

Andrzej Wiszniewski
Mariusz Baran

ZMIANY STANU JONIZACJI POWIETRZA WYWOŁANE DZIAŁANIEM APARATURY MEDYCZNEJ

CHANGES IN THE STATE OF AIR IONIZATION CAUSED BY MEDICAL EQUIPMENT

Z Samodzielnej Pracowni Informatyki Medycznej
Akademii Medycznej w Gdańsku
Kierownik Pracowni: dr A. Wiszniewski

STRESZCZENIE Praca omawia wpływ jonotwórczych aparatów medycznych na zmiany koncentracji aerojonów. Uzyskane wyniki wykazują, że w większości przypadków (poza bombą kobaltową) zmiany te mieszczą się w zakresie obecnie obowiązujących norm. Med. Pr. 2001; 52; 4; 271—275

SŁOWA KLUCZOWE: aerojony, aparatura medyczna

ABSTRACT The author discusses the effect of the ion-emitting medical equipment on changes in the air-ions concentration. The study shows that in the majority of cases (except for cobalt bomb) the changes observed fall within the range of the binding norms. Med Pr 2001; 52; 4; 271—275

KEY WORDS: air-ions, medical equipment

WSTĘP

Prowadzone od kilku lat w Samodzielnej Pracowni Informatyki Medycznej Akademii Medycznej w Gdańsku (SPIM) badania nad aerojonami obejmowały zarówno pomiary ich koncentracji oraz ruchliwości (1,2,3), jak również ich oddziaływania na organizmy żywe (4,5). Wśród nich podane zostały zestawienia pomierzonych parametrów szeroko rozumianego tła aerojonów, wyznaczonych jednak tylko w warunkach normalnych, tj. bez uwzględnienia wpływu jakichkolwiek przyrządów jonotwórczych (1,2). Wyniki badań przedstawione w niniejszej pracy, omawiającej wpływ wybranych aparatów medycznych na atmosferę, czyli i na ludzi przebywających w ich otoczeniu, stanowią tym samym uzupełnienie do zestawień wartości koncentracji aerojonów, podanych w wymienionych publikacjach.

METODY POMIARÓW

Badania zmian koncentracji aerojonów, który to parametr oznaczany jest dalej jako n^+ dla aerojonów dodatnich, lub n^- dla aerojonów ujemnych, przeprowadzone zostały w otoczeniu następujących urządzeń medycznych:

- aparat rentgenowski do fluorografii,
- aparat rentgenowski małoobrazkowy,
- lampa UVC,
- bomba kobaltowa,
- lampa solaryczna UVA.

Ze względu na powszechne występowanie komputerów, jako uzupełnienie, pomiary zmian gęstości jonów wykonane też zostały w otoczeniu monitorów komputerowych.

Wszystkie wymienione badania przeprowadzono przy użyciu mierników koncentracji i ruchliwości aerojonów, zbudowanych dla SPIM przez Instytut Fizyki Jądrowej w Krakowie i omówionych dokładnie przez A. Wiszniewskiego i wsp. (4). Komora do pomiaru ruchliwości jonów służyła

w tym przypadku do kontroli bezpośrednich wskazań wartości ich koncentracji, którą to wielkość uzyskuje się ze scałkowania rozkładu widmowego prądu jonowego (1,3,5). Postępowanie takie miało na celu upewnienie się, że w atmosferze, na skutek działania aparatury jonotwórczej, nie pojawiła się znacząca ilość jonów ciężkich, o ruchliwościach mniejszych od ruchliwości granicznej komory mierzącej koncentrację. Podczas prowadzenia omawianych tu badań parametr ten miał bowiem ustaloną wartość $\mu_{gr} = 0,008 \text{ cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$, co gwarantowało wychwycenie wszystkich jonów lekkich i średnich, ale ograniczało detekcję jonów o ruchliwościach mniejszych od podanego μ_{gr} (4). Wyznaczane kontrolnie rozkłady widma prądu jonowego wykazały jednak, że pomiary wykonywane miernikami koncentracji oraz ruchliwości jonów praktycznie się od siebie nie różnią (odchylenia mieściły się w podanych dalej granicach błędów, wynikających z istnienia naturalnych fluktuacji), a więc że jony o $\mu_{gr} < 0,008 \text{ cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ miały w analizowanych przypadkach znikomo mały wpływ na ogólny bilans aerojonów.

