Człowiek i Przyroda
Nr 4 Wiosna 1996

Józef Zon
Katolicki Uniwersytet Lubelski
Katedra Biologii Teoretycznej

Postulaty pod adresem ekokonsumpcji wynikające z obecnego stanu wiedzy w zakresie bioelektromagnetyki

Niniejsze opracowanie dotyczy bardzo żywo w ostatnich latach dyskutowanej kwestii możliwości niekorzystnego oddziaływania na organizmy sztucznie wytworzonych pól elektromagnetycznych. Problem jest teraz ważny, gdyż — jak się okazuje — tzw. elektromagnetyczne „skażenie" środowiska ma charakter globalny, jak mało który rodzaj skażenia. Jest ono w swoich przejawach niezwykle urozmaicone i najczęściej jest traktowane jako nieistotne (lub zgoła nie istniejące) przez decydentów i powiązane z nimi ośrodki opiniotwórcze (95). Celem opracowania jest więc wskazanie na pola elektromagnetyczne sztucznego pochodzenia jako na czynnik możliwego zagrożenia, ściśle zresztą powiązany z najpowszechniej obecnie zużywaną postacią energii. W pierwszej części niniejszego opracowania zostanie szkicowo przedstawiony obraz sytuacji, jeśli chodzi o źródła promieniowania. W następnej zostaną przekazane dane z zakresu bioelektromagnetyki, jakie stanowią podstawę do poważnego rozpatrywania możliwości, iż pola elektromagnetyczne związane z rozmaitymi formami wytwarzania, przesyłania i zużywania energii elektrycznej należy traktować jako czynnik potencjalnego zagrożenia. Szczególna uwaga zostanie poświęcona prawdopodobnym skutkom oddziaływania pól o tzw. częstotliwości sieciowej. Końcowa część opracowania zawierać będzie pewną liczbę postulatów wynikających z uwzględnienia danych przedstawionych w poprzednich częściach opracowania.

1. Kategorie „konsumpcji" energii elektrycznej

Energia elektryczna uważana jest za najbardziej „czystą" postać energii, gdyż bezpośrednio[1] nie skaża ona chemicznie środowiska. Jej przekazywanie

na znaczne nawet odległości jest stosunkowo tanie, zaś straty związane z jej przesyłaniem można zmniejszać podnosząc wartość napięcia, pod jakim przepływa prąd elektryczny w linii przesyłowej. Nic więc dziwnego, że ta właśnie postać energii napędza zdecydowaną większość urządzeń przemysłowych, komunalnych oraz biurowych. Podstawowa[2] częstotliwość drgań prądu wynosi w Europie i Azji 50 Hz, zaś w USA i Kanadzie — 60 Hz. Napięcia[3], pod jakimi przekazywana jest energia zasilająca urządzenia, rozciągają się od ułamkowych części do tysięcy woltów, natomiast napięcia, pod jakimi pracują linie przesyłowe, mogą przekraczać nawet 1 milion woltów.

Trzeba sobie zdawać sprawę, że z przekazywaniem energii w postaci elektrycznej wiąże się także generowanie pól magnetycznych o natężeniu proporcjonalnym do natężenia prądu przepływającego przez przewód (linię przesyłową). W zależności od zachodzących w czasie zmian tego natężenia zmienia się także natężenie wytwarzanego pola magnetycznego. Ważną okolicznością jest także przestrzenna konfiguracja przewodów: w rezultacie ich określonego ułożenia (kierunek, odległość) pola mogą mieć lokalnie zwiększone lub zmniejszone wartości. Na ich natężenie wpływa też liczba przewodów oraz relacja pomiędzy fazami przepływającego przez nie prądu zmiennego.

Szczególną kategorię źródeł sztucznych pól elektromagnetycznych stanowią różnorodne biurowe i domowe urządzenia napędzane energią elektryczną. Z niektórymi z nich współczesny człowiek styka się bezustannie (np. instalacje oświetleniowe, odbiorniki radiowe i telewizyjne) lub sporadycznie (np. z elektryczną maszynką do golenia czy krajalnicą do chleba). Wspólnym ich „mianownikiem" jest to, że podczas swojej pracy pobierają energię z domowej[4] instalacji elektrycznej, wytwarzając pola elektromagnetyczne.

Radio i telewizja należą do sfery działalności ludzkiej najbardziej „zanieczyszczającej" naturalne środowisko elektromagnetyczne, w zakresie długości fal począwszy od metrowych, skończywszy na falach o długości około dwóch kilometrów. Do dzisiaj utrzymuje się rozpoczęty w latach dwudziestych (w przypadku radia) i w latach czterdziestych (w przypadku telewizji) lawinowy przyrost liczby stacji nadawczych. Aby przesyłany przez nie sygnał był „odporny" na naturalne zakłócenia elektromagnetyczne, jego natężenie musi

[1] Z używaniem energii elektrycznej może się jednak wiązać skażenie chemiczne środowiska, np. przez oleje transformatorowe czy chemikalia używane do wytwarzania (wytrawiania) obwodów elektronicznych.

[2] W liniach przesyłowych energii elektrycznej oraz urządzeniach elektrycznych występują także drgania o wyższych, tzw. harmonicznych częstotliwościach. Widmo tych drgań może być bardzo bogate (85, 88).

[3] Jednym z czynników decydujących o skuteczności oddziaływania pola elektrycznego nie jest napięcie, lecz natężenie pola elektrycznego, którego wartość określa stosunek napięcia do odległości. Może ono mieć bardzo duże wartości nawet przy małym napięciu, ale przy bardzo małej odległości pomiędzy układami o różnym potencjale elektrycznym, albo wartości znikomo małe nawet przy dużych napięciach, ale przy wielkich odległościach.

[4] Oczywiście pomijając te urządzenia, które są zasilane energią z ogniw.

tysiące razy przewyższać natężenie naturalnego tła sygnałów elektromagnetycznych[5]. Aby przewyższyć poziom sztucznego tła elektromagnetycznego (np. elektromagnetyczny szum wielkiego miasta i innych odległych stacji), niosący sygnał ciąg fal elektromagnetycznych musi być odpowiednio silny. Jest rzeczą interesującą, że promieniowanie związane z radiem i telewizją jest „rozsiewane"[6] z określonego miejsca w przestrzeń, wskutek czego powstają takie obszary, gdzie jego natężenie jest stosunkowo wysokie, oraz takie, gdzie jest ono niskie. Do tych pierwszych należą tereny najbliższe masztów radiostacji, do drugich — obszary, gdzie wskutek specjalnej rzeźby terenu, właściwości fizycznych gleby i samego promieniowania fale są wytłumiane.

