



Tadeusz Musiałowicz

OCCUPATIONAL RADIATION PROTECTION

Draft Safety Guide IAEA DS453

OMÓWIENIE

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
 2. Podstawowe elementy uwzględniane przy ochronie pracowników
 3. Narażenie pracowników w sytuacji narażenia planowanego
 4. Narażenie pracowników w sytuacji narażenia wyjątkowego
 5. Narażenie pracowników w sytuacji narażenia istniejącego
 6. Ochrona pracowników w szczególnych przypadkach
 7. Ocena narażenia zawodowego
 8. System zarządzania zapewniających serwisy techniczne
 9. Kontrole inżynierskie i administracyjne oraz sprzęt ochrony osobistej
 10. Nadzór medyczny pracowników
- Dodatek I Narażenie pracowników od naturalnych nuklidów promieniotwórczych (NORM)
- Dodatek II Metody i systemy kontroli indywidualnej dla oceny narażenia zewnętrznego
- Dodatek III Sprzęt pomiarowy do oceny narażenia zewnętrznego w miejscach pracy
- Dodatek IV Biokinetyczne modele do oceny narażenia wewnętrznego
- Dodatek V Metody kontroli indywidualnej skażeń wewnętrznych
- Referencje
- Załącznik: Techniki dozymetrii retrospektywnej
- Współuczestnicy opracowania

1. WSTĘP

Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (IAEA) opracowuje wspólnie z Międzynarodowym Biurem Pracy (ILO) poradnik „Ochrona przed promieniowaniem przy narażeniu zawodowym”. Poradnik przeznaczony jest przede wszystkim dla urzędów nadzorczych (regulatory bodies) będzie on jednak również bardzo użyteczny dla pracodawców, pracowników oraz specjalistów i ciał doradczych ochrony radiologicznej. Poradnik podaje wytyczne do spełniania wymagań podstawowych norm ochrony IAEA (Radiation Protection and Safety for Radiation Sources: (BSS) International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA Vienna 2013) Jest to końcowa wersja poradnika, która zostanie opublikowana w najbliższym czasie

2. PODSTAWOWE ELEMENTY UWZGLĘDNIANE PRZY OCHRONIE PRACOWNIKÓW

Rodzaje Sytuacji Narażenia

Narażenie Planowane, Wyjątkowe i Istniejące.

Podano definicje zgodne z przyjętymi w 2007r przez ICRP (powtórzone w BSS).

Normy dotyczą wszystkich możliwych do regulowania sytuacji narażenia. Nie dotyczą np. K^{40} w ciele człowieka i promieniowania kosmicznego na poziomie ziemi.

Zasady Ochrony przed Promieniowaniem

Uzasadnienie, Optymalizacja i Dawki Graniczne.

Żadnej planowanej działalności stwarzającej narażenie nie można podjąć bez uzasadnienia. Uzasadnienia wymaga także podjęcie akcji w sytuacjach narażenia wyjątkowego i istniejącego. W każdej sytuacji narażenia ochrona i bezpieczeństwo muszą być oparte na optymalizacji. Zasada optymalizacji nie obowiązuje w diagnostyce i terapii przy narażeniu medycznym. Dawki graniczne odnoszą się wyłącznie do narażenia planowanego.

Odpowiedzialność

Odpowiedzialność za ochronę ponoszą:

Państwo, Urząd Nadzorczy (regulatory body), Pracodawca i Pracownicy.

Państwo musi ustanowić w kraju odpowiednią strukturę prawną dla ochrony i bezpieczeństwa oraz wymagania dla szkolenia. Urząd Nadzorczy ustala wymagania dla stosowania zasad ochrony i szkolenia oraz kryteria dla wydawania akceptowania źródeł promieniowania i sprzętu ochronnego. Jest także odpowiedzialny za wprowadzenie obowiązku optymalizacji, przestrzegania dawek granicznych, monitoringu i rejestracji narażenia. Przedewszystkim odpowiedzialność za to ponosi jednak pracodawca. Pracownik musi przestrzegać przepisów, instrukcji oraz stosować sprzęt do monitoringu i ochrony.