Użyte do omawianych tu badań mierniki cechuje bardzo wysoka czułość pomiarów – zdolne są one rejestrować koncentracje aerojonów począwszy od gęstości 20 jonów/cm³. Jest to wielkość kilkukrotnie niższa od zakresów zmian koncentracji, wynikających ze wspomnianych, naturalnych fluktuacji (przede wszystkim termicznych), które w pomieszczeniach pomiarowych utrzymywały się w przedziale $\pm 40 \div 60$ jonów/cm³. Górną wartość tych zmian, tj. 60 jonów/cm³, należy więc traktować jako maksymalny stały błąd przedstawionych w niniejszej pracy wyników pomiarów (poza wartościami wyznaczonymi dla bomby kobaltowej, które obarczone są większym, podanym dalej błędem).

Aparatura pomiarowa, podczas omawianych badań, ustawiona była w takich odległościach od urządzeń jonotwórczych, w których normalnie stoją ludzie je obsługu-

jący. Również nie dotyczy to bomby kobaltowej, która jest obsługiwana z zewnętrznych izolowanych pomieszczeń oraz lampy UVC, dla której pomierzona została wartość koncentracji jonów w funkcji odległości.

W celu uzyskania optymalnych wyników badania prowadzone były w czasie dokonywania normalnych naświetleń, względnie prześwietleń, pacjentów (pomiaru wykonywane przy użyciu fantomów, lub też w otoczeniu aparatury bez ludzi, mogłyby okazać się mniej wiarygodne).

Wszystkie badania prowadzone były w różnych dniach i godzinach, czyli automatycznie w zróżnicowanych warunkach zewnętrznych. Zmiany dotyczyły m.in. stopnia jonizacji atmosfery na zewnątrz budynków, a więc w ograniczonym stopniu i wewnątrz pomieszczeń doświadczalnych (1,2), temperatury tych pomieszczeń, czasu pracy poszczególnych aparatów, liczby osób przebywających w ich pobliżu itp. Badania wykazały jednak, że czynniki te na wyniki pomiarów praktycznie nie mają żadnego wpływu. Podane w niniejszej pracy wartości zmian koncentracji aerojonów można więc uznać za adekwatne dla omówionych tu urządzeń także i wtedy, kiedy pracują one w atmosferze posiadającej inne parametry fizyczne.

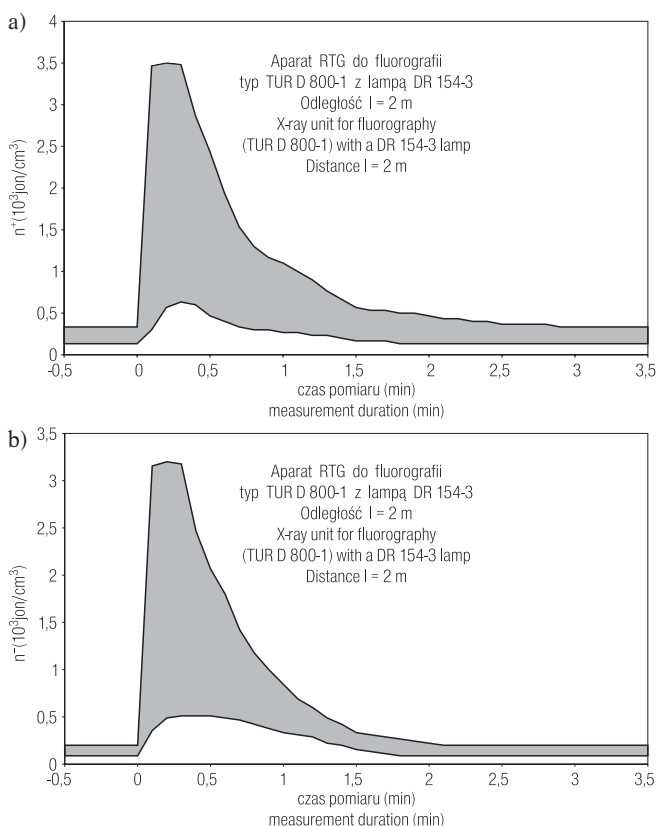
WYNIKI

Aparat rentgenowski do fluorografii

Zmiany stanu koncentracji aerojonów, wywołane pracą aparatu rtg do badań fluorograficznych, przeanalizowane zostały dla aparatu typu TUR D 800-1, wyposażonego w lampę DR 154-3 o wartościach napięcia i prądu, w momencie ekspozycji, odpowiednio równych: 125 kV oraz 800 mA. Pomieszczenie badawcze miało powierzchnię ok. 40 m² i wysokość 3,2 m. Detektor aerojonów ustawiony był w odległości $l = 2$ m od aparatu rtg.

Pomiary przeprowadzono dla 30 ekspozycji, przy początkowym tle atmosferycznym $n^+ = 130 \div 330$ jonów/cm³ i $n^- = 80 \div 230$ jonów/cm³. Jego poziom był więc niższy od występujących w typowych pomieszczeniach mieszkalnych, gdzie średnie koncentracje tła, zarówno dla aerojonów dodatnich, jak też i ujemnych, wynoszą ok. 500 jonów/cm³ (2). Zaniżenie to jest charakterystyczne dla pomieszczeń, w których wytwarzane są znaczące ilości ładunków elektrostatycznych – np. ciągle pocieranie wykładziny podłogowej (także butami przemieszczających się osób) zmniejsza ilość aerojonów lekkich 3,6÷3,8 razy (6). W przypadku pomieszczeń, w których przeprowadzane były omawiane tu badania, ładunki elektrostatyczne mogły się wytwarzać zarówno od pocierania płytek podłogowych, jak też i na skutek wtórnego efektu pracy jonotwórczej aparatury, jakim jest elektryzowanie przez nią różnych elementów wyposażenia sali.

Wywołane promieniowaniem tego aparatu zmiany koncentracji jonów wahały się w bardzo dużych przedziałach wartości i dlatego ich przebiegi w funkcji czasu, na ryc. 1a



Ryc. 1. Zmiany koncentracji aerojonów w funkcji czasu w otoczeniu aparatu rentgenowskiego typu TUR D 800-1, a) aerojony dodatnie, b) aerojony ujemne.

Fig. 1. Changes in air-ions concentration in time function in the environment of a X-ray unit TUR D 800-1 a) positive air-ions concentration, b) negative air-ions concentration.

(n^+) i 1b (n^-), przedstawione są w postaci pól obejmujących cały zakres otrzymanywnych wyników.

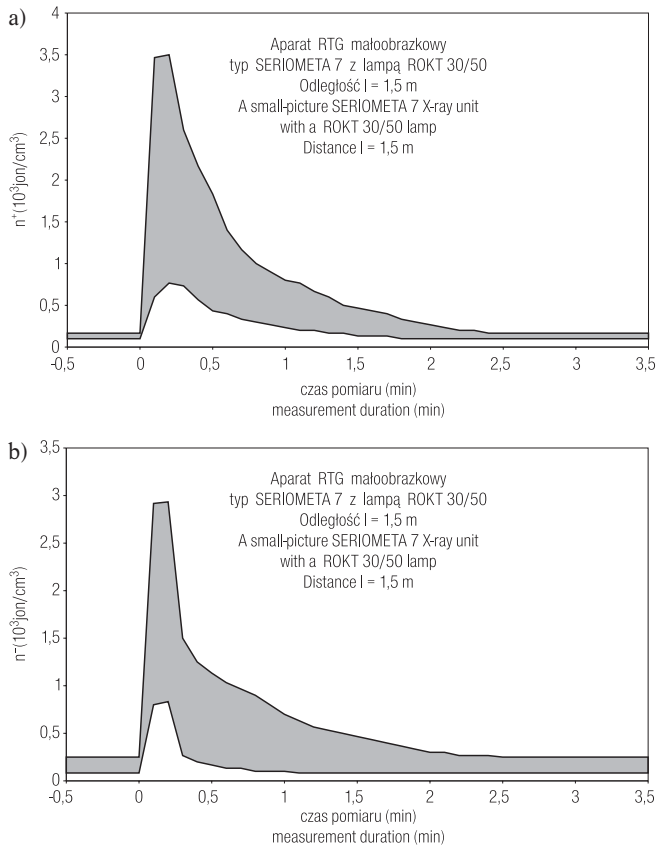
Na obu powyższych wykresach punkt 0 osi odciętych oznacza moment włączenia aparatu rtg.

Pomiary prowadzone były przez 3,5 minuty, gdyż po tym czasie koncentracje jonów obu znaków osiągały poziom tła.

Równoległe do badań aparatu rtg do fluorografii prowadzone też były pomiary ewentualnych zmian koncentracji aerojonów, wywołane pracą aparatu do fluoroskopii. Dały one wynik negatywny – w atmosferze nie zaobserwowano żadnych odchyżeń od tła naturalnego. Jest to konsekwencją słabego natężenia prądu, płynącego przez lampę stosowaną do fluoroskopii (max $I = 6$ mA), w porównaniu z natężeniem prądu, występującym w momencie ekspozycji w lampie do fluorografii ($I = 800$ mA).

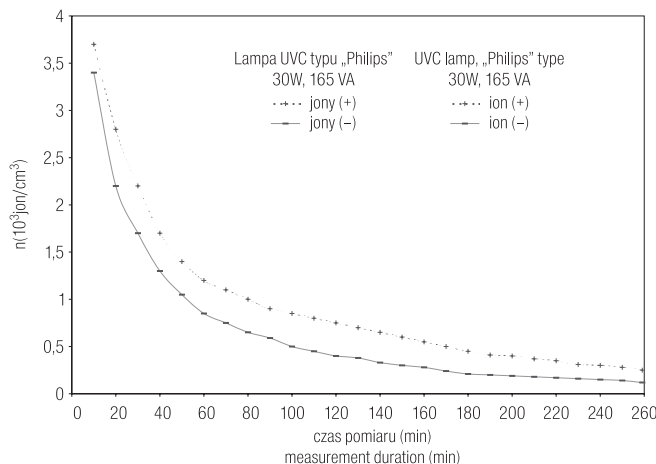
Aparat rentgenowski małoobrazkowy

Zmiany stanu koncentracji aerojonów, wywołane pracą aparatu rtg do badań małoobrazkowych, przeanalizowane zostały dla aparatu typu SERIOMETA 7 (firmy „Chirana”), wyposażonego w lampę ROKT 30/50 o wartościach napięcia i prądu, w momencie ekspozycji, odpowiednio równych:



Ryc. 2. Zmiany koncentracji aerojonów w funkcji czasu w otoczeniu aparatu rentgenowskiego typu SERIOMETA 7, a) aerojony dodatnie, b) aerojony ujemne.
Fig. 2. Changes in air-ions concentration in time function in the environment of a X-ray unit SERIOMETA 7, a) positive air-ions concentration, b) negative air-ions concentration.

115 kV oraz 200 mA. Detektor aerojonów ustawiony był w odległości l = 1,5 m od aparatu rtg. Pozostałe warunki prowadzenia pomiarów i sposób przedstawienia wyników



Ryc. 3. Zmiany koncentracji aerojonów w funkcji odległości lampy UVC.
Fig. 3. Changes in air-ions concentration in distance function of a UVC lamp.

(ryc. 2a i 2b) były identyczne jak dla aparatu do badań fluorograficznych.

Widoczne na ryc. 1a, 1b, 2a, 2b duże zróżnicowania stopnia jonizacji, występujące podczas kolejnych cykli pracy aparatów rtg do badań fluorograficznych oraz małoobrazkowych, nie są wywoływane czynnikami zewnętrznymi – efekt ten występował również podczas pomiarów prowadzonych w sposób ciągły, czyli takich, przy których parametry atmosfery się nie zmieniały. Przyczyną tego zjawiska może być więc tylko, wynikające z parametrów technicznych, zróżnicowanie ilości energii wydzielanej podczas pracy obu tych aparatów, co z kolei przenosi się na wielkość zmian stopnia jonizacji atmosfery.

Lampa UVC

Ze względu na odmienny sposób pracy lampy UVC (ciągła emisja promieniowania), w porównaniu z aparaturą omówioną w części dotyczącej aparatów do badań fluorograficznych oraz małoobrazkowych, pomiary wartości koncentracji aerojonów dla lampy UVC typu „Philips”, o parametrach: 165 VA i 30 W, wyznaczone zostały nie w funkcji czasu, ale odległości. Są one przedstawione na ryc. 3:

Początkowe tło atmosferyczne mieściło się w tych samych zakresach, które podane zostały przy opisie wpływu aparatu do badań fluorograficznych. Wartości koncentracji aerojonów, wywołane działaniem lampy UVC, zrównywały się z tym tłem w odległości ok. 240 cm, dlatego też na ryc. 3 ustalony został taki właśnie rozmiar osi odciętych.

Bomba kobaltowa

Badaniom poddana została bomba kobaltowa typu T-780 C, ze standardowym źródłem promieniowania C-146, zawierającym ⁶⁰Co o aktywności 14 408 Ci. Wartość parametru naświetlania, w odległości 1 m od źródła, ustalona została na 173,2 Rmm (±3%).

Pomiary wpływu bomby kobaltowej na koncentracje aerojonów wykazały, że w pomieszczeniu, gdzie jest ona umieszczona, cały czas utrzymuje się bardzo wysoki poziom jonów. Pomiary wykonywane przed rozpoczęciem naświetlań, tj. po kilkunastu godzinach od poprzednich ekspozycji, w sali o powierzchni 27 m², dawały wartości koncentracji równe:

$n^+ = 4800 \text{ jonów/cm}^3$, $n^- = 4000 \text{ jonów/cm}^3$,
 z odchyleniami $\pm 180 \text{ jonów/cm}^3$. Były to stężenia ponad 20 razy większe od poziomu tła występującego w innych pomieszczeniach tego samego budynku.

W momencie włączenia bomby kobaltowej, w odległości l = 3 m od niej, koncentracje aerojonów skokowo osiągały wartości:

$n^+ = 1\,410\,000 \text{ jonów/cm}^3$, $n^- = 1\,450\,000 \text{ jonów/cm}^3$,
 z odchyleniami $\pm 20\,000 \text{ jonów/cm}^3$. Po wyłączeniu bomby koncentracje te spadały do początkowego poziomu tła, z tym że osiągały go również skokowo, a nie dopiero po kilku minutach, co było charakterystyczne dla aparatów omówionych wcześniej (ryc. 1a, 1b, 2a, 2b).

Wyznaczenie zmian wartości koncentracji aerojonów w miejscu oddalonym o 3 m od bomby kobaltowej jest o tyle niemiernodajne, że w odległości tej, podczas naświetlania, nie przebywa ani pacjent, ani też obsługa tego aparatu. Podanie wartości n^+ i n^- służy więc tu jedynie uwidocznieniu skali zmian stanu jonizacji atmosfery, w pobliżu tak silnego źródła promieniowania. Pomiary koncentracji aerojonów, w miejscu w którym umieszczany jest pacjent, też były prowadzone, ale niestety uzyskanie liczbowych wyników okazało się w tym przypadku niemożliwe (wszystkie mierniki jonów rejestrowały przekroczenie skali). Szacunkowe wyliczenia, oparte na ekstrapolacji wartości zmian stanu jonizacji w miarę zbliżania się do centrum promieniowania wykazały tylko, że w miejscu przebywania pacjenta, podczas naświetlania bombą kobaltową, koncentracje aerojonów obu znaków przekraczają wartości 30 mln jonów/cm³.

Lampa solaryczna UVA

Badaniom poddana została lampa solaryczna UVA typu 814 o mocy 15 W, wyposażona w świetlówkę TL 29D 16/09 NH9. Pomiary wykazały, że jej praca nie wywołuje żadnych zmian w koncentracjach aerojonów.

Monitory komputerowe

Zmiany stanu koncentracji aerojonów, wywołane działaniem monitorów komputerowych, przebadane zostały zarówno w pobliżu pojedynczego monitora typu „Arcus”, jak też i w pomieszczeniu o powierzchni ok. 45 m² i wysokości 3 m, w którym równocześnie pracowało 14 komputerów. Dla obu przypadków wykonano po 20 pomiarów.

Przy wyłączonych monitorach poziom tła mieścił się w zakresach:

$$n^+ = 300 \div 500 \text{ jonów/cm}^3, \quad n^- = 300 \div 600 \text{ jonów/cm}^3.$$

Podczas wszystkich pomiarów, przeprowadzonych dla pojedynczego monitora, w odległości 30 cm (orientacyjne położenie głowy człowieka pracującego przy komputerze), po włączeniu go następował gwałtowny, ok. 3-krotny, wzrost koncentracji aerojonów dodatnich. Po czasie od kilku do kilkunastu sekund wartości n^+ spadały do początkowego poziomu tła, nie wykazując już potem żadnych zmian.

Podczas wykonywanych w taki sam sposób pomiarów dla aerojonów ujemnych, po włączeniu monitora, rejestrowany był spadek ilości tych jonów do zera. W tym przypadku, także po czasie rzędu kilku do kilkunastu sekund, następował powrót do koncentracji odpowiadających poziomowi początkowemu.

Pomiary wykonywane w sali komputerowej, dla 14 monitorów, dawały identyczne efekty, o takiej samej skali zmian.

Przyczyną tak ukierunkowanych wahań koncentracji aerojonów musi być wytwarzanie na powierzchni ekranu monitora elektrostatycznego ładunku dodatniego. Przez krótki czas odpycha on od siebie dodatnie aerojony, dając wspomniany efekt trzykrotnego wzrostu ich gęstości w podanej odległości 30 cm i równocześnie przyciąga aerojony ujemne. Te z kolei zobojętniają ładunki na powierzchni

ekranu, co w podanym czasie, kilku do kilkunastu sekund, powoduje powrót stanu atmosfery do poprzedniego poziomu.

OMÓWIENIE I WNIOSKI

Pomijając skrajne przypadki lampy UVA (w ogóle nie oddziałującej na atmosferę) i bomby kobaltowej (zwiększającej wartości n^+ i n^- nawet setki tysięcy razy), przeprowadzone badania wykazały, że omówiona w niniejszej pracy jonotwórcza aparatura medyczna podnosi koncentrację aerojonów najwyżej kilkanaście razy w stosunku do stanu naturalnego. Problem, jaki wpływ tego typu koncentracje mają na człowieka, jest jednak zagadnieniem trudnym do rozwiązania. Formalnie w Polsce obowiązuje norma PN-80/Z-08052, oparta na normie byłej RWPG nr 790-77 i przepisach sanitarnych b. ZSRR (tabela I), ale niestety podane tam wartości nie mają w większości żadnego uzasadnienia i przez to są mało wiarygodne.

Niezrozumiałe jest już na przykład to, że normy te są zupełnie niezależne od czasu przebywania człowieka w podanych warunkach i że nie jest w nich określone o jaki typ jonów tutaj chodzi (o lekkie, mające największe znaczenie biologiczne (7), czy też również o średnie i ciężkie?). Także i ustalone poziomy jonizacji, minimalny i optymalny, mają zakresy wartości rozmiągające się z koncentracjami wyznaczanymi dla tła naturalnego. Na poziomie morza czyste powietrze zawiera bowiem w 1 cm³ średnio 200÷400 jonów lekkich obu znaków (1). Logiczne byłoby więc przyjęcie takich poziomów za optymalne. Próby uzasadnienia podwyższonych norm, spotykane w literaturze, są bowiem nieprzekonywujące: „W stosunku do stanu naturalnego postanowiono nieznacznie zwiększyć koncentrację jonów ujemnych, ze względu na ich lekkie działanie pobudzające. Przyjęto, że w stosunku do tego stanu nadmiar i niedobór jonów nie powinien przekraczać krotności 10”; „koncentracja jonów lekkich, w powietrzu idealnie czystym, wynosi ok. 2700 jonów/cm³” (oba cytaty z pracy (6)). Ustalenie ilości aerojonów na poziomie o rząd wielkości wyższym nie można jednak uważać za „nieznaczne wzmocnienie koncentracji”, a podana wielkość 2700 jonów/cm³ w rzeczywistości odnosi się do pomiarów wykonywanych w wysokich partiach gór, a więc także nie jest ona miarodajna. Jeszcze bardziej niezrozumiałe jest to, że jako optymalny uznany został kilkukrotnie wyższy, w stosunku do stanu natural-

Tabela I. Normy zawartości jonów w powietrzu
Table I. The norms of air-ions concentration

Poziom jonizacji The level of ionization	n^+	n^-
Minimalny, niezbędny Minimal, required	400	600
Optymalny Optimal	1500÷3000	3000÷5000
Maksymalny, dopuszczalny Maximal, admissible	50 000	50 000

nego, poziom aerojonów dodatnich. Powszechnie bowiem uważa się, że ich oddziaływanie, na wszystkie organizmy żywe, ma charakter negatywny (4,6,7). Z wartości liczbowych, przytoczonych w tabeli I, najbardziej wiarygodne wydają się tylko maksymalnie dopuszczalne poziomy jonizacji. Rzeczywiście, granica 50 tys. jonów/cm³ jest tą, przy przekroczeniu której zaczyna się już niekiedy obserwować ich destrukcyjne działanie (5,7). Uwzględniając wszystkie te fakty należy więc przyjąć, że z badań, których wyniki są w niniejszej pracy przedstawione, wynikają następujące wnioski:

1. Zmiany stopnia jonizacji atmosfery, wywoływane przez lampy UVA, UVC oraz monitory komputerowe, są dla człowieka nieistotne. W odległościach, w jakich podczas pracy tych urządzeń znajdują się ludzie, koncentracje jonów albo nie odbiegają od poziomu tła naturalnego, albo zmiany tego tła trwają zbyt krótko.

2. Pojedyncze cykle pracy rentgenowskich aparatów do badań fluorograficznych oraz małoobrazkowych wywołują ok. 3-minutowe zmiany tła aerojonów. W okresie tym, przez ok. 0,5 minuty, koncentracje n⁺ i n⁻ utrzymują się na średnim poziomie 2000 jonów/cm³, czyli w stężeniach ok. 7 razy większych w stosunku do tła naturalnego (przy częstych ekspozycjach jest to praktycznie stały stan atmosfery w pobliżu tego typu urządzeń). Formalnie koncentracje te mieszczą się w limitach narzuconych polskimi normami (PN). Niejasne kryteria, zastosowane przy ustalaniu tych norm, nie pozwalają jednak jednoznacznie stwierdzić, czy dłuższe przