabiegi specjalne mają na celu całkowitą likwidację skażeń w terenie, na sprzęcie bojowym oraz na ludziach. Całkowite zabiegi specjalne przeprowadzane są siłami specjalnych pododdziałów wojsk chemicznych posiadających odpowiednie materiały i sprzęt. Pododdziały, w których przeprowadzane są całkowite zabiegi specjalne współpracują w dokonywaniu całkowitych zabiegów specjalnych przydzielają ze swego składu ludzi do pracy na Punktach Zabiegów Specjalnych. Wynika to przede wszystkim z konieczności dokładnego oczyszczenia techniki bojowej z ewentualną wymianą smarów itp. Całkowite zabiegi sanitarne dokonywane w ramach całkowitych zabiegów specjalnych dotyczą stanu osobowego pododdziału poddanego dezaktywacji. Ludzie kąpią się w łaźniach polowych i po kąpieli otrzymują bieliznę i umundurowanie /po dezaktywacji lub z zapasów nie skażonych/.

Całkowite zabiegi sanitarne u żołnierzy które, z powodu otrzymanych ran /oparzeń itp./ znajdują się na punktach medycznych, szpitalach itp, dokonywane są przed przeprowadzeniem segregacji medycznej.

Po osłonięciu opatrunków ceratami /lub innym materiałem nie przepuszczającym wody /ranny przechodzi całkowity zabieg sanitarny - obmywa się całe ciało wodą z mydłem. Tylko ze wskazań życiowych /ciężko ranni/ można ograniczyć zakres zabiegu sanitarnego.

Po dokonaniu całkowitych zabiegów specjalnych dokonywana jest kontrola dozymetryczna, do zadań której należy sprawdzenie skuteczności dezaktywacji z ewentualnym powtórzeniem niektórych zabiegów dezaktywacyjnych.

c/ Kontrola dozymetryczna.

Kontrola zanieczyszczenia powierzchni /terenu, sprzętu, odzieży i ciała ludzkiego/ substancjami promieniotwórczymi ma za zadanie wykrycie obecności tych substancji i określenie stopnia ich aktywności.

W warunkach pokojowych do tego celu stosowane są aparaty różnych typów zasilane przeważnie prądem z sieci. Aparaty te z zasady odgrywają rolę monitorów skażeń.

Na przykład pracownik laboratorium po zakończonej pracy i przebraniu się sprawdza stan aktywności rąk, obuwia i odzieży. W wypadku wykrycia wysokich aktywności na tych powierzchniach przyjmowane są odpowiednie środki zabezpieczające przed dalszymi skażeniami.

O dopuszczalnych poziomach skażeń powierzchni miejsca pracy, odzieży, obuwia i rąk u osób pracujących zawodowo z substancjami promieniotwórczymi pisałem w rozdziale V, w tabeli Nr 4. Jak wynika z tej tabeli nawet po dokonaniu dezaktywacji na niektórych powierzchniach może pozostać pewna ilość substancji promieniotwórczych.

W warunkach bojowych substancjami promieniotwórczymi skażającymi są przede wszystkim metale ciężkie, posiadające między innymi taką właściwość jak łatwą absorpcję na powierzchniach. Jeżeli chodzi o rodzaj skażeń z punktu widzenia fizyko-chemicznego, to obok absorpcji powierzchniowej pyłów i opadów promieniotwórczych występuje zjawisko erozi powierzchniowej.

Ale na ogół absorpcja stanowi 80% skażeń powierzchni gładkich.

W wyniku szeregu doświadczeń stwierdzono, że rodzaj powierzchni ma duży wpływ na wielkość skażenia - na grubych porowatych powierzchniach /brezent, liny, beton, powierzchnie skrodowane itp/, jest większe skażenie niż na powierzchniach twardych i gładkich. Natomiast odkażanie powierzchni porowatych jest dużo trudniejsze i daje gorsze wyniki niż odkażanie powierzchni gładkich. Jak wynika z danych radzieckich^x dezaktywacja obniża skażenia o 80 - 95 %.

Skuteczność zabiegu w czasie wilgotnej pogody znacznie obniża się i sięga 30-50 %.

Dokonywanie dezaktywacji podczas zabiegów specjalnych musi zmniejszyć aktywność skażenia, ale ze względu na to, że trudno spodziewać się całkowitego usunięcia skażenia zostały wprowadzone normy dopuszczalnego skażenia stanu osobowego, powierzchni różnych obiektów, powietrza, wody i żywności. Normy te można znaleźć w załączniku Nr 12 Instrukcji o obronie wojsk przed bronią masowego rażenia i w Informatorze taktyczno-technicznym wojsk chemicznych.

x/ Praca płk dr. Cybulskiego Stanisława.

Kontrola stopnia skażenia z uwzględnieniem dopuszczalnych norm dokonywana będzie przez specjalne pododdziały wojsk chemicznych wyposażonych w odpowiedni sprzęt.

X. Ochrona przed skażeniami wewnętrznymi.

Skażenia wewnętrzne powstają zasadniczo na skutek przypadkowego trafienia substancji promieniotwórczych przez drogi oddechowe, przewód pokarmowy oraz przez rany.

Przebywanie w terenie skażonym, posługiwanie się skażonym sprzętem, chodzenie w skażonej odzieży może zawsze powodować wdychanie aerozolu lub gazowych substancji promieniotwórczych.

Do przewodu pokarmowego substancje promieniotwórcze mogą trafiać ze skażonym pokarmem lub pić. Jedzenie nawet nie skażonych pokarmów ale skażonymi rękami może powodować dostawanie się substancji promieniotwórczych do przewodu pokarmowego. Poza tym do przewodu pokarmowego mogą przedostać się substancje promieniotwórcze ze śliną zanieczyszczoną wydaliniami z dróg oddechowych.

Jak wynika z danych radzieckich^{x/} uwzględnienie wykrzystania środków ochrony dróg oddechowych posiada bardzo duże znaczenie dla możliwości wykonywania zadań bojowych w rejonach skażonych.

x/ Praca doktorska płk dr. Cybulskiego Stanisława

Stożenie niebezpieczeństwa porażenia stanu osobowego wojsk podczas przebywania bez środków ochrony dróg oddechowych w strefie skażenia promieniowania twórczego

Nateżenie promieniowania w r/godz.	Koncentracja ciał promieniotwórczych w powietrzu /w mikrocuri /	Czas w którym stan osobowy może otrzymać dawkę ciał promieniotwórczych powodującą uwrata zdolności bojowej	Przy nowopowstałej strefie skażenia	Przy starej strefie skażenia
0,5	$3,6 \cdot 10^{-3}$	-	-	18 dób
1	$8 \cdot 10^{-3}$	-	-	8 "
2	$1,7 \cdot 10^{-2}$	-	-	4 doby
3	$2,8 \cdot 10^{-2}$	-	-	2,5 "
4	$3,9 \cdot 10^{-2}$	-	-	43 godziny
5	$2,1 \cdot 10^{-1}$	-	-	39 "
10	0,11	-	-	36 godzin
50	0,72	-	4 doby	2,5 godziny
60	0,89	-	2 "	2 "
70	1,06	-	10 godzin	1,5 "

Uwagi: 1. Stara strefa skażenia jest to strefa powstała nie-mniej jak przed dwoma dnami przed czasem jej przekraczania przez wojska.
Dla niej nateżenie promieniowania w powietrzu przyjmuje się za stałe.

2. Przy obliczaniu brano pod uwagę, że objętość płuco człowieka przy średnim wysiłku fizycznym wynosi około 30 l/min i że w narządach oddechowych zostaje zatrzymane około 70% pynu promieniotwórczego, który przedostaje się do dróg oddechowych z powietrzem wdychanym.

Skutek porażenia ciałami promieniotwórczymi, które dostały się do wnętrza organizmu

Drogi wnikięcia	Stopień porażenia 1 dawka w millicuri			
	ciężki	średni	lekki	dawka dopuszczalna
Drogi oddechowe	10 - 15	5 - 7	2 - 4	0,2
Przewód pokarmowy	50 - 100	20 - 40	10 - 15	0,5

Jak wynika z powyższych rozważań ochrona dróg oddechowych przed skażeniami jest jedną z najważniejszych czynności ochronnych. Maska przeciwgazowa ubrana na twarz o nie skażonej skórze może całkowicie ochronić przed skażeniem dróg oddechowych. W wypadku braku lub uszkodzenia maski może ona być zastąpiona przez osłonięcie nosa i ust kilkoma warstwami gazy /bandaża/.

W celu zapobieżenia skażeniom przez przewód pokarmowy należy przestrzegać zakazu spożywania skażonej wody i żywności, nie jeść, nie pić i nie palić w rejonie skażonym oraz nie robić tego przed dokonaniem przynajmniej częściowego zabiegu sanitarnego /wypłukanie ust, obmycie twarzy i rąk/.

Skażenie ran może powstać lub na skutek przedostania się substancji promieniotwórczych na ranę powstałą równocześnie ze skażeniem lub po zranieniu skażonej wcześniej skóry.

W celu zmniejszenia wnikania substancji promieniotwórczych do rany - rana powinna być obmyta strumieniem czystej wody, lub płynów dezynfekcyjnych, /płyn fizjologiczny, spirytus, jodyna/. Następnie ranę należy obandażować. Badania obecności skażenia wewnętrznego organizmu może być wykryte na podstawie badań aktywności wydaliny /kał, mocz, plwocina/. Badania takie są przeprowadzane w warunkach szpitalnych.

Z aparatury wojskowej do tego celu mogą być użyte Rentgenometr D-08, Beta-gamma radiometr DP-11-B, Indykator DP-63.

XI. Przepisy i zarządzenia o ochronie radiologicznej warunków pokojowego wykorzystania energii jądrowej.

Wobec stale rozszerzającego się zakresu wykorzystania energii jądrowej oraz substancji promieniotwórczych w różnych gałęziach współczesnego społeczeństwa, wyłania się problem bezpieczeństwa stosowania oraz bezpieczeństwa i higieny pracy podczas stosowania promieniowania jonizującego.

Zagadnienia ochrony radiologicznej są regulowane normami i zarządzeniami państwowymi opartymi na odpowiednich normach opracowywanych na szczeblu międzynarodowym przez Międzynarodową Agencję Atomową. Za całokształt zagadnień związanych z obroną przed promieniowaniem pracowników i ludności w Polsce jest odpowiedzialny głównie Minister Zdrowia i Opieki Społecznej oraz częściowo Pełnomocnik Rządu do spraw Wykorzystania Energii Jądrowej. Zakres tej odpowiedzialności reguluje Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 maja 1957 r. /Dz. U. Nr 34/ w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu promieniowania jonizującego oraz Uchwała Rady Ministrów z dnia 9 maja 1961 r. za nr 170/61.

W wojsku został wydany rozkaz Ministra Obrony Narodowej z dnia 22 grudnia 1958 r. za nr 061/MON. Na podstawie tego rozkazu odpowiedzialność za organizację ochrony przed promieniowaniem jonizującym w instytucjach i oddziałach MON powierza się Szefowi Służby Zdrowia MON. Rozkaz ten reguluje zagadnienia dopuszczania do prac z promieniami jonizującymi /farby promieniotwórcze itp/ osób po złożeniu egzaminów, odbyciu badań lekarskich i t.p. Kontrolę stopnia narażenia na promieniowanie oraz właściwych warunków stosowania źródeł promieniowania jonizującego w instytucjach wojskowych sprawuje Ośrodek Ochrony Radiologicznej, do zadań którego należy kontrola stopnia narażenia na promieniowanie poprzez kontrolę indywidualnych dawek napromienienia osób zatrudnionych przy źródłach promieniowania, kontrola warunków pracy, wykrywanie przypadkowych skażeń w w/w instytucjach, opieka zdrowotna nad osobami narażonymi na szkodliwe działanie promieniowania jonizującego i t.p.

Wojska Chemiczne wprowadzają szkoleniowe preparaty promieniotwórcze do pododdziałów Wojsk Chemicznych. Preparaty takie posiadają bardzo małą aktywność oraz używane są pod kierunkiem osób posiadających uprawnienia do prac z substancjami promieniotwórczymi po złożeniu odpowiednich egzaminów w wojskowych Ośrodku Ochrony Radiologicznej.

Na zakończenie obecnego opracowania przytoczę notatkę wydrukowaną w gazecie "Żołnierz Wolności" Nr 54 z 5.3.1962 r. Jak wynika z jej treści zagadnieniami wpływu promieniowania jonizującego na świat roślinny i zwierzęcy interesują się naukowcy

całego świata, a skutki wojny nuklearnej nie wyglądają na bardzo zachęcające.