Stopniowane Podejście (graded approach)

Stosowanie wymagań bezpieczeństwa i ochrony musi być proporcjonalne do ryzyka jakie stwarza zagrożenie. Ważnym jest jaką działalność można wyłączyć lub zwolnić z wymagań norm. Za zapewnienie, stosowania tej zasady, ogólną odpowiedzialność ponosi Urząd Nadzorczy..

System Zarządzania

W sytuacjach planowanych i istniejących główną stroną systemu jest pracodawca, a w sytuacjach wyjątkowych ta organizacja, która jest odpowiedzialna za właściwe postępowanie. Strony muszą zapewnić aby ochrona i bezpieczeństwo były efektywnie wprowadzone do systemu zarządzania.

Wielkości Dozymetryczne

Przyjęte dla ochrony wielkości w których określone są w BSS dawki graniczne to dawka równoważna H_T i dawka efektywna E .

Podstawowe wielkości fizyczne: fluencja ϕ , kerma K i dawka pochłonięta D

Wielkości operacyjne w dozymetrii indywidualnej promieniowania zewnętrznego to przestrzenny równoważnik dawki $H^*(d)$, kierunkowy równoważnik dawki $H'(d, \Omega)$ i indywidualny równoważnik dawki $H_p(d)$.

Przestrzenny i kierunkowy równoważnik dawki są także wielkościami stosowanymi przy pomiarze promieniowania w miejscach pracy.

Wielkości w dozymetrii narażenia wewnętrznego: dawka obciążająca równoważna i dawka obciążająca efektywna. Wielkości tych nie można wyznaczyć bezpośrednio. Oblicza się je na podstawie bezpośrednich pomiarów promieniowania od skażeń wewnętrznych, lub pośrednich przez pomiar pobranych próbek z organizmu lub z otaczającego środowiska.

3. NARAŻENIE PRACOWNIKÓW W SYTUACJACH NARAŻENIA PLANOWANEGO

Wstęp

O zamiarze podjęcia pracy podlegającej wymaganiom ochrony należy powiadomić Urząd Nadzorczy. Nie zawsze samo powiadomienie wystarczy trzeba wtedy uzyskać zezwolenie.

Optymalizacja

W procesie optymalizacji powinni brać udział pracownicy. Przede wszystkim jest to jednak obowiązek kierownictwa. Zasadniczym elementem jest ustalenie i stosowanie ograniczników dawki.

Ograniczanie dawek

Podane są wartości dawek granicznych określone w podstawowych normach IAEA. Dawka graniczna dla skóry odnosi się do średniej dawki na 1 cm^2 powierzchni skóry najbardziej napromienionej. Udział dawki w skórze w dawce efektywnej jest to średnia wartość dawki w całej skórze pomnożona przez czynnik wagowy tkanki.

Program ochrony przed promieniowaniem

Ogólnym zadaniem programu jest wprowadzenie przez kierownictwo odpowiedzialności za ochronę i bezpieczeństwo w zakresie wspólnym do występującego zagrożenia. Program powinien obejmować wszystkie główne elementy ochrony i bezpieczeństwa oraz działalności od momentu projektowania aż do likwidacji. Odpowiedzialność za stosowanie programu spoczywa odpowiednio, do kierownictwa i do personelu. Powinny być wyznaczone obszary

kontrolowane i nadzorowane. Podane są wymagania dla tych obszarów. Określony jest zakres i rodzaje monitoringu. Omówione są poziomy badania i rejestracji oraz szkolenie i wymagane kwalifikacje. Należy przeprowadzać ocenę narażenia. W rozdziale 7 poradnika omówione jest szczegółowo prowadzenie tej oceny.

Narażenie pracowników od naturalnych źródeł

Narażenie od naturalnych źródeł to sytuacja narażenia istniejącego. Jeżeli jednak wykonywane są prace w obecności naturalnych źródeł i stężenie promieniotwórcze w łańcuchu rozpadu U^{238} lub Th^{232} przekracza 1 Bq/g lub stężenie promieniotwórcze K^{40} przekracza 10 Bq/g, sytuację należy traktować jako narażenie planowane. Przy niższych stężeniach promieniotwórczych w.w. naturalnych radionuklidów działalność nie podlega kontroli. Stężenie Rn^{222} w miejscach pracy w sytuacjach narażenia istniejącego nie powinno przekraczać normalnych wartości na zewnątrz pomieszczeń. Omówione są drogi narażenia oraz kontrola ekspozycji od promieniowania gamma i kontrola narażenia od pyłów i aerozoli promieniotwórczych. Pracownicy muszą być świadomi występującego narażenia i być odpowiednio przeszkoleni.