Wielką i stale narastającą popularnością cieszy się telekomunikacja bezprzewodowa. W tym wypadku dzięki w rozmaity sposób skonfigurowanym sieciom połączeń wzajemnych za pomocą fal radiowych, gdzie ważnym elementem są naziemne i orbitalne stacje odbierająco-wzmacniająco-korygujące i emitujące w przestrzeń sygnały, możliwe jest przekazywanie mowy, muzyki czy też ciągów impulsów przenoszących dane od urządzeń pracujących automatycznie. Sygnały te, w rozmaity zresztą sposób poddane obróbce (analogowo, binarnie, zmodulowane czy spolaryzowane), rozchodzą się koncentrycznie od ich generatora albo też w sposób wybitnie kierunkowy (ten sposób ukierunkowywania wysyłanego promieniowania stosowany jest m.in. w tzw. radioliniach). Przykładami szczególnie popularnych urządzeń wykorzystujących tego rodzaju sztucznie wytwarzane pola elektromagnetyczne są radiotelefony i lokalne sieci komputerowe, w których połączenia między poszczególnymi składnikami systemu zachodzą dzięki emisji i odbieraniu pól elektromagnetycznych.

Niezwykle rozległą dziedziną zastosowań energii elektromagnetycznej jest wojskowość. Promieniowanie elektromagnetyczne jest tu wykorzystywane przede wszystkim do komunikacji, zdalnej detekcji oraz w ćwiczebnych czy też rzeczywistych działaniach z zakresu tzw. walki elektronicznej[7]. Jest to niewątpliwie bardzo obszerny, najbardziej wyrafinowany i pod wieloma względami niemożliwy do adekwatnego opisania obszar zastosowań energii elektromagnetycznej do przekazu sygnałów i energii.

Szczególnie narażone na działanie sztucznych pól elektromagnetycznych są osoby zatrudnione w elektrowniach i długo przebywające w pobliżu linii przesyłowych (pracownicy zajmujący się obsługą linii energetycznych, mieszkańcy domów w bliskim sąsiedztwie takich linii) oraz te, które zawodowo stykają się z napędzanymi energią elektryczną urządzeniami stanowiącymi źródło silnych, ce-

[5] Które powstają wskutek różnych procesów niezależnych od człowieka, głównie w atmosferze ziemskiej i na Słońcu.

[6] Anteny promieniujące kierunkowo są szczególnym typem takich źródeł. Wydajnie rozsiewają one promieniowania elektromagnetyczne w wybranym kierunku.

[7] Ważną dziedziną są tu badania i potencjalne zastosowania tzw. broni elektromagnetycznych. Sugestywnie obraz tych badań i zastosowań przedstawiają w popularnonaukowej książce R. O. Becker i G. Selden (9).

lowo wytwarzanych pól elektromagnetycznych (np. elektromagnetyczne suszarnie materiałów dielektrycznych). Ludzie ci są zazwyczaj objęci ochroną wymaganą przez odpowiednie normy higieny i bezpieczeństwa pracy. Inną grupę stanowią ostateczni konsumenci wytworów i przekazu umożliwianego dzięki zasilaniu energią elektryczną (zazwyczaj nie są oni objęci żadną ochroną i rzadko są świadomi działania na ich organizmy sztucznych pól) oraz mieszkańcy okolic „ubogaconych" w sztuczne źródła pól elektromagnetycznych, jak ci, którzy mieszkają w pobliżu cywilnych i wojskowych stacji radarowych (lotniska) i radiostacji. Wprawdzie w odniesieniu do ludności zamieszkującej takie obszary stosowane są odpowiednie normy ochronne (m.in. strefy bezpieczeństwa i zakaz przebywania w zagrożonych obszarach zbyt długo), to jednak może dochodzić do przekraczania tych zasad albo takie ich „regulowanie", by przynajmniej z prawnego punktu widzenia nie było powodów do stawiania zarzutów.

2. Czy istnieją dostateczne powody, by zajmować się elektrozagrożeniem?[8]

O powiązaniu pomiędzy sztucznie wytworzonymi polami elektromagnetycznymi a stanem organizmów można wtedy mówić, kiedy zgromadzono dostateczną liczbę przekonujących dowodów skuteczności ich oddziaływania. Poświęcona problematyce oddziaływania pól elektromagnetycznych na układy żywe nowa dziedzina badań — bioelektromagnetyka — zgromadziła już bardzo wiele materiału empirycznego i doświadczalnego. Stanowi on wystarczająco mocne uzasadnienie tezy, iż pola elektromagnetyczne mogą wywoływać rozmaite skutki biologiczne. Ich pojawianie się, zasięg i stopień ekspresji, trwałość, korzystny czy też niekorzystny wpływ na organizmy zależą jednak od wielu charakterystyk oddziałujących pól oraz od charakterystyk układów żywych. Problematyka badań w tej dziedzinie jest więc bardzo złożona. Ujmując ją z ogólniejszego punktu widzenia, trzeba zauważyć, że wiedzę uzyskuje się tu albo na drodze empirycznej[9], albo teoretycznej; najlepiej jednak, kiedy dane obserwacyjne są spójne z odpowiednią teorią[10].

W odniesieniu do człowieka jako przedmiotu badań bioelektromagnetyki dane empiryczne pochodzą najczęściej z dwu dziedzin: epidemiologii i mo-

[8] Pod tym pojęciem rozumiane będzie zagrożenie wynikające ze strony pól statycznych i wolnozmiennych pól elektrycznych i magnetycznych oraz pól elektromagnetycznych.

[9] Ten typ danych w zakresie bioelektromagnetyki zdecydowanie przeważa.