Epoka karaluchów

/Inf. wł./ Profesor biologii na Uniwersytecie Hopkinsa oraz Członek Komisji doradczej do spraw biologii i medycyny przy Komisji Energii Atomowej, dr. Bentley Glass, przemawiając w Smith Collego oświadczył, że w wypadku wojny nuklearnej. Stany Zjednoczone w najlepszym wypadku staną się "dziesięciorzędnym państwem", które nie będzie zdolne do odbudowy swego dawnego potencjału gospodarczego. Sytuacja ta nie ulegnie zmianie, nawet gdyby zbudowano dla całej ludności schrony, które oprą się eksplozjom i żarowi oraz nie przepuszczą promieni radioaktywnych, chyba, że podobne schrony zbudowano by dla świata zwierzęcego i roślinnego.

Dr Glass podkreślił, że wszystkie zwierzęta, dzikie i domowe, które pozostaną na powierzchni ziemi, wystawione będą na śmiertelne dawki promieniowania radioaktywnego. Zdaniem uczonego amerykańskiego zagłada wszystkich ptaków będzie dla człowieka jeszcze większą katastrofą niż zagłada zwierząt, głównych dostarczycieli mięsa i mleka. Wraz z ptakami zniknie bowiem główny wróg owadów, które rozmnożą się w katastrofalny sposób. Jedynie owady, a nie człowiek lub zwierzęta wyższego gatunku, będą w stanie przeżyć wojnę nuklearną. Owady i bakterie są bowiem niezwykle odporne na promienie radioaktywne. Człowiek ginie. Jeśli chłonie 600 roentgenów, natomiast nawet 100 000 roentgenów nie ma żadnego wpływu na owady. Karaluchy, podkreślił prof. Glass, przejmą pomieszczenia ludzi i będą współzawodniczyć tylko z innymi owadami i bakteriami. Ekologiczna równowaga zostanie zakłócona również wskutek zaniku życia roślinnego.

Lasy iglaste stanowią największą część drzewostanu amerykańskiego. Jednakże drzewa iglaste są szczególnie wrażliwe na promieniowanie radioaktywne.

Wystarczy 5 roentgenów, by zginęły, a zagłada lasów iglastych spowoduje ochłodzenie i erozję niespotykanych rozmiarów.

Opady radioaktywne zakażą orną ziemię, zniszczą nasiona i w ten sposób rozwiążą raz na zawsze problem nasadzeń roślinnych. jeśli w ogóle jakiegokolwiek rolnictwo będzie możliwe.

Określenia, podstawowe wielkości jednostki.

1. "Promieniowanie jonizujące" promieniowanie elektromagnetyczne lub korpuskularne, które przechodząc przez materię zdolne jest do wywoływania jonizacji wprost lub pośrednio.
2. "Promieniowanie przenikliwe" - wg. ogólnoprzyjętych pojęć jest to synonim określenia "promieniowanie jonizujące".
3. "Promieniowanie przenikliwe wybuchu jądrowego" - są to tylko promieniowanie gamma i neutronowe emitowane podczas wybuchu jądrowego.
4. "Zamknięte źródło promieniowania" - źródło promieniowania trwale związane wewnątrz materiału lub zawarte w obudowie dostatecznie mechanicznie wytrzymałej, wykluczającej możliwość bezpośredniej styczności z izotopem promieniotwórczym oraz przedostania się substancji promieniotwórczej do otoczenia, w przewidzianych warunkach pracy i zużycia osłony źródła.
5. "Otwarte źródło" - oznacza każde inne źródło promieniowania jonizującego.
6. "Napromienienie zewnętrzne" - promieniowanie oddziaływujące na organizm; pochodzi ze źródła promieniowania znajdującego się zewnątrz organizmu.
7. "Napromienienie wewnętrzne" - promieniowanie oddziaływujące na organizm; pochodzi ze źródła znajdującego się wewnątrz organizmu.
8. A k t y w n o ś ć /A/ dowolnego izotopu promieniotwórczego jest to liczba atomów tego izotopu /N/ ulegająca rozpadowi w ciągu jednostki czasu /t/.

$$A = - \frac{N}{t}$$

9. C u r i e /c/ jest jednostką aktywności. Jest to ilość dowolnego pierwiastka promieniotwórczego, w której liczba rozpadów w ciągu jednej sekundy wynosi $3,700 \cdot 10^{10}$.
Stosowane są następujące wielokrotności i podwielokrotności jednostki curie:

megacurie /Mc/	= 1 000 000 c = 10^6 c
kilocurie /kc/	= 1 000 c = 10^3 c
millicurie /mc/	= 0,001 c = 10^{-3} c
pikocurie /c/	= 0,000 001 c = 10^{-6} c
pikocurie /pc/	= 10^{-12} c

10. Skażenie radioaktywne jest zanieczyszczeniem materii lub jakiegokolwiek środowiska substancjami promieniotwórczymi. Rozróżnia się skażenie powierzchniowe i objętościowe. W stosunku do pracowników lub całej ludności skażenie radioaktywne może oznaczać jednocześnie zewnętrzne zanieczyszczenie skóry materiałem promieniotwórczym oraz skażenie wewnętrzne na skutek przeniknięcia izotopu promieniotwórczego do ustroju jakąkolwiek drogą przez przewód oddechowy, pokarmowy, skórę itp. Jednostką skażenia radioaktywnego jest najczęściej mikrocurie lub pikocurie na jednostkę objętości lub powierzchni /np. $\mu\text{C}/\text{cm}^3$, $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, c/l itp./.

Często stosowanym pojęciem jest ilość promieniowania. Wielkość ta nie ma określonej definicji.

11. Dawka pochłonięta jest to taka ilość promieniowania, która zostaje pochłonięta przez jednostkę masy dowolnej materii.

Jednostką dawki pochłoniętej jest rad. Jest to energia 100 ergów pochłonięta w 1 gramie materii napromieniowanej.

12. Dawka całkowita jest to całkowita ilość energii oddana materii w czasie napromieniowania. Jednostką dawki całkowitej jest "gramo-rad". Dawkę całkowitą oblicza się mnożąc ilość radów przez masę materii napromieniowanej, wyrażoną w gramach.

13. Dawka ekspozycyjna jest wielkością niekiedy stosowaną do określania dawki promieniowania pochłoniętej przez jednostkę objętości lub masy powietrza.

Jednostką dawki ekspozycyjnej jest rentgen /r/. Jest to taka ilość promieniowania X lub gamma, której towarzysząca emisja korpuskularna w 0,001293 grama suchego powietrza powoduje powstanie w tym powietrzu takiej ilości jonów, że przenoszona przez nie ilość elektryczności - o ładunku ujemnym lub dodatnim - równa jest jednostce elektrostatycznej ładunku.

Wiadomo, że objętość 0,001293 g suchego powietrza w warunkach normalnych /0°C i 760 mm Hg/ wynosi 1 cm³. Ponieważ:

a/ jednostce elektrostatycznej ładunku odpowiada 2,1.10⁹ ładunków elementarnych znaku dodatniego i ujemnego /t.j. par jonów/;

b/ na utworzenie jednej pary jonów w powietrzu należy zużyć energii w ilości około 34 eV/4/;

można obliczyć, że dawka eksponowana 1 r odpowiada energii pochłoniętej w powietrzu w ilości ok. 88 erg/gram.

Stąd łatwo znaleźć równoważność między rentgenem i radem pamiętając, że jest ona słuszna jedynie dla powietrza:

$$1 \text{ r} = 0,88 \text{ rada}$$

Energię pochłanianą w wodzie /a tym samym i w tkance, której ogromny procent stanowi woda /oblicza się, biorąc za podstawę stosunek liczby elektronów w 1 g wody oraz w 1 g powietrza, który wynosi 1,13.

Jeżeli dawka promieniowania X lub gamma, zmierzona w powietrzu wynosi 1 r, to ta sama ilość promieniowania działając na wodę przekaże jej energię nieco większą, a mianowicie

$$88 \cdot 1,13 \text{ ergów /1 g wody} = 99 \text{ ergów /1 g wody /lub tkanki/}$$

14. R e p - f i z y c z n y r ó w n o w a ż n i k
r e n t g e n a /roentgen equivalent, physical/ jest jednostką przestarzałą, obecnie nie używaną, a stosowaną dawniej do określania ilości promieniowania innego rodzaju niż promieniowanie X lub gamma. Jest to ilość promieniowania jonizującego, która pochłonięta przez tkankę, oddaje jej energię w ilości około 99 ergów na 1 g tkanki.
15. D a w k a b i o l o g i c z n a jest wielkością stosowaną do określania dawki promieniowania, pochłoniętej przez jednostkę objętości lub masy tkanki żywej przy uwzględnieniu efektu biologicznego danego promieniowania.
16. R e m - b i o l o g i c z n y r ó w n o w a ż n i k
r e n t g e n a /roentgen equivalent, man/ jest jednostką dawki biologicznej. Rem odpowiada takiej ilości promieniowania jonizującego, która zaabsorbowana przez ciało ludzkie wywołuje efekt biologiczny identyczny do tego, jaki powstaje

- 71 -

w tej samej tkance pod wpływem pochłonięcia 1 rada promieniowania X o zdolności jonizującej równej 100 par jonów na 1 mikron drogi w wodzie /około 200 keV/.

17. W z g l ę d n a s k u t e c z n o ść b i o l o - g i c z n a /WSB/ jest miarą działania biologicznego- różnego rodzaju promieniowania jonizującego w odniesie- niu do promieniowania X o energii około 200 keV. Wielkość dawki promieniowania nie określa jedno - znaczenie jego działania biologicznego, które zależy przede wszystkim od ilości jonów wytworzonych w tkance. Na przykład cząstka alfa, charakteryzująca się większą gęstością jonizacji /ilością par jonów wytwarzanych na jednostkę drogi/ w danym ośrodku niż cząstka beta, wywołuje na ogół dużo silniejsze działanie biologiczne, mimo że energia pochłonięta przez jednostkę masy tej materii jest w przybliżeniu ta sama.

Aktualna wartość współczynnika WSB zależy od typu reakcji biologicznej, wybranej za podstawę badania i wskutek tego wartości przyjęte w praktyce mogą być nieco dowolne. Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiolo- gicznej zaleca następujące wartości współczynnika względnej skuteczności biologicznej.

Dla promieniowania X, strumienia elektronów i pozytonów o dowolnej jonizacji właściwej współczynnik WSB $\hat{=}$ 1

W praktyce WSB = 10 stosuje się dla szybkich neutronów i protonów o energii do 10 MeV, zaś WSB = 20 - dla ciężkich jąder odskokowych przy napromieniowaniu całego ciała i bardziej czułych organów krytycznych.

Posługując się względną skutecznością biologiczną można określić zależność pomiędzy jednostkami rem i rad:

$$\text{rem} = \text{WSB} \cdot \text{Rad}$$

Na przykład dawka, 0,3 rada od cząstek alfa /WSB = 10/ wynosi 0,3 rem.

18. M o c d a w k i jest to dawka działająca w jednostce czasu. Jest to wielkość używana do określania chwilowej wartości ilości promieniowania. Moc dawki podaje się

w następujących jednostkach, r/godz, rad/godz. i rem/godz. oraz w jednostkach pochodnych.

19. N a t ę ż e n i e p r o m i e n i o w a n i a jest wielkością rzadko stosowaną w praktyce pomiarowej ze względu na trudność bezpośredniego pomiaru. Natężenie promieniowania I_0 padającego na daną powierzchnię prostopadłą do kierunku rozchodzenia się promieniowania można obliczyć znając moc dawki w danym miejscu P i współczynnik osłabienia promieniowania przy pochłanianiu w danym ośrodku μ_0 , posługując się przybliżonym wzorem:

$$I_0 = \frac{P}{\mu_0} \quad /21/$$

S t r u m i e ń p r o m i e n i o w a n i a jest to ilość cząstek lub kwantów padająca prostopadle na powierzchnię 1 cm^2 w ciągu 1 sek.

Wykonano w 200 egz. - Bibl. tajna

Wyk. Wiernikowski mjr lek.

Druk. IO. dn. 28.06.62r.

Nr ks. 1423/WW

L i t e r a t u r a

Literatura tajna i poufna

1. Instrukcja o obronie wojsk przed bronią masowego rażenia
Szt.Gen. 249/60 MON 1960 r.
2. Właściwości bojowe broni atomowej i środki obrony przeciw-
atomowej. Szt. Gen. 163/55 MON 1955r.
3. Informator taktyczno-techniczny wojsk chemicznych.
Chem. 45/56 MON 1957 r.
4. płk dr. St. Cybulski - Praca doktorska.

Literatura jawna

1. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 maja 1957 r.
/Dz. U. nr 34, poz. 148/.
2. Uchwała Rady Ministrów z dnia 9 maja 1961 r. nr 170/61.
3. Rozkaz Ministra Obrony Narodowej z dnia 22 grudnia 1958
roku /nr 061/MON/.
4. M. Kopeć - "Choroba popromienna" 1959 r.
5. Rajewski - "Dawka i promieniotwórczość", podręcznik PZWL -
1958 r.
6. "Poradnik ochrony radiologicznej" CLOR - 1961 r.
7. "Ochrona radiologiczna w medycynie" - 1961 r.
8. "Poradnik bezpieczeństwa pracy z izotopami promienio-
twórczymi 1959 r.
9. Przegląd kwatermistrzowski nr 2 - 1961 r.
10. Opasności jonizującego izkloszenia dla człowieka",
Moskwa 1959 r.
11. "Woleno-polewaja terapia", Leningrad 1961 r.
12. "Radiacionnaja medicina", Moskwa 1961 r.
13. "Technika rentgenowska", W-wa 1956 r.
14. Kozłowa-Worobiew "Klinika i leczenie powreżdenii
woznikajusczych pri wzrywie atomnoj bomby" - Moskwa
1956 r.

Spis treści:

I.	Wstęp	str.	2
II.	Rodzaje i natura promieniowania jonizującego	str.	3
	a. Promienie X /rentgenowskie/	str.	3
	b. Promieniowanie przenikliwe pierwiastków promieniotwórczych	str.	6
	c. Sztuczne przeobrażenie jąder	str.	8
	d. Promienie kosmiczne	str.	9
III.	Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią	str.	9
	a. Jonizacja	str.	10
	b. Osłabienie promieniowania	str.	11
	c. Rozproszenie strumieni elektronów	str.	11
	d. Promieniowanie hamowania	str.	11
	e. Wzajemne oddziaływanie promieni gamma z materią	str.	12
	f. Właściwości promieniowania neutronowego	str.	13
IV.	Wpływ promieni jonizujących na organizm człowieka	str.	14
	a. Jonizacja a żywe komórki	str.	14
	b. Miejscowe skutki napromienienia tkanek	str.	16
V.	Drogi działania promieniowania jonizującego na organizm człowieka	str.	17
	a. Maksymalne dawki dopuszczalne	str.	18
	b. Maksymalne dopuszczalne stężenia substancji promieniotwórczych	str.	21
VI.	Ostra choroba popromienna	str.	27
	a. Ostra choroba popromienna po napromienieniu zewnętrznym	str.	27
	b. Specyfika przebiegu ostrej choroby popromiennej wywołanej substancjami promieniotwórczymi przy ich trafieniu do wnętrza organizmu	str.	35
	c. Ostre miejscowe zmiany popromienne	str.	37
	d. Pierwsza pomoc i leczenie osób chorych na ostrą chorobę popromienną	str.	39

VII.	Przewlekła choroba popromienna i leczenie		
	osób chorych	str.	41
	a. Specyfika przebiegu przewlekłej choroby		
	popromiennej powstałej na skutek wewnętrzne-		
	go porażenia substancjami promienio-		
	twórczymi	str.	43
VIII.	Zasady ochrony przed napromieniowaniem		
	zewnętrznym ze źródeł zamkniętych i otwar-		
	tych	str.	44
	a. Ochrona przy pomocy środków chemicznych	str.	44
	b. Ochrona przy pomocy środków fizycznych .	str.	45
	1. Ochrona przez odległość	str.	45
	2. Ochrona przy pomocy osłon	str.	46
	c. Indywidualna kontrola napromienienia . . .	str.	54
IX.	Ochrona przed napromienieniem zewnętrznym		
	spowodowanym /skażeniem skóry, odzieży		
	i przedmiotów przez substancje promienio-		
	twórcze	str.	55
	a. Zabiegi specjalne	str.	57
	b. Całkowite zabiegi specjalne	str.	60
	c. Kontrola dozymetryczna	str.	60
X.	Ochrona przed skażeniami wewnętrznymi . . .	str.	62
XI.	Przepisy, zarządzenia o ochronie radio-		
	logicznej	str.	65
XII.	Określenia	str.	68
XIII.	Pytania kontrolne	str.	
	Literatura	str.	73