4. NARAŻENIE PRACOWNIKÓW W SYTUACJACH NARAŻENIA WYJĄTKOWEGO

Przygotowanie na sytuacje wyjątkowe

Powinien być przygotowany plan postępowania w sytuacjach wyjątkowych.

Ochrona ekip awaryjnych

Podjęcie działania wyjątkowego musi być uzasadnione. **(truizm)** W procesie optymalizacji postępowania należy ustalić poziomy referencyjne.

Podano wskaźnikowe (guidance values) wartości poziomów referencyjnych:

Ratowanie życia - $H_p(10) < 500\text{mSv}$, $E < 500\text{mSv}$, $H_{\text{fetus}} < 100\text{mSv}$
wartości te można przekroczyć jeśli korzyść przekracza ryzyko ratowników wolontariuszy

Działania zabezpieczające przed poważnymi skutkami deterministycznymi lub przed rozwojem sytuacji katastroficznej - $H_p(10) < 500\text{mSv}$, $E < 500\text{mSv}$, $H_{\text{fetus}} < 100\text{mSv}$

Działania zabezpieczające przed dużą dawką zbiorową - $H_p(10) < 100\text{mSv}$, $E < 100\text{mSv}$, $H_{\text{fetus}} < 100\text{mSv}$

Podano kryteria (wartości dawek) uniknięcia poważnych skutków deterministycznych.

Klasyfikacja pracowników awaryjnych

W zależności od rodzaju działania podano podział pracowników na trzy kategorie

Ocena narażenia.

Dawki należy ocenić uwzględniając wszystkie drogi narażenia. Dawki ratowników i pracowników narażonych przypadkowo należy rejestrować oddzielnie od otrzymanych w czasie normalnej pracy. Ratowników trzeba informować o ocenie narażenia i związanym z tym ryzykiem dla zdrowia.

Opieka medyczna

Jeśli dawka efektywna przekroczy w ciągu miesiąca 100 mSv lub jeśli narażony pracownik o to poprosi trzeba zapewnić konsultację lekarską. Jeśli dawka efektywna przekroczy 200 mSv o dalszej pracy w warunkach narażenia powinien zdecydować lekarz.

5. NARAŻENIE PRACOWNIKÓW W SYTUACJACH NARAŻENIA ISTNIEJĄCEGO

Wstęp

Sytuacje narażenia istniejącego to sytuacje wynikające ze skażeń po dawnej działalności oraz wchodzące w rachubę narażenie od naturalnych źródeł promieniowania.

Strategie ochrony

Państwo ma obowiązek zapewnienia identyfikacji i oceny istniejącego narażenia oraz podjęcia decyzji o potrzebie odpowiedniego działania.

Uzasadnienie

Uzasadnienie podjęcia działania w celu redukcji narażenia musi być oparte na analizie korzyści i strat (koszta i ryzyko narażenia pracowników itp.)

Optymalizacja

Optymalizacja wymaga prowadzenia działań zapobiegawczych tylko w niezbędnym zakresie. Ważną rolę odgrywa ustalenie poziomów referencyjnych określających między innymi poziom wymagający podjęcia działania (zasada ALARA). Zwykle przyjmuje się poziom referencyjny dla osób reprezentatywnych 1 – 20 mSv (roczna dawka efektywna). Przy narażeniu od radonu poziom referencyjny określa się w średniej wartości rocznego stężenia radonu w powietrzu, które w zasadzie nie powinno przekraczać wartości uznanych za normalne. Podjęta akcja musi doprowadzić do obniżenia narażenia poniżej poziomu referencyjnego.

Narażenie wynikające z działań na terenach skażonych po pozostałym materiale promieniotwórczym

Usuwanie skażeń to sytuacja narażenia planowanego. Pracownicy na tym terenie nie biorący udziału w akcji traktowani są jak poszczególne osoby z ludności. Plan działania powinien zawierać: określenie rodzaju i zasięgu skażenia oraz identyfikację dróg narażenia, i ocenę narażenia.

Narażenie od radonu

Narażenie od radonu i jego krótko życiowych pochodnych pochodzi przede wszystkim od wdychanego powietrza. Dawka w płucach pochodzi głównie od jego pochodnych (od Rn²²² tylko ok.1%) gdyż gaz jest od razu wydalany z wydychanym powietrzem. Źródłem radonu w budynkach jest przede wszystkim podłoże (gleba), i przeważnie w mniejszym stopniu materiały budowlane. Przeciętnie stężenie waha się w różnych krajach od 7 do 200

Bq/m³. Jednak na terenach o wysokim tle naturalnym dochodzi do 112 do 2745 Bq/m³. Światowa średnia ważona dla populacji wynosi 39 Bq/m³. Narażenie od radonu jest zwykle traktowane jako istniejąca sytuacja narażenia jednak w niektórych sytuacjach omówionych w par. 3.160 należy traktować je jak planowaną sytuację narażenia. Państwo zapewnia aby były opracowane i przeanalizowane informacje dotyczące stężenia radonu w pomieszczeniach. Należy ustalić poziomy referencyjne. Ogólnie można przyjąć, że średnia roczna stężenia radonu w miejscach pracy nie powinna przekraczać 1000 Bq/m³, co przy założeniu współczynnika równowagi 0,4 i rocznym czasie narażenia 2000h odpowiada dawce efektywnej 10 mSv. Omówione są także sposoby obniżania stężenia radonu w budynkach.

Narażenie od promieniowania kosmicznego.

W rachubę wchodzi promieniowanie kosmiczne z trzech źródeł:

- galaktyka poza systemem słonecznym;
- warstwy leżące blisko powierzchni słońca;
- tzw. pasma van Alenn'a w okolicach wschodniej Brazylii (pasmo wewnętrzne schodzi do wysokości kilkuset kilometrów nad powierzchnią ziemi)

Wartość promieniowania na powierzchni ziemi nie może być regulowana i nie wchodzi do zakresu wymagań BSS. Powyżej poziomu ziemi należy rozpatrywać narażenie załogi samolotów i statków kosmicznych i jest traktowane jako sytuacja narażenia istniejącego. 40 – 80% efektywnej mocy dawki pochodzi od neutronów zależy to od wysokości lotu, reszta to elektrony, pozytrony, fotony i protony. Przy wysokości 9000 do 12000 m, moc dawki leży zwykle w granicach 4 do 8 µSv/h. A średnia roczna dawka członków załogi to zwykle 1 – 3 mSv i nie przekracza 6,5 mSv. Jako poziom referencyjny można przyjąć 5 mSv/rok. Cięża nie powinna powodować odsunięcia od pracy na dużych wysokościach, narażenie powinno być jednak traktowane jak dla poszczególnych osób z ludności i nie powinno przekraczać 1 mSv/rok.

Przy lotach na statkach kosmicznych, na wysokości powyżej 200 km, dawka pochodzi głównie od protonów i elektronów. Przy najczęściej trwającym czasie misji wynosi od 1,7 – 27 mSv może jednak w niektórych przypadkach być rzędu 100 mSv. Powinny być przyjęte odpowiednie poziomy referencyjne.

6. OCHRONA PRACOWNIKÓW W SZCZEGÓLNYCH PRZYPADKACH

Rozdział ten omawia ochronę dwóch grup pracowników:

- kobiety w czasie i po okresie ciąży z uwzględnieniem narażenia płodu i noworodka;
- pracownicy pracujący regularnie na obcym terenie, narażeni od źródeł obcego operatora lub własnych źródeł wykorzystywanych dla siebie i obcego właściciela .

Kobiety w czasie i po okresie ciąży

Omówione są drogi narażenia od promieniowania zewnętrznego oraz skażeń płodu i noworodka.

O zagrożeniu należy powiadomić kobiety mogące znajdować się na kontrolowanym lub nadzorowanym terenie. Bardzo ważny jest monitoring kobiet, który musi uwzględniać wszystkie drogi narażenia. Dawka roczna dziecka nie może przekraczać 1 mSv.

Pracownicy zewnętrzni o zmiennych miejscach narażenia

Rozdział ten, w porównaniu z poprzednio omówionymi, jest niewspółmiernie rozbudowany i przeładowany szczegółami.

Podane są przykłady pracowników zewnętrznych. Ważna jest współpraca między pracodawcą i właścicielem miejsca pracy. Podane są warunki jakie musi spełniać pracownik zewnętrznego kontrahenta aby uzyskać zgodę od zakładu w którym ma być wykonywana praca stwarzająca narażenie. Omówione są sytuacje gdy na terenie zakładu znajduje się źródło promieniowania nadzorowane przez kontrahenta oraz kompetencje pracowników zewnętrznych. Zarówno kierownictwo zakładu jak i kontrahent ponoszą wspólnie odpowiedzialność za opracowanie programu ochrony przed promieniowaniem. Pracownik zewnętrzny może w ciągu roku kilkukrotnie zmieniać miejsce pracy i ważnym jest aby do macierzystego zakładu każdorazowo dostarczać dane dotyczące narażenia i stanu zdrowia w danym roku. Zgodnie z programem ochrony odpowiedzialność za kontrolę narażenia w ciągu roku może spoczywać na kontrahencie (tzn. na kierownictwie macierzystego zakładu pracownika). Zapewnienie odpowiedniego przeszkolenia w zakresie bezpieczeństwa i ochrony należy w zasadzie do kontrahenta, mogą być jednak sytuacje, że obowiązek przekazania odpowiednich informacji w tym zakresie będzie należał do kierownictwa zakładu w którym wykonywana jest praca. Podano szereg specjalnych wymagań gdy prace w warunkach narażenia wykonywane są w obiektach jądrowych, zakładach służby zdrowia (narażenie medyczne), w kopalnictwie (narażenie od radonu i innych naturalnych źródeł) oraz zakładów wydobywania i przerabiania minerałów.

7. OCENA NARAŻENIA ZAWODOWEGO

Narażenie zewnętrzne

Ocenę przeprowadza się na podstawie kontroli dawek indywidualnej i kontroli miejsc pracy. Omówione są rodzaje dawkomierzy indywidualnych $H_p(3)$; $H_p(0,07)$; $H_p(10)$ i monitorów mocy dawki oraz zasady ich stosowania i rozmieszczania. Przy kontroli miejsc pracy przyrząd pomiarowy powinien w zasadzie wskazywać moc równoważnika dawki a wyniki pomiarów indywidualnych muszą być interpretowane w wartościach jednostek dawek przyjmowanych do oceny narażenia. Osiągalna dokładność dawkomierzy indywidualnych, przy poziomie ufności 95% wynosi zwykle 10%. Podano szczegółowo sposoby sprawdzania systemów kontroli indywidualnej i przyrządów stosowanych do kontroli miejsc pracy. Wyszczególnione są normy IEC (6 norm z lat 1994 do 2010) dotyczące tych przyrządów. Przyrządy pomiarowe powinny być regularnie wzorcowane. Serwis dozymetryczny podlega zatwierdzeniu przez Urząd Nadzorczy. Podano zasady odejmowania od pomiarów naturalnego tła promieniowania.

Narażenie wewnętrzne

Ocenę przeprowadza się na podstawie monitoringu indywidualnego polegającego na:

- pomiarach radionuklidów w organizmie człowieka;
- pomiarach próbek biologicznych;
- pomiarach stężenia substancji promieniotwórczych w powietrzu.

Określone są zasady doboru rodzaju monitoringu, sposoby pomiaru i kalibracji sprzętu oraz interpretacja wyników pomiaru i oceny narażenia.

Sytuacje wyjątkowe

Omówione są metody oceny przy narażeniu zewnętrznym i wewnętrznym. Przy dużych dawkach oprócz monitorów indywidualnych i monitorów w miejscach narażenia stosuje się retrospektywne techniki dozymetryczne np. analiza aberracji chromosomalnych, symulacja wypadku i modulowanie komputerowe. Czasem może zaistnieć potrzeba pomiarów i obliczeń ważonych dawek RBE narządów i dawek obciążających. Przedstawiony jest ogólny schemat oceny dawek wewnętrznych na podstawie bezpośrednich i pośrednich pomiarów. Omówione jest postępowanie przy dużych skażeniach skóry

Karty narażenia zawodowego

Zgodnie z BSS podano co powinny zawierać karty narażenia zawodowego i do czego służą k. Wyszczególniono wymagania odnośnie kart indywidualnych i kart kontroli miejsc pracy. Dla każdego pracownika karty powinny być przechowywane przez cały okres pracy i do czasu aż pracownik osiągnie wiek 75 lat, jednak nie krócej niż 30 lat po zakończeniu pracy w warunkach narażenia. Wymagany okres przechowywania kart kontroli miejsc pracy i kart kalibracji przyrządów stosowanych do kontroli, wynosi zwykle 5 lat.

8. SYSTEM ZARZĄDZANIA ZAPEWNIAJĄCYCH SERWISY TECHNICZNE

Nie bardzo wiadomo o kogo tu chodzi ponieważ . W całym rozdziale niema w ogóle nawiązania do wymagań BSS, czemu poświęcony jest cały poradnik. Termin „providers of technical services” w BSS nie występuje.

Zapewniający pomoc serwis dzieli się na dwie kategorie: konsultację i pomoc oraz kalibrację i sprawdzanie. Określono odpowiedzialność systemu oraz proces jego wprowadzania. Podano wytyczne dla serwisu kalibracji i badania oraz wymagania odnośnie sprawozdawczości.

9. KONTROLE INŻYNIERYJNE I ADMINISTRACYJNE ORAZ SPRZĘT OCHRONY OSOBISTEJ.

Jest to drugi rozdział poradnika, który nie nawiązuje do wymagań BSS

Urządzenia zabezpieczające przed rozprzestrzenianiem się substancji promieniotwórczych takie jak wyciągi radiochemiczne, komory rękawicowe, systemy wentylacji w pomieszczeniach i kopalniach wymagają określonych kontroli inżynierskich. Takich kontroli wymagają także urządzenia przed promieniowaniem zewnętrznym (osłony). Kontrole administracyjne są potrzebne do sprawdzania czy na prace w warunkach narażenia posiadane jest właściwe zezwolenie i czy przestrzegana jest zasada optymalizacji. Podane są wymagania dotyczące wentylacji w kopalniach gdzie górnicy mogą być narażeni na radon i aerozole promieniotwórcze. Omówiono także monitoring skażeń powierzchni, odkażanie powierzchni i sprzęt ochrony osobistej. Wspomniano o problemach w zakładach pracujących z minerałami zawierającymi naturalne materiały promieniotwórcze.

10. NADZÓR MEDYCZNY PRACOWNIKÓW

Rozdział podaje wiele truizmów. Dla przykładu niektóre podaję w omówieniu

Odpowiedzialność

Kierownictwo jest zobowiązane zapewnić narażonym na promieniowanie pracownikom nadzór zdrowotny i służbę ochrony zdrowia. Lekarz musi dbać aby pracownicy byli poddawani badaniom lekarskim, informować okresowo kierownictwo o ich zdolności do wykonywanej pracy oraz doradzać w sprawach higieny pracy.

Program nadzoru medycznego .

Program powinien być oparty na ogólnych zasadach nadzoru zdrowia pracowników. Ponadto powinien:

- określać podstawowe informacje postępowania w sytuacjach wyjątkowych;
- oceniać zdolność do wykonywanych obowiązków;
- prowadzić poufne karty zdrowia;
- przygotowywać postępowanie na wypadek otrzymania zbyt dużych dawek ;
- zapewnić porady postępowania lekarskiego dla kierownictwa i pracowników.

Badania lekarskie pracowników

Badania muszą spełniać ogólne zasady medycyny pracy. Badania należy przeprowadzać przed rozpoczęciem pracy w warunkach narażenia, okresowo w czasie pracy i po jej zakończeniu. Jeśli dawka zakumulowana w soczewkach oczu przekroczy 0,5 Gy lub może w ciągu kolejnych kilku lat przekroczyć ten poziom, pracownik powinien regularnie przeprowadzać badania wzroku.

Powiadamianie o niedomaganiach i przekroczeniach dawek.