[10] Może się oczywiście zdarzyć, że do zbioru gotowych już obserwacji dopiero później znajduje się adekwatną teorię, która z jednej strony tymi właśnie faktami usprawiedliwia swoje zaistnienie w nauce, z drugiej zaś zdejmuje z tych faktów brzemię nieprzystawalności do arsenału teoretycznego uznanego w nauce. Jak wiadomo, jest to istotnym powodem, dla którego wszelkie obserwacje niezgodne z uznanymi teoriami są podejrzane o powstanie w wyniku błędu czy też tendencyjności interpretacji tzw. surowych wyników.

delowych badań prowadzonych na zwierzętach, częściach ich organizmu czy też na układach niebiologicznych[11]. W tych pierwszych stwierdza się[12] częstsze występowanie określonych chorób u grup ludzi przebywających długo w pobliżu źródeł pól elektrycznych i magnetycznych, np. przesyłowe, przemysłowe, komunalne i domowe linie energetyczne (6, 18, 23, 33, 36, 41, 49, 76, 77, 82, 83, 86, 90, 93), czy też elektromagnetycznych, np. użytkownicy radiotelefonów (51, 73, 74), pracownicy obsługujący stacje radarowe (32, 71, 81). U wspomnianych grup badanych stwierdzono częstsze występowanie określonych nowotworów czy chorób układu nerwowego. W badaniach laboratoryjnych, gdzie najczęściej prowadzono badania na zwierzętach (traktowanych jako model ludzkiego organizmu), podejmowano z kolei próby potwierdzenia lub wykluczenia oddziaływań na funkcje lub strukturę różnych układów narządów, poszczególnych narządów, komórek czy też ich ważnych substruktur.

Na narządowym poziomie organizacji wykazano np. wpływ na funkcje ważnych narządów, takich jak mózg (3, 6, 10-12, 15, 33, 38, 51, 52, 64-66, 69, 77, 78, 86, 93), szczególnie zaś na wydzielanie przez szyszynkę i regulację wydzielania i poziomu melatoniny (34, 38, 40, 43, 80, 82, 83, 89), układ sercowo-naczyniowy (63, 87) czy też sztuczne urządzenia go wspierające (22, 50).

Do szczególnie znaczących substruktur komórkowych należy jądro komórkowe. Pełni ono podstawową rolę sterującą funkcjami komórki oraz w przekazie informacji dziedzicznej. Dlatego nic dziwnego, że wiele uwagi poświęca się skutkom oddziaływania pól na te nadzwyczaj ważne składniki komórek (21, 37, 44, 61, 88). Przykładem innych struktur komórkowych, za których pośrednictwem mogą zachodzić oddziaływania na cały organizm, mogą być błony komórkowe (4, 7, 14, 17, 19, 30, 46, 47, 66, 75, 79), a także układy enzymatyczne (16, 17, 20, 37, 45, 53, 56, 62, 68).

Wiele wysiłku i pomysłowości włożono w zaprojektowanie warunków doświadczalnych, dzięki którym udało się uzyskać empiryczne dowody „biologicznej skuteczności" pól elektromagnetycznych, równie dużo starań poświęcono wykazaniu braku takiej skuteczności. W przypadku pól słabych (a do takich należy zaliczyć wszystkie sztuczne pola w otoczeniu, które mieszczą się poniżej progu dopuszczanego przez normy bezpieczeństwa) na drodze teoretycznej wykazano, że takie oddziaływania są niemożliwe, głównie ze względu na znikomość dawki energii przekazywanej do bioukładu (1, 5, 13). Podnosi się też rozliczne kwestie metodologiczne, począwszy od tych, które się odnoszą do replikacji uzyskanych wyników, skończywszy na zastosowanej procedurze statystycznej (8, 25, 26, 28, 29, 35, 39, 48, 54, 55, 57, 67, 92).

[11] Np. na manekinach całego ciała lub określonej jego części (np. głowy), których przewodność, własności dielektryczne, rozmiary i kształt naśladują ludzkie.

[12] Ze względu na dużą liczbę publikacji źródłowych zdających sprawę z wyników konkretnych badań w załączonym wykazie piśmiennictwa na temat skutków oddziaływania pól elektromagnetycznych preferowano raczej prace przeglądowe.

3. Postulaty

Powszechność wykorzystywania energii elektromagnetycznej, wynikająca z tego obecność w otoczeniu niezwykle zróżnicowanych sztucznie wytworzonych pól elektromagnetycznych oraz udokumentowana metodami naukowymi skuteczność biologiczna tych pól (nowotwory, zaburzenia centralnego układu nerwowego, układu sercowo-naczyniowego oraz układów enzymatycznych) są okolicznością, która usprawiedliwia postawienie pewnej liczby postulatów.

Po pierwsze należy tu wskazać na potrzebę podtrzymywania i inicjowania badań w zakresie bioelektromagnetyki (badania biofizyczne, kliniczne i epidemiologiczne). W obecnej sytuacji przede wszystkim należy bardzo ostrożnie przyjmować zapewnienia o bezpieczeństwie sztucznie generowanych pól składane przez rzeczników przemysłu „elektrycznego" i przemysłu „elektromagnetycznego". Żądają oni wręcz zarzucenia takich badań (70, 84, 91). Należy też uświadamiać tych, którzy ponoszą odpowiedzialość za wykorzystywanie źródeł pól elektromagnetycznych, o możliwości zagrożenia stanu zdrowia ludzi wystawionych na długotrwałe oddziaływanie sztucznego pola (m.in. mieszkańcy domów znajdujących się blisko linii przesyłowych czy użytkownicy telefonów komórkowych). Stan wiedzy na ten temat należy uznać za niewystarczający. Do tej kategorii środków zapobiegawczych należy też zaliczyć wpływanie na zmianę nawyków w celu wyeliminowania nadmiernej ekspozycji wskutek m.in. długiego przebywania blisko źródeł pól (m.in. bez przerw i zmiany pozycji praca przy komputerze, korzystanie ze minisłuchawek głęboko wprowadzonych w zewnętrzny przewód słuchowy).

Do standardowych zabiegów w tym względzie należy stałe dopasowywanie norm ochronnych do aktualnego stanu wiedzy w zakresie bioelektromagnetyki. Przewagę mogą tu bowiem uzyskać — zanadto motywowani racjami wyłącznie gospodarczymi i przemysłowymi — zwolennicy tezy o braku zagrożenia ze strony pól elektromagnetycznych. Stąd poważną kwestią, i to o znaczącym wymiarze etycznym, jest odpowiednie komponowanie zespołów rzeczoznawców, których prace winny doprowadzać do decyzji o utrzymaniu lub rewizji obowiązujących norm bezpieczeństwa[13].

Wreszcie w obliczu przedstawionych powyżej danych empirycznych należy poddawać ostrożnej rewizji obiegową opinię o energii elektrycznej jako jednej

[13] Bardzo pouczająca może być w tym względzie ewolucja poglądów na temat skutków oddziaływania i bezpieczeństwa promieniowania jonizującego. Rozpoczęła się ona od licznych doniesień na temat jak najbardziej pożądanych skutków terapeutycznych. Obecnie spór się toczy w zasadzie między tymi, którzy uważają, że promieniowanie to przyjęte w każdej dawce (i przy każdej jej mocy) szkodliwie oddziałuje na biostruktury, oraz tymi, którzy uznają takie skutki, ale po przekroczeniu dopiero pewnej progowej dawki (mocy dawki). Uwaga ta nie odnosi się oczywiście do takich zastosowań promieniowania jonizującego, gdzie w celach terapeutycznych niszczy się nim określoną tkankę.

z najbardziej „czystych" form dostępnej energii. Jeśli się zwróci uwagę na pełny ciąg technologiczny uzyskiwania energii, jej dystrybucji i zużywania, to wcale tak dobrze nie jest[14].

Do drugiej grupy należy zaliczyć wszelkie przedsięwzięcia zmniejszające konsumpcję energii elektrycznej i ilość energii elektromagnetycznej wysyłanej w przestrzeń oraz straty energii elektrycznej podczas jej dystrybucji.

Należy więc wspomnieć o optymalizacji czasu obciążenia urządzeń elektrycznych. Wielką rolę odgrywają tu automatycznie działające przełączniki przestawiające urządzenia elektryczne w stan „czuwania", ze zmniejszonym zużyciem energii. Dobrym tego przykładem są nowszej generacji komputery, których urządzenia peryferyczne, głównie monitory, podlegają takiemu właśnie oszczędzającemu energię i środowisko reżymowi pracy. Podobnie należy dążyć do redukcji w otoczeniu ilości promieniowania elektromagnetycznego wysyłanego zwłaszcza przez silne radiostacje równomiernie we wszystkich kierunkach. Nie dziwi więc spór o rekonstrukcję masztu radiostacji Polskiego Radia w Konstantynowie koło Gąbina, która z racji potężnej mocy anteny (ok. 1,8 MW) zapewniała bardzo dobry odbiór programu I PR, ale działo się to za cenę narażania kilku tysięcy okolicznych mieszkańców na bardzo duże, w porównaniu z naturalnymi[15], natężenia pola elektromagnetycznego.

Trzeba przyznać, że bardzo kosztownym, ale ważnym przedsięwzięciem byłaby optymizacja rozległości i rozkładu przestrzennego linii przesyłowych, zwłaszcza sieci wysokiego napięcia. W grę wchodzi tutaj nie tylko skrócenie drogi przesyłowej, co bezpośrednio przekładać się musi na zmniejszenie strat energii, ale także o takie jej sytuowanie, by obszary zamieszkane przez ludzi i obszary cenne ze względu na skład gatunkowy i krajobraz były omijane w możliwie największej odległości przez tę sieć. W związku z tym należy też uznawać za korzystne powstawanie małych lokalnych systemów energetycznych, gdzie wystarczającym lub prawie wystarczającym źródłem energii elektrycznej mogą być miejscowe małe elektrownie wodne lub wiatrowe. Oczywiście, wszystkimi tymi poczynaniami powinna rządzić zasada nadrzędna: energię należy oszczędzać. Jednym z wielu korzystnych skutków tego będzie redukcja potencjalnego zagrożenia ze strony pól elektromagnetycznych.

Do kolejnej kategorii działań pożądanych należą wszelkie przedsięwzięcia konstrukcyjne i organizacyjne sprzyjające obniżaniu zbytecznego rozsiewu energii elektromagnetycznej, jak: stosowanie odpowiednich ekranów promie-

[14] Bardzo bowiem często pierwotnym źródłem dostarczanej energii elektrycznej jest węgiel lub paliwo jądrowe. Linie przesyłowe wymagają zużycia wielkich ilości metali. Linie napowietrzne raczej szpecą krajobraz, niż go upiększają.

[15] Mierzone natężenia składowej elektrycznej wytwarzanego promieniowania o częstotliwości 225 kHz wyniosły od kilku do kilkunastu woltów na metr, podczas gdy naturalnie generowane promieniowanie o takiej częstości jest tysiące razy mniejsze. Mimo że normy dopuszczalnego narażenia na promieniowanie ludzi stale przebywających w pobliżu źródeł takich pól są raczej liberalne (dopuszcza się bowiem natężenie składowej elektrycznej do 5 V/m), to jednak i one w pewnych sytuacjach były przekraczane.

niowania, odsuwanie jego źródeł na możliwie dużą odległość[16], takie konfigurowanie układu przewodów elektrycznych, by wytwarzane przez nie pola w możliwie dużym zakresie znosiły się.

Niemałe znaczenie ma też tu możliwie pełna wiedza o charakterystykach pól wytwarzanych przez urządzenie czy instalację. Takiemu celowi służy przygotowywanie dla użytkowników urządzeń elektrycznych dokładnych charakterystyk pól przez nie wytwarzanych. Nie wystarcza podawanie tylko suchej informacji, iż urządzenie spełnia oznaczoną jakimś skrótem i numerem normę krajową lub międzynarodową. Ponieważ zespół takich informacji z natury rzeczy musi być bardzo bogaty[17], dostarczanie ich w metryczkach technicznych urządzeń byłoby prawdopodobnie uznawane przez większość użytkowników za bezcelowe. Informacje takie powinny więc być gromadzone i udostępniane zainteresowanym spod określonego adresu w sieci komputerowej.

Jeśli chodzi o plany zagospodarowania przestrzennego, należy starannie wyznaczać strefy i obszary nieodpowiednie dla budynków mieszkalnych lub użyteczności publicznej ze względu na charakterystyki występujących tam pól elektromagnetycznych[18]. Niewielkie natężenie sztucznych pól elektromagnetycznych na danym obszarze należałoby uznać za fakt korzystny. Byłaby to więc pewna forma praktyki ekologicznej zgodna z zasadami elektroklimatologii (24). Zasady tej dziedziny powinny być stosowane także w odniesieniu do sytuacji typowych, a więc w szerszym zakresie powinna być uwzględniana[19] i rozwijana elektroklimatologia środowiska pracy, środowiska rozrywki i wypoczynku. Wystarczy tu tylko wspomnieć, że zużywanie podczas występów młodzieżowych grup muzycznych wielkiej ilości energii elektrycznej do oświetlenia i tzw. nagłośnienia naraża nie tylko zespół koncertujący i obsługę techniczną, ale także słuchających na stosunkowo silne o bardzo złożonej charakterystyce pola. Wreszcie środowisko wypoczynku, zwłaszcza nocnego, powinno być możliwie wolne od sztucznych pól elektromagnetycznych. Tymczasem często łóżka znajdują się bezpośrednio nad podpodłogową instalacją elektryczną czy w bezpośrednim sąsiedztwie przewodu elektrycznego w ścianie albo — co też się zdarza — w pobliżu instalacji transformatorowych umieszczonych w niektórych budynkach mieszkalnych.

[16] Czy też odsuwanie się od źródeł pól. W wielu wypadkach może być to najtańszy i najbardziej skuteczny sposób unikania nadmiernej ekspozycji.

[17] W tej chwili poza sytuacjami, gdzie mechanizmy fizyczne oddziaływania są oczywiste (pochłonięcie dużej dawki energii przy znacznym tempie jej przekazu), trudno powiedzieć, które z charakterystyk (albo jaki ich zespół) są znaczące. Stwierdzono bowiem istnienie tzw. okien (zakresów) częstotliwości (2, 3, 59), amplitudy (60) czy też czasu oddziaływania (14, 17, 31), w których obrębie oddziaływanie zachodzi. Istotne znaczenie może mieć również zmodulowanie falą o bardzo niskiej częstotliwości fali o częstotliwości np. radiowej (58).

[18] Łatwo zauważyć, że linie wysokiego napięcia zbudowane są u nas w pobliżu miast i terenów zabudowanych.

[19] Dzieje się to już w ramach szerszej dziedziny, jaką jest ochrona pracownika w jego miejscu pracy.

* * *

Nie można dziś uprawiać „aktywnej ignorancji" polegającej na tłumieniu wszelkich opinii o możliwym zagrożeniu i uspokajaniu się często bardzo złudnym przekonaniem, że skoro coś jest powszechnie stosowane, to na pewno nie może być szkodliwe. Właściwym rozwiązaniem wydaje się być ustalanie i świadome stosowanie rozsądnego bilansu ryzyka i korzyści wynikających z obcowania ze sztucznie generowanymi polami elektromagnetycznymi (25, 28, 36, 72). Bilans ten zresztą może być różnie ustalany dla określonych grup ludzi. Poszczególni zaś ludzie — na miarę swoich możliwości, rozeznania sprawy i wyczucia — mogą go też ustawiać na poziomie uznanym za właściwy dla siebie.

Literatura:

1. Adair R. K. *Constraints of Thermal Noise on the Effects of Weak 60-Hz Magnetic Fields Acting on Biological Magnetite.* „Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA" 1994 vol. 91 s. 2925-2929.
2. Adey R. W. *Tissue Interactions with Nonionizing Electromagnetic Fields.* „Physiol. Rev." 1981 vol. 61 s. 435-514.
3. Adey R. W. *Biological Effects of Low Energy Electromagnetic Fields on the Central Nervous System.* W: *Biological Effects and Dosimetry of Nonionizing Radiation.* Eds. M. Grandolfo, S. M. Michaelson. Plenum. New York 1983 s. 359-391.
4. Adey R. W. *Biological Effects of Electromagnetic Fields.* „J. Cell. Biochem." 1993 vol. 51 s. 410-416.
5. Agułowa Ł. P. *Sinchronizurijuszczaja rol' elektromagnitnych polej w biosferie: Argumenty «protiw».* „Biofizika" 1995 t. 40 s. 929-937.
6. Armstrong B., Theriault G., Guenel P., Deadman J., Goldberg M., Heroux P. *Association between Exposure to Pulsed Electromagnetic Fields and Cancer in Electric Utility Workers in Quebec, Canada, and France.* „Am. J. Epidemiol." 1994 vol. 140 s. 805-820.
7. Azanza M. J., Delmoral A. *Cell Membrane Biochemistry and Neurobiological Approach to Biomagnetism.* „Prog. Neurobiol." 1994 vol. 44 s. 517-601.
8. Baris D., Armstrong B. G., Deadman J., Theriault G. *A Case Cohort Study of Suicide in Relation to Exposure to Electric and Magnetic Fields Among Electrical Utility Workers.* „Occup. Environm. Med." 1996 vol. 53 s. 17-24.
9. Becker R. O., Selden G. *Elektropolis. Elektromagnetyzm i podstawy życia* (tł. z ang.). IW PAX. Warszawa 1994.
10. Bell G. B. *Frequency-Specific Responses in the Human Brain Caused by Electromagnetic Fields.* „J. Neurolog. Sci." 1994 vol. 23 s. 26-32.
11. Bell G. B., Marino A. A., Chesson A. L. *Frequency-Specific Blocking in the Human Brain Caused by Electromagnetic Fields.* „Neuroreport" 1994 vol. 5 s. 510-512.
12. Bell G. B., Marino A. A., Chesson A. L., Struve F. A. *Human Sensitivity to Weak Magnetic Fields.* „Lancet" 1991 vol. 338 s. 1521-1522.
13. Bennett W. R. *Cancer and Power Lines.* „Physics Today" 1994 vol. 47 nr 4 s. 23-29.
14. Berg H. *Possibilities and Problems of Low Frequency Weak Electromagnetic Fields in Cell Biology.* „Bioelectrochem. Bioenerget." 1995 vol. 38 s. 153-159.

