

ZAGROŻENIA EKOLOGICZNE PROMIENIOWANIA MIKROFALOWEGO SPRZĘTU RADIOLOKACYJNEGO

Jerzy SOBCZYK

Akademia Marynarki Wojennej
81-103 Gdynia, ul. Śmidowicza 69, tel. (058) 6262856

W referacie omówiono zagrożenia ekologiczne związane z promieniowaniem mikrofalowym o dużej gęstości energii emitowanym przez urządzenia radiolokacyjne. Podjęto problem negatywnego oddziaływania promieniowania mikrofalowego na organizmy żywe. Scharakteryzowano przedsięwzięcia organizacyjne oraz środki techniczne ograniczające skutki wpływu promieniowania bwc na organizm człowieka.

1. WPROWADZENIE

Promieniowanie elektromagnetyczne (PEM) jako jedna z form emisji energii w określonych warunkach jest istotnym czynnikiem zagrażającym organizmom żywym, w tym człowiekowi.

Ogólnie uznawany jest podział PEM na promieniowanie jonizujące i niejonizujące. Promieniowanie jonizujące wywołuje zmiany ładunków elektrycznych w obojętnych atomach lub cząsteczkach materii. Promieniowanie niejonizujące nie powoduje zmiany ładunków elektrycznych w atomach i cząsteczkach materii, ale wywołuje tzw. efekt termiczny w obiektach materialnych a poza tym inne efekty pozatermiczne w organizmach żywych.

Źródła promieniowania elektromagnetycznego mogą być naturalne bądź sztuczne. Źródła naturalne to: wiatr słoneczny, promieniowanie kosmiczne, wyładowania atmosferyczne. Do źródeł sztucznych zalicza się: urządzenia telekomunikacyjne, urządzenia komunikacji osobistej, urządzenia energetyczne, radary, urządzenia przemysłowe i urządzenia domowe.

Promieniowanie mikrofalowe (0.3 – 300 GHz) powstaje w wyniku działania zespołów sieci i domowych urządzeń elektrycznych, urządzeń elektromechanicznych do badań diagnostycznych i zabiegów fizykoterapeutycznych, urządzeń telekomunikacyjnych, radiolinii, telefonów komórkowych, urządzeń radiolokacyjnych czy radionawigacyjnych.

Jednym z głównym źródeł promieniowania mikrofalowego są urządzenia radiolokacyjne. Ich cechą jest niejednokrotnie skryte oddziaływanie na środowisko naturalne z powodu słabo widocznego sposobu montażu urządzeń i anten.

Przejawem oddziaływania PEM na organizmy żywe są zmiany czynnościowe w organizmach. Im pole silniejsze, tym większa destrukcja organizmu.

Celem referatu jest określenie wpływu promieniowania mikrofalowego na organizm człowieka oraz przedstawienie przedsięwzięć związanych z ochroną przed tym promieniowaniem, ze szczególnym uwzględnieniem środowiska morskiego, w którym pracują urządzenia radiolokacyjne.

2. RADIOLOKACYJNE ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA MIKROFALOWEGO

Radiolokacja to dziedzina radiotechniki, wykorzystująca zjawiska promieniowania i odbicia fal elektromagnetycznych przez różne obiekty do wykrycia tych obiektów, określenia ich położenia w przestrzeni (pomiaru współrzędnych) i wyznaczenia niektórych ich właściwości fizycznych [1].

Do obiektów obserwacji radiolokacyjnej zalicza się: poruszający się człowiek lub zwierzę, pojazdy, samoloty, okręty, pociski raketowe, hydrometeory (deszcz, śnieg, grad, chmury burzowe itp.), elementy powierzchni ziemi i wody, a także latarnie radiowe lub inne urządzenia promieniujące energię elektromagnetyczną. Urządzenia radiolokacyjne emitują fale o długościach od kilku milimetrów do kilku metrów. Średnia moc promieniowania ich nadajników zawiera się granicach od kilku W do kilkudziesięciu kW.

W marynarce wojennej urządzenia radiolokacyjne instalowane są na okrętach, na brzegowych punktach obserwacji technicznej oraz na samolotach. Do urządzeń tych zalicza się radary nawigacyjne, radary wykrywania i określania współrzędnych nawodnych i powietrznych, urządzenia identyfikowania obiektów „swoj-obcy”, urządzenia rozpoznawcze oraz radary kierowania środkami walki, szczególnie kierowania uzbrojeniem raketowym i artyleryjskim. Urządzenia radiolokacyjne są źródłami promieniowania mikrofalowego o charakterze ciągłym lub impulsowym.

Charakterystyki promieniowania tych źródeł mikrofal zależą od typu i konstrukcji anteny oraz przeznaczenia. Oddziaływanie na środowisko ma charakter zamierzony związany z realizacją funkcji urządzenia lub niezamierzony wynikający z niewłaściwej eksploatacji lub awarii urządzenia. Nawet przy niewielkiej wartości gęstości pola promieniowania niezamierzonego należy podjąć czynności zmierzające do jego eliminacji, ponieważ dłuższy czas oddziaływania czyni go niebezpiecznym dla obsługi. Szczególnie niebezpiecznym przypadkiem powstania promieniowania niezamierzonego jest nagła awaria linii przesyłowej (pęknięcie falowodu, uszkodzenie przełącznika antenowego lub złączy falowodowych). Awaria taka prowadzi niekiedy do bardzo intensywnej upływności energii bwc. Wówczas najlepszym sprawdzianem powstania awarii jest kontrola zasięgu radaru [6].

3. WPLYW MIKROFAL NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

Organizm ludzki reaguje na pola PEM w zależności od jego częstotliwości i absorbowanej mocy, wyemitowanej przez źródło. Głębokość wnikania PEM o wysokich częstotliwościach w ludzką tkankę zależy od masy ciała i zawartości wody. Głębokość penetracji maleje wraz ze wzrostem częstotliwości.

Oddziaływanie mikrofal na organizm człowieka ma dwojaki charakter:

- efektu termicznego;
- efektu pozatermicznego (ekstratermicznego).

3.1. Efekt termiczny

Efekt termiczny (udar cieplny) polega na przekształcaniu się energii PEM w energię cieplną w opromieniowanym organizmie. W wyniku tego procesu następuje nagrzewanie się części organizmu lub jego całości. Przy napromieniowaniu falami małych długości (do 3 cm) nagrzewanie ma charakter powierzchniowy. Następuje nagrzewanie skóry i tkanki podskórnej a w rzadkich tylko przypadkach – głębszych warstw ciała. Osoba napromieniowana odczuwa nagrzanie dzięki istnieniu receptorów wrażliwych na ciepło w powierzchniowych warstwach ciała. W przypadku napromieniowania falami dłuższymi może wystąpić zarówno nagrzanie powierzchniowe, jak i nagrzanie głębokie. Niekiedy może mieć miejsce wyłącznie nagrzewanie głębokie i w tym wypadku osoba opromieniowana może nie zorientować się co do faktu nagrzewania na skutek braku odpowiednich receptorów czuciowych wrażliwych na temperaturę. Może dojść wówczas do przekrwienia, oparzeń a nawet martwicy narządów wewnętrznych. Szczególnie wrażliwe są: przewód pokarmowy oraz pęcherz moczowy. Doświadczalnie stwierdzono, że mikrofałe o gęstości strumienia mocy ok. 5 W/m^2 nie powodują istotnego podniesienia temperatury ciała. Dopiero powyżej 5 W/m^2 może nastąpić podniesienie temperatury ciała o 0,5 do 1°C . Przegrzanie związane z napromieniowaniem mikrofalami jest uzależnione od temperatury powietrza. W lecie przy wysokiej temperaturze oddawanie doprowadzonego ciepła jest utrudnione i łatwiej może nastąpić przegrzanie. Efekt termiczny odgrywa rolę przede wszystkim w powstawaniu objawów związanych z jednokrotnym napromieniowaniem w polu o wysokiej intensywności [2].

3.2. Efekt pozatermiczny

Efekt pozatermiczny odgrywa główną rolę w powstawaniu objawów przy przewlekłym napromieniowaniu małymi lub średnimi dawkami. Przewlekłe działanie mikrofal powoduje przede wszystkim zmiany typu czynnościowego związane z układem nerwowym (nerwica wegetatywna, nerwica naczyniowo - sercowa) oraz zmiany w narządzie wzroku i obrazie krwi. W okresie intensywnej pracy personel obsługujący może odczuwać dolegliwości subiektywne stanowiące zespół objawów tzw. nerwicy mikrofalowej. Nerwica ta nie nosi cech swoistych, różniących się w zakresie objawów od jakiegokolwiek innej nerwicy. Do najczęstszych dolegliwości należą: bóle głowy, zaburzenia snu, nadmierne zmęczenie po pracy, nadmierna pobudliwość nerwowa, osłabienie pamięci, nadmierne pocenie się, pieczenie pod powiekami i łzawienie, wypadanie włosów, suchość skóry, oczopląs, arytmia serca, zaburzenia błędnika. U ludzi napromieniowanych przez dłuższy okres czasu, poza podanymi wyżej objawami może występować drżenie rąk, języka oraz objawy nerwicy naczyniowej i wegetatywnej. Istotny wpływ na skutki opromieniowania ma częstotliwość (długość fali) promieniowania.

Promieniowanie wywiera największy wpływ na organy człowieka, których rozmiary są porównywalne z jego długością fali. Przykładowo promieniowanie o zakresie centymetrowym działa najbardziej szkodliwie na wzrok, błędnik oraz gruczoły wydzielania dokrewnego. Promieniowanie o zakresie decymetrowym najbardziej szkodzi mięśniom i dużym organom wewnętrznym.

Biologiczne skutki skażeń elektromagnetycznych nie są możliwe do wykrycia za pomocą zmysłów, nie są też one od razu odczuwalne, a mogą wystąpić dopiero po wielu latach [2].

3.3. Działanie mikrofal na narząd wzroku

Działanie mikrofal na narząd wzroku jest intensywne, ponieważ oczy są szczególnie słabo zabezpieczone tkanką tłuszczową. W wyniku jednorazowego napromieniowania dawkami o dużej gęstości mocy może wystąpić po kilkunastodniowym okresie utajenia zmętnienie soczewki (zaćma). Może to się zdarzyć przy zagłądaniu do otwartych falowodów podczas pracy radaru, w czasie przebywania w ognisku anteny lub podczas oglądania przejść falowodowych, w których występuje nieszczelność. U osób z dłuższym stażem pracy mogą wystąpić drobne punktikowe zmętnienia w okolicy tylnego szwu soczewki. Zmętnienie soczewki występuje po działaniu fal w paśmie około 10 cm lub dłuższym. Na skutek działania fal krótszych od 10 cm, może wystąpić uszkodzenie rogówki, związane przede wszystkim z efektem termicznym. Do innych dolegliwości narządu wzroku należą: łzawienie i skurcz powiek, zwężenie źrenicy, przekrwienie spojówek i tęczówki a także zapalenie rogówki.

Nasilenie tych dolegliwości jest ściśle związane z gęstością strumienia energii bwcz i czasem pracy. U osób zatrudnionych przez dłuższy czas w zasięgu mikrofal może wystąpić nieznaczna niedokrwistość [2].

4. OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEM MIKROFALOWYM

W Polsce normą prawną, która reguluje sprawy związane z projektowaniem, produkcją, eksploatacją oraz utylizacją urządzeń emitujących promieniowanie elektromagnetyczne jest ustawa o ochronie i kształtowaniu środowiska (Dz.U. Nr.3, poz.6) [4]. Rozszerzeniem ustawy jest rozporządzenie Rady Ministrów w dn. 5 listopada 1980 r. w sprawie szczegółowych zasad ochrony przed elektromagnetycznym promieniowaniem niejonizującym szkodliwym dla ludzi i środowiska. Zarządzenie to nakłada na jednostki organizacyjne i osoby fizyczne projektujące, produkujące, instalujące oraz użytkujące urządzenia wytwarzające PEM obowiązek maksymalnego ograniczania zagrożenia przez nie środowiska i zdrowia ludzi [5].

W Polsce ustawowo sprecyzowano pojęcie stref ochronnych dla PEM, wraz z ograniczeniami dla przebywania ludzi w PEM o podwyższonym natężeniu. Normy te definiują strefy ochronne wokół źródeł promieniowania, oddzielnie dla ogółu populacji (dwie strefy ochrony środowiska o zróżnicowanym zagrożeniu: stopnia pierwszego i drugiego) oraz dla osób profesjonalnie związanych ze środowiskami pracy o zwiększonym zagrożeniu zdrowia bądź życia (tabele 1 i 2 – foliogramy) [3].

Tabela 1. Wartości graniczne gęstości mocy dopuszczalne w strefach ochronnych środowiska obowiązujące w Polsce (od 1998 r.)

Zakres częstotliwości [GHz]	Wartości graniczne gęstości mocy [W/ m ²]	
	Strefa ochronna I stopnia	Strefa ochronna II stopnia
0,3- 300 (pole stacjonarne)	powyżej 0,1 W/m ²	0,025 – 0,1 W/m ²
0,3- 300 (pole niestacjonarne)	powyżej 1 W/m ²	0,25 - 1 W/m ²

Zgodnie z obowiązującymi przepisami w obszarze otaczającym pracujące urządzenia radiolokacyjne wyróżnia się trzy strefy ochronne: strefę pośrednią, strefę zagrożoną i strefę niebezpieczną. Obszar poza strefami ochronnymi stanowi strefę bezpieczną. Granice poszczególnych stref określa się w drodze pomiarów wartości średniej strumienia energii w zakresie częstotliwości od 300 MHz do 300 GHz – w zależności od sposobu opromieniowania.

Tabela 2. Strefy ochronne środowiska pracy

Nazwa strefy ochronnej stanowiska pracy	Wartości graniczne gęstości mocy dla częstotliwości 0,3 – 300 GHz [W/m ²]	Dopuszczalny czas przebywania
Bezpieczna	< 0,1 - pole stacjonarne < 1 - pole niestacjonarne	Bez ograniczeń
Pośrednia	0,1 – 2 - pole stacjonarne 1 – 10 - pole niestacjonarne	Jedna zmiana robocza
Zagrożona	2- 100 - pole stacjonarne 10 – 100 - pole niestacjonarne	Ograniczony czas przebywania
Niebezpieczna	> 100	Zakaz przebywania

Na obszarze stref ochronnych mogą przebywać wyłącznie osoby, u których w wyniku przeprowadzonych badań lekarskich nie stwierdzono przeciwwskazań zdrowotnych do przebywania w zasięgu silnych PEM.

W strefie pośredniej mogą przebywać pracownicy zatrudnieni przy produkcji, naprawach, przeglądach i obsłudze urządzeń w czasie całego dnia pracy, w strefie zagrożenia pracownicy mogą przebywać przez czas ograniczony, w strefie niebezpiecznej przebywanie ludzi bez stosowania środków ochrony osobistej jest zabronione. Obszar strefy wyznacza graniczne wartości poziomów natężenia pól elektrycznych (V/m) lub gęstość mocy mikrofalowej (W/m²) – bardziej reprezentatywnej dla PEM o wyższych częstotliwościach emisji. Praca lub okresowe przebywanie osób wewnątrz stref ochronnych wiąże się z koniecznością podjęcia konkretnych środków zaradczych nazywanych ogólnie ochroną przed napromieniowaniem.

Ochrona przed napromieniowaniem może być: zbiorowa i indywidualna.

Do metod ochrony zbiorowej należą:

- ekranowanie źródeł promieniowania od obszaru przebywania ludzi poprzez stosowanie ekranów z materiałów odbijających, metalowych siatek lub leśnych pasów ochronnych, podnoszenie głównych wiązek promieniowania anten, stosowanie promieniowania sektorowego przez anteny radarów, zmiana parametrów mocy promieniowania radarów, zakaz emisji promieniowania, ekranowanie miejsc pracy (ściany, okna), gdzie gęstość strumienia energii przekracza dopuszczalną

wartość, powiadamianie personelu będącego w zasięgu promieniowania o włączeniu urządzenia poprzez stosowanie sygnałów dźwiękowych i świetlnych.

Środki i metody ochrony indywidualnej to:

- odpowiednie rozmieszczenie stanowisk pracy w miejscach o najniższych gęstościach strumienia energii, zajmowanie pozycji tyłem do źródła dla ochrony oczu, szybkie omijanie z daleka promieniującej anteny lub stref niebezpiecznego promieniowania, stosowanie okularów ochronnych, używanie kombinezonów ochronnych z kapturem ze specjalnych tkanin (wtopione siatki metalowe o dobrym przewodzeniu elektrycznym), skrócenie w razie potrzeby czasu pracy.

Kombinezony i okulary ochronne stosuje się przy pracach wymagających pozostania przez dłuższy czas w polu o gęstości strumienia energii przekraczającej 1 W/m^2 [2].

Dla ochrony ludzi przed skutkami promieniowania mikrofalowego należy zastosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy, które są następujące:

1. Należy stosować wymagania w stosunku do osób przebywających w zasięgu mikrofal: nie dopuszczać do pracy młodocianych, kobiet w ciąży oraz osób ze schorzeniami, których przebieg może ulec pogorszeniu.
2. Zabrania się przebywania w zasięgu mikrofal bez wyraźnej potrzeby.
3. Zabrania się przebywania w zasięgu mikrofal o nieznannej gęstości mocy.
4. Zabrania się używać uszkodzonych środków ochrony i powinny być one okresowo legalizowane.
5. Mierniki natężenia pola, stosowane do pomiarów kontrolnych winny być okresowo legalizowane
6. Praca przy urządzeniach mikrofalowych w przestrzeni otwartej: źródła promieniowania mikrofalowego winny być lokalizowane jak najdalej od osiedli ludzkich, w czasie różnych pomiarów, strojeń i kontroli stanu urządzeń mikrofalowych należy unikać promieniowania energii mikrofalowej w przestrzeń poprzez stosowanie wszelkiego rodzaju sztucznych obciążeń (sztucznych anten), należy wyznaczyć i oznakować strefy ochronne, cała strefa, w której gęstość mocy mikrofal przekracza $0,1\text{ W/m}^2$ powinna należeć do terenu zamkniętego.
7. Praca przy urządzeniach mikrofalowych w pomieszczeniach zamkniętych: wszelkie generatory mikrofalowe (oprócz pomiarowych) należy instalować w pomieszczeniach betonowych lub z cegły – w pomieszczeniach tych mogą przebywać jedynie osoby zatrudnione bezpośrednio przy pracach związanych z danym źródłem, pomieszczenia sąsiednie, w których gęstość mocy może przekroczyć $0,1\text{ W/m}^2$ winny być odekraneowane, względnie oznakowane, wszystkie źródła promieniowania mikrofalowego winny być w miarę możliwości włączone na sztuczne obciążenie [6].

5. OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEM NA OBIEKTACH MARYNARKI WOJENNEJ

Urządzeniami radiolokacyjnymi znajdującymi się na obiektach marynarki wojennej są głównie radary okrętowe oraz radary znajdujące się na brzegowych punktach obserwacyjnych. W stosunku do tych urządzeń przestrzega się zaleceń zawartych w rozporządzeniach już na etapie projektowania, podczas instalowania, a także w trakcie eksploatacji. Radary okrętowe oraz radary brzegowe są tak projektowane, aby mogły pracować z pełną mocą bez emitowania energii w przestrzeń – służą do tego sztuczne obciążenia i urządzenia zapewniające emisję dużej mocy w wybranym sektorze. Radary

posiadają zabezpieczenia wyłączające pracę nadajnika po otwarciu szaf nadawczych lub rozszczelnieniu się toru przesyłowego energii bwcz.

Instalowanie radarów okrętowych również uwzględnia przepisy BHiP i zasadę minimalizowania zagrożeń ekologicznych. Promieniowanie anteny stanowi największe zagrożenie dla załogi znajdującej się na otwartych miejscach pokładu i nadbudówek, w przypadku, gdy miejsca te znajdują się w zasięgu charakterystyki kierunkowej anteny. Niebezpieczeństwo stąd wynikające eliminuje się przez odpowiednie rozmieszczenie urządzenia antenowego, uniemożliwiające opromieniowanie okrętu energią elektromagnetyczną o gęstości strumienia mocy przekraczającej dopuszczalne normy. Optymalny wariant rozmieszczenia urządzenia antenowego można znaleźć za pomocą graficznego przedstawienia charakterystyki kierunkowej anteny na rysunku obrazującym ogólny wygląd okrętu. Jeżeli urządzenie antenowe instalowane jest na niewielkiej wysokości należy zawnocześnie rozważyć problem szkodliwości przebywania ludzi w polu elektromagnetycznym anteny. Szczególnie dotyczy to oddziaływania lisków bocznych charakterystyki promieniowania anteny. Wpływ lisków bocznych można pominąć jedynie w przypadku gdy maszt, na którym zainstalowano antenę, przewyższa pokład górnego mostka co najmniej o 6 m. Jeżeli natomiast nie ma możliwości umieszczenia anteny tak, ażeby wyeliminować możliwość opromieniowania otwartych miejsc pokładu i nadbudówek, to należy zapewnić ich staranne ekranowanie. Jako materiały ekranujące stosowane są płyty metalowe, siatki metalowe, tkaniny metalizowane, specjalne szkła [6].

Instalowanie radarów brzegowych powinno uwzględniać minimalną odległość ich lokalizacji w stosunku do stałych zabudowań mieszkalnych. W przypadku radarów dużej mocy (przy mocy w impulsie rzędu setek kW) ta odległość powinna wynosić co najmniej 3 km. Anteny są maksymalnie oddalone od miejsca przebywania załogi, również urządzenia nadawcze są oddalone i umieszczane w specjalnych pomieszczeniach. Pomieszczenie operatorów i innych osób funkcyjnych znajduje się w betonowym schronie [7].

Podczas eksploatacji radarów okrętowych przestrzegane są następujące zasady: po włączeniu dużej mocy na otwartych pokładach mogą przebywać tylko osoby funkcyjne niezbędne do wykonania zadań i to w odzieży ochronnej, nie włącza się naraz kilku radarów o dużej mocy, jeżeli nie jest to konieczne, nie włącza się radarów z emisją promieniowania w porcie (z wyjątkiem kontroli funkcjonowania). Wszelkie prace naprawcze oraz strojenia odbywają się z wykorzystaniem sztucznego obciążenia.

Eksploatacja radarów brzegowych musi wykorzystywać emisję sektorową mocy tak, aby nie promieniować w kierunku budynków mieszkalnych i innych obiektów brzegowych, gdzie przebywają ludzie. Załoga podczas pracy z pełną mocą musi przebywać w schronie, gdzie również znajduje się specjalny monitor techniczny informujący na bieżąco o stanie pracy i stanie technicznym radaru, lub w odpowiednio przystosowanych budynkach.

Wszystkie te przedstawione powyżej przedsięwzięcia organizacyjne i środki techniczne powinny zapewnić właściwą ochronę przed skutkami promieniowania mikrofalowego.

6. PODSUMOWANIE

W referacie przedstawiono radiolokacyjne źródła promieniowania mikrofalowego ze szczególnym odniesieniem do radarów stosowanych w marynarce wojennej. Omówiono zagrożenia dla organizmu ludzkiego wynikające z przebywania w strefach zwią-

szanej gęstości mocy promieniowania a także podstawowe akty prawne dotyczące spraw związanych z ochroną środowiska przed promieniowaniem mikrofalowym sposoby ochrony przed promieniowaniem. Podano podstawowe przepisy BHiP w tym zakresie oraz wybrane najważniejsze wytyczne do projektowania, instalowania i eksploatacji urządzeń radiolokacyjnych ze szczególnym uwzględnieniem radarów stosowanych w marynarce wojennej.

W praktyce realizacja wielu przedsięwzięć odbiega od zaleceń wynikających z norm. Za zadowalający można będzie uznać stan, gdy zostaną spełnione m. inn. następujące warunki:

- zagrożenia ekologiczne wynikające z promieniowania mikrofalowego urządzeń radiolokacyjnych zostaną dobrze utrwalone w świadomości ludzi odpowiedzialnych z tytułu nadzoru za projektowanie, instalowanie i eksploatację tych urządzeń poprzez ujęcie tych zagadnień w programach studiów odpowiednich specjalności;
- treści tutaj przedstawione będą przekazywane podczas szkolenia podstawowego BHiP oraz szkolenia BHiP na stanowisku pracy dla stanowisk, które tego wymagają;
- zostaną zainstalowane sztuczne obciążenia, urządzenia do realizacji pracy sektorowej i urządzenia monitoringu technicznego we wszystkich radarach, które ich jeszcze nie posiadają;
- zostaną opracowane nowe, lepsze wzory odzieży ochronnej przeciwmikrofalowej, gdyż te dotychczas istniejące nie spełniają wszystkich wymagań, a nawet stanowią nieraz zagrożenie dla zdrowia osób w nich pracujących;
- nastąpi upowszechnienie urządzeń sygnalizacji świetlnej i dźwiękowej informującej o zagrożeniu promieniowaniem mikrofalowym;
- na pokładach okrętów już w trakcie budowy będą instalowane ekrany i inne urządzenia chroniące wybrane osoby funkcyjne, które muszą tam przebywać, przed skutkami promieniowania mikrofalowego;
- pomiary kontrolne przeprowadzane przez wyspecjalizowane komórki będą przeprowadzane częściej niż dotychczas, w celu weryfikacji napraw i pomiarów dokonywanych przez obsługę radarów.

Spełnienie podanych powyżej warunków niewątpliwie usprawni i udoskonali przedsięwzięcia mające na celu zapobieganie negatywnym skutkom oddziaływania promieniowania mikrofalowego na organizm ludzki.

LITERATURA

1. K. Kokot: Podstawy radiolokacji morskiej, WSMW Gdynia 1982.
2. Katedra Łączności i Obserwacji Technicznej: Przepisy bezpieczeństwa i higieny szkolenia w pracowni okrętowych urządzeń radiolokacyjnych, WSMW Gdynia 1983.
3. <http://www.et.put.poznan.pl/~jchmiel/work/pole/art16.html>
4. Ustawa z dn. 31.01.1980 r. (Dz.U. Nr. 3, poz. 6).
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dn.5.11.1980 r. (Dz.U.Nr. 25, poz.101).
6. T. Kasperowicz : Konstrukcje okrętowych stacji radiolokacyjnych, WSMW Gdynia 1978.
7. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z d.11.08.1998 r. (Dz.U. Nr.107, poz.676).

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE MICROWAVE EMISSION OF RADIOLOCATION EQUIPMENT

In this paper the ecological dangers of microwave emission of high density energy emitted by radiolocation equipment have been discussed.

The problem of negative influence on live organisms of microwave emission has been described.

The organisation enterprises and technical equipments discriminating the results of influence of very high frequency emission on human organism have been characterised.