Pracowników należy zachęcać do szybkiego zgłaszania dolegliwości do swego lekarza. Jeśli pracownik otrzyma dawkę przekraczającą poziom badania Urząd Nadzorczy może wymagać zgłoszenia i zbadania okoliczności tego przypadku.

Karty medyczne

Karty medyczne powinny zawierać wszystkie oceny lekarskie, przed zatrudnieniem, okresowe, specjalne, po chorobach i po zakończeniu pracy.

Postępowanie z pracownikami przy przekroczeniu akceptowanych dawek.

Sposób postępowania przy przekroczeniach powinien być wcześniej opracowany. Należy na to mieć zarezerwowane środki finansowe. Jeśli dawki są zbliżone do wartości granicznych, to z reguły wymaga to jedynie zbadania i wyciągnięcia odpowiednich wniosków. Jedynie dawki znacznie wyższe od granicznych (0,1 – 0,5 Sv i powyżej) wymagają specjalnego postępowania łącznie z dozymetrią biologiczną . Specjalne badania wypadków powinny być prowadzone z udziałem specjalistów z wielu dziedzin.

DODATEK I NARAŻENIE PRACOWNIKÓW OD NATURALNYCH NUKLIDÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH (NORM)

Najlepszym sposobem oceny tego narażenia jest monitoring na miejscu pracy. Można także ocenić narażenie na podstawie tła promieniowania gamma, pyłów zawierających aerozole promieniotwórcze oraz na podstawie stężenia promieniotwórczego w materiałach z którymi styka się pracownik. Podano tabelę przewidywanych dawek rocznych (w mSv na Bq/g) w zależności od rodzaju materiałów znajdujących się zakładzie przemysłowym (ruda luzem, koncentraty, skały, dymy promieniotwórcze). Rozbieżność podanych w tabeli dawek jest bardzo duża i wynosi od 0,00006 do 0,4 mSv na Bq/g. Podano przykłady gdzie roczna dawka efektywna może wynosić od 0,1 mSv do 10 mSv

DODATEK II METODY i SYSTEMY KONTROLI INDYWIDUALNEJ dla OCENY NARAŻENIA ZEWNĘTRZNEGO

Opisano metody dozymetrii: fotograficznej, termoluminescencyjnej, fotoluminescencyjnej, luminescencyjnej stymulowanej optycznie, bezpośredniego przechowywania jonów (direct ion storage) i aktywnej osobistej (active personal). Oddzielnie opisano detektory neutronów.

DODATEK III SPRZĘT POMIAROWY dla OCENY NARAŻENIA ZEWNĘTRZNEGO w MIEJSCACH PRACY

Opisano aparaturę do pomiaru promieniowania X i Gamma (w tym komory jonizacyjne, liczniki proporcjonalne, liczniki GM, detektory półprzewodnikowe i liczniki scyntylacyjne), promieniowania beta i neutronów.

DODATEK IV BIOKINETYCZNE MODELE do OCENY NARAŻENIA WEWNĘTRZNEGO

Opisano modele stosowane przy różnych drogach wnikania do organizmu: inhalacji, drogi pokarmowej, wnikania przez rany i poprzez kontakt ze skórą.

DODATEK V METODY KONTROLI INDYWIDUALNEJ SKAŻEŃ WEWNĘTRZNYCH

Opisano krótko metody bezpośrednie (m.inn. licznik całego ciała) oraz szczegółowo różne metody pośrednie (próbki biologiczne, próbki wdychanego powietrza, próbki skażonych powierzchni określające narażenie potencjalne. Oddzielnie omówiono postępowanie z pobranymi próbkami oraz metody ich analizy.

REFERENCJE

Podano 237 odnośników literaturowych.

ZAŁĄCZNIK TECHNIKI DOZYMETRII RETROSPEKTYWNEJ

Załącznik jest skróconą wersją publikacji AJNSBURY, E.A., et al., Review of retrospective dosimetry techniques for external ionising radiation exposures, *Radiat. Prot. Dosim.* **147** (2011) 573-592.

Omówiono techniki hematologiczne, cytogenetyczne, genetyczne, biopskaźniki proteiny i techniki fizyczne (dozymetrii paramagnetycznego rezonansu elektronowego, dozymetrii luminescencyjnej i techniki aktywacyjnej).