15. Blackman C. F. *Stimulation of Brain Tissue in Vitro by Extremely Low Frequency, Low Intensity, Sinusoidal Magnetic Fields.* W: *Electromagnetic Fields and Neurobehavioral Function.* Alan R. Liss. New York 1988 s. 107-117.
16. Blank M. *Threshold for Inhibition of Na,K-ATPase by ELDF Alternating Currents.* „Bioelectromagnetics" 1992 vol. 13 s. 329-333.
17. Blank M., Soo L., Papstein V. *Effects of Low Frequency Magnetic Fields on Na,K-ATPase Activity.* „Bioelectrochem. Bioenerget." 1995 vol. 38 s. 267-273.
18. Brent R. L., Gordon W. E., Bennett W. R., Beckman D. A. *Reproductive and Teratologic Effects of Electromagnetic Fields.* „Reprod. Toxicol." 1993 vol. 7 s. 535-580.
19. Broude N., Karabakhtsian R., Shalts N., Goodman R., Henderson A. S. *Correlation Between the Amplitude of Plasma Membrane Fluctuations and the Response of Cells to Electric and Magnetic Fields.* „Bioelectrochem. Bioenerget." 1994 vol. 33 s. 19-23.
20. Delcarratore R., Morichetti E., Dellacroce C., Bronzetti G. *Effect of Magnetic Fields on Rodent Monooxygenase Enzymes.* „Bioelectromagnetics" 1995 vol. 16 s. 324-29.
21. Dimberg Y. *Neurochemical Effects of a 20 kHz Magnetic Field on the Central Nervous System in Prenatally Exposed Mice.* „Bioelectromagnetics" 1995 vol. 16 s. 263-67.
22. Dodinot B., Godenir J. P., Costa A. B., Zeller C., Broschart M. *Electronic Article Surveillance — A Possible Danger for Pacemaker Patients.* „Pace — Pacing and Clinical Electrophysiology" 1993 vol. 16 s. 46-53.
23. Feychting M., Ahlbom A. *Childhood Leukemia and Residential Exposure to Weak Extremely Low Frequency Magnetic Fields.* „Environmental Health Perspectives" 1995 vol. 103 s. 59-62. Suppl. 2.
24. Fischer G. *Elektrobioklimatologie — Grudlagen und Forschungsergebnisse.* „Zement u. Beton" 1976 H. 1 s. 1-8.
25. Florig K. H. *Containing the Costs of the EMF Problem.* „Science" 1992 vol. 257 s. 468-492.
26. Foster K. R. *The VDT Debate.* „Am Sci." 1986 March-April s. 163-168.
27. Foster K. R. *Health Effects of Low-Level Electromagnetic Fields: Phantom or not-so-Phantom Risk?* „Health Phys." 1991 vol. 62 s. 429-434.
28. Foster K. R., Guy A. W. *The Microwave Problem.* „Sci. Amer." 1986 vol. 254 nr 9 s. 32-39.
29. Foster K. R., Pickard W. F. *Microwaves: the Risks of Risk Research.* „Nature" 1987 vol. 330 s. 531-532.
30. Galt S., Sandblom J., Hamnerius Y., Höjevik P., Saalman E., Nordén B. *Experimental Search for Combined AC and DC Magnetic Field Effects on ion Channels.* „Bioelectromagnetics" 1993 vol. 14 s. 315-327.
31. Gamaley I., Augsten K., Berg H. *Electrostimulation of Macrophage NADPH Oxidase by Modulated High-Frequency Electromagnetic Fields.* „Bioelectrochem. Bioenerget." 1995 vol. 38 s. 415-418.
32. Goldsmith J. R. *Epidemiological Studies of Radio-Frequency Radiation: Current Status and Areas of Concern.* „Science Total Environm." 1996 vol. 180 s. 3-8.
33. Grayson J. K. *Radiation Exposure, Socioeconomic Status, and Brain Tumor Risk in the US Air Force: A Nested Case-Control Study.* „American J. Epidemiol." 1996 vol. 143 s. 480-486.
34. Grota L. J., Reiter R. J., Keng P., Michaelson S. *Electric Field Exposure Alters Serum Melatonin but not Pineal Melatonin Synthesis in Male Rats.* „Bioelectromagnetics" 1994 vol. 15 s. 427-437.
35. Gurney J. G., Schwartz S. M., Davis S., Mueller B. A. *Response to 'Evolution of Epistemologic Evidence on Magnetic Fields and Childhood Cancers'* „Amer. J. Epidemiology" 1996 vol. 143 s. 135-136.
36. Hendee W. R., Boteler J. C. *The Question of Health Effects from Exposure to Electromagnetic Fields.* „Health Physics" 1994 vol. 66 s. 127-136.
37. Holmberg B. *Magnetic Fields and Cancer: Animal and Cellular Evidence - An Overview.* „Environm. Health Perspect." 1995 vol. 103 s. 63-67.
38. Hughes J. T. *Electromagnetic Fields and Brain Tumours: A Commentary.* „Teratogen. Carcinogen. Mutagen." 1994 vol. 14 s. 213-217.

39. Jauchem J. R. *Alleged Health Effects of Electromagnetic Fields: The Misconceptions Continue.* „J. Microwave Power Electromagnet. Energy" 1995 vol. 30 s. 165-177.
40. Kato M., Honma K., Shigemitsu T., Shiga Y. *Circularly Polarized 50-Hz Magnetic Field Exposure Reduces Pineal Gland and Blood Melatonin Concentrations of Long-Evans Rats.* „Neurosci. Lett." 1994 vol. 166 s. 59-62.
41. Koifman S., Theriault G. *Electric and Magnetic Fields and Cancer - The Use of Field Exposure Measurements in Epidemiological Studies.* W: *Biological Effects of Electric and Magnetic Fields.* Eds. D. O. Carpenter, S. Ayrapetyan. Vol. 2. Academic Press Inc. San Diego, CA 1994 s. 201-231.
42. König H. L. *Unsichtbare Umwelt. Der Mensch im Spielfeld elektromagnetisher Kräfte.* Eigenverlag Herbert L. König. München 1977.
43. Liburdy R. P., Sloma T. R., Sokolic R., Yaswen P. *ELF Magnetic Fields, Breast Cancer, and Melatonin — 60 Hz Fields Block Melatonin's Oncostatic Action on ER+ Breast Cancer Cell Proliferation.* „J. Pineal Res." 1993 vol. 14 s. 89-97.
44. Lin H., Blank M., Jin M., Goodman R. *Electromagnetic Field Stimulation of Biosynthesis: Changes in c-myc Transcript Levels During Continuous and Intermittent Exposures.* „Bioelectrochem. Bioenerget." 1996 vol. 39 s. 215-220.
45. Lindström E., Berglund A., Mild K. H., Lindstrom P., Lundgren E. *CD45 Phosphatase in Jurkat Cells is Necessary for Response to Applied ELF Magnetic Fields.* „FEBS Lett." 1995 vol. 370 s. 118-222.
46. Lindström E., Lindström P., Berglund A., Mild K. H., Lundgren E. *Intracellular Calcium Oscillations Induced in a T-cell Line by a Weak 50-Hz Magnetic Field.* „J. Cell. Physiol." 1993 vol. 156 s. 395-398.
47. Liu L-M., Cleary S. F. *Absorbed Energy Distribution from Radiofrequency Electromagnetic Radiation in a Mammalian Cell Model: Effect of Membrane-Bound Water.* „Bioelectromagnetics" 1995 vol. 16 s. 160-171.
48. Loomis D. P., Savitz D. A., Ananth C. V. *Breast Cancer Mortality among Female Electrical Workers in the United States.* „J. Nat. Canc. Inst." 1994 vol. 86 s. 921-925.
49. Löscher W., Mevissen M. *Animal Studies on the Role of 50/60-Hertz Magnetic Fields in Carcinogenesis.* „Life Sci." 1994 vol. 54 s. 1531-1543.
50. Lucas E. H., Johnson D., Mcelroy B. P. *The Effects of Electronic Article Surveillance Systems an Permanent Cardiac Pacemakers: An in Vitro Study.* „Pace — Pacing and Clinical Electrophysiology" 1994 vol. 17 s. 2021-2026.
51. Mann K., Roschke J. *Effects of Pulsed High-Frequency Electromagnetic Fields on Human Sleep.* „Neuropsychobiology" 1996 vol. 33 s. 41-47.
52. Marino A. A. *Electromagnetic Fields, Cancer, and the Theory of Neuroendocrine-Related Promotion.* „Bioelectrochem. Bioenerget." 1993 vol. 29 s. 255-276.
53. Martirosov S., Blank M. *Inhibition of F0F1-H+-ATPase Activity in AC Fields.* „Bioelectrochem. Bioenerget." 1995 vol. 37 s. 153-156.
54. Meinert R., Michaelis J. *Meta Analyses of Studies on the Association between Electromagnetic Fields and Childhood Cancer.* „Radiat. Environm. Biophys." 1996 vol. 35 s. 11-18.
55. Michaelson S. M. *Influence of Power Frequency Electric and Magnetic Fields on Human Health.* „Ann NY Acad. Sci." 1987 vol. 502 s. 55-75.
56. Mohamed-Ali H., Kolkenbrock H., Ulbrich N., Sorensen H., Kramer K. D. Merker H-J. *Influence of Electromagnetic Fields on the Enzyme Activity of Rheumatoid Synovial Fluid Cells in Vitro.* „European J. Clin. Chem. Clin. Biochem." 1994 vol. 32 s. 319-326.
57. Moulder J. E., Foster K. R. *Biological Effects of Power-Frequency Fields as They Relate to Carcinogenesis.* „Proc. Soc. Exp. Biol. Med." 1995 vol. 209 s. 309-324.
58. Müller M., Maile S., Merker H. J, Kramer K. D. *Behaviour of Monolayer Cultures Exposed to a Low-Frequency Modulated Radiofrequency Electric Field.* „Bioelectrochem. Bioenerget." 1995 vol. 37 s. 11-16.
59. Nazar A. S. M. I., Paul A., Dutta S. K. *Frequency-Dependent Alteration of Enolase Activity by ELF Fields.* „Bioelectrochemistry and Bioenergetics" 1996 vol. 39 s. 259-262.

60. Neshev N. N., Kirilova E. I. *Synchronization of Functioning in Enzyme Reactions by Amplitude-Modulated Electromagnetic Field.* „Electro- and Magnetobiology" 1995 vol. 14 s. 17-21.
61. Nordenson I., Mild K. H., Andersson G., Sandstrom M. *Chromosomal Aberrations in Human Amniotic Cells after Intermittent Exposure to Fifty Hertz Magnetic Fields.* „Bioelectromagnetics" 1994 vol. 15 s. 293-301.
62. Ohtsu S., Miyakoshi J., Tsukada T., Hiraoka M., Abe M., Takebe H. *Enhancement of Beta-Galactosidase Gene Expression in Rat Pheochromocytoma Cells by Exposure to Extremely Low Frequency Magnetic Fields.* „Biochem. Biophys. Res. Commun." 1995 vol. 212 s. 104-109.
63. Orajewskij W. N., Golyszew S. A., Lewitin A. E., Breus T. K., Iwanowa S. W., Komarow F. I., Rapoport I. *Parametry „elektromagnitnoj pogody" w okołoziemnom prostranstwie, opriedieliajuszczije stepien'jeje biotropnosti.* „Biofizika" 1995 t. 40 s. 813-821.
64. Orłowa T. B., Cidiakin W. G., Kuliczenko A. M., Pawlenko W. B. *Aktiwnost' niejronow tiemiennoj associatiwnoj kory i oblasti czernoj substancii u koszki pri wozdiejstwii magnitnych polej czastotoj 8 Gc.* „Biofizika" 1995 t. 40 s. 978-82.
65. Ossenkopp K-P., Cain D. P. *Inhibitory Effects of Acute Exposure to Low-Intensity 60-Hz Magnetic Fields on Electrically Kindled Seizures in Rats.* „Brain Res" 1988 vol. 442 s. 255-260.
66. Parola A. H., Porat N., Kiesow L. A. *Chicken Embryo Fibroblasts Exposed to Weak, Time-Varying Magnetic Fields Share Cell Proliferation, Adenosine Deaminase Activity, and Membrane Characteristics of Transformed Cells.* „Bioelectromagnetics" 1993 vol. 14 s. 215-228.
67. Podd J. V., Whittington C. J., Barnes G. R. G., Page W. H., Rapley B. I. *Do ELF Magnetic Fields Affect Human Reaction Time?* „Bioelectromagnetics" 1995 vol. 16 s. 317-323.
68. Ponne C. T., Meijer M. M. T., Bartels P. V. *Effect of radio Frequency Energy on the Activity of Bowman-Birk Trypsin/Chymotrypsin Inhibitor.* „J. Agric. Food Chem." 1994 vol. 42 s. 2583-2588.
69. Poole C., Kavet R., Funch D. P., Donelan K., Charry J. M., Dreyer N. A. *Depressive Symptoms and Headaches in Relation to Proximity of Residence to an Alternating-Current Transmission Line Right-of-Way.* „Am. J. Epidemiol." 1993 vol. 137 s. 318-330.
70. Reizenstein P. *Leukemia and Electromagnetic Fields.* „Leukemia Res." 1993 vol. 17 s. 197-198.
71. Robinette D. C., Silverman Ch., Jablon S. *Effects upon Health of Occupational Exposure to Microwave Radiation (Radar).* „Am. J. Epidemiol." 1980 vol. 112 s. 39-53.
72. Rodricks J. V. *Risk Assessment, the Environment, and Public Health.* „Environmental Health Perspectives" 1994 vol. 102 s. 258-264.
73. Rothman K. J., Chou C. K., Morgan R., Balzano Q., Guy A. W., Funch D. P., Prestonmartin S., Mandel J., Steffens R., Carlo G. *Assessment of Cellular Telephone and Other Radio Frequency Exposure for Epidemiologic Research.* „Epidemiology" 1996 vol. 7 s. 291-298.
74. Rothman K. J., Loughlin J. E., Funch D. P., Dreyer N. A. *Overall Mortality of Cellular Telephone Customers.* „Epidemiology" 1996 vol. 7 s. 303-305.
75. Santini M. T., Cametti C., Paradisi S., Straface E., Donelli G., Indovina P. L., Malorni W. *A 50 Hz Sinusoidal Magnetic Field Induces Changes in the Membrane Electrical Properties of K562 Leukaemic Cells.* „Bioelectrochem. Bioenerget." 1995 vol. 36 s. 39-45.
76. Savitz D. A. *Overview of Occupational Exposure to Electric and Magnetic Fields and Cancer: Advancements in Exposure Assessment.* „Environmental Health Perspectives" 1995 vol. 103 s. 69-74. Suppl. 2.
77. Savitz D. A., Ahlbom A. *Epidemiologic Evidence on Cancer in Relation to Residential and Occupational Exposures.* W: *Biological Effects of Electric and Magnetic Fields.* Eds. D. O. Carpenter, S. Ayrapetyan. Vol. 2. Academic Press Inc. San Diego, CA. 1994 s. 233-261.

78. Savitz D. A., Loomis D. P. *Magnetic Field Exposure in Relation to Leukemia and Brain Cancer Mortality Among Electric Utility Workers.* „Am. J. Epidemiol." 1995 vol. 141 s. 123-134.
79. Savopol T., Moraru R., Dinn A., Kovacs E., Sajin G. *Membrane Damage of Human Red Blood Cells Induced by Low-Power Microwave Irradiation.* „Electro- and Magnetobiology" 1995 vol. 14 s. 99-105.
80. Selmaoui B., Touitou Y. *Sinusoidal 50-Hz Magnetic Fields Depress Rat Pineal NAT Activity and Serum Melatonin. Role of Duration and Intensity of Exposure.* „Life Sci." 1995 vol. 57 s. 1351-1358.
81. Speers M. A., Dobbis J. G., Miller Van S. *Occupational Exposures and Brain Cancer Mortality: A Preliminary Study of East Texas Residents.* „Am. J. Epidemiol." 1988 vol. 13 s. 629-638.
82. Stevens R. G. *Breast Cancer and Electric Power.* „Biomedicine & Pharmacotherapy" 1993 vol. 47 s. 435-438.
83. Stevens R. G. *Electric Power and Risk of Hormone-Related Cancers.* W: *Biological Effects of Electric and Magnetic Fields.* Eds. D. O. Carpenter, S. Ayrapetyan. Vol. 2. Academic Press Inc. San Diego, CA. 1994 s. 263-278.
84. Stone R. *Polarized Debate: EMFs and Cancer.* „Science" 1992 vol. 258 s. 1724-1725.
85. Struzak R. G. *Vestigial, Radiation from Industrial, Scientific, and Medical Radio-Frequency Equipment.* W: *Nonlinear and Environmental Electromagnetics.* Elsevier Science Publishers. Amsterdam 1984.
86. Theriault G. *Electromagnetic Fields.* W: *Biological Effects of Electric and Magnetic Fields. Eds.* D. O. Carpenter, S. Ayrapetyan. Vol. 1. Academic Press Inc. San Diego, CA. 1994 s. 63-86.
87. Tjasto M., Pticyna N., Kopytenko Y., Woronow P., Kopytenko E., Wiłłorezi G., Juczczi N. *Wlijanie elektromagnitnych polej jestiestwiennogo i antropogennogo proischożdienia na czastotu pojawlienia razlicznych patołogij w Sankt-Peterburgie.* „Biofizika" 1995 t. 40 s. 839-847.
88. Tofani S., Anglesio L., Ossola P., Damore G. *Spectral Analysis of Magnetic Fields from Domestic Appliances and Corresponding Induced Current Densities in an Anatomically Based Model of the Human Head.* „Bioelectromagnetics" 1995 vol. 16 s. 356-364.
89. Ubeda A., Trillo M. A., House D. E., Blackman C. F. *A 50 Hz Magnetic Field Blocks Melatonin-Induced Enhancement of Junctional Transfer in Normal C3H/10T1/2 Cells.* „Carcinogenesis" 1995 vol. 16 s. 2945-2949.
90. Verschaeve L. *Can Non-Ionizing Radiation Induce Cancer?* „Cancer J." 1995 vol. 8 s. 237-249.
91. Weisburger J. H. *Cancer and Electromagnetic Fields.* „Lancet" 1990 vol. 336 s. 1259.
92. Wertheimer N., Leeper E. *Bias in Studies of Electromagnetic Fields.* „J. Clin. Epidemiol." 1994 vol. 47 s. 1081-1083.
93. Wilson B. W., Saffer J. D. *Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields and Cancer.* W: *Chemical Induction of Cancer.* Eds. J. C. Arcos, M. F. Argus, Y. T. Woo. Birkhauser. Boston 1995 s. 645-680.
94. Winterfeldt D. von, Trauger T. *Managing Electromagnetic Fields from Residential Electrode Grounding Systems: A Predecision Analysis.* „Bioelectromagnetics" 1996 vol. 17 s. 71-84.
95. Zon J. *Bioelektromagnetyka i etyka. Niektóre kwestie moralne związane ze skażeniem elektromagnetycznym środowiska.* „Etos" 7:1994 nr 25/26 s. 135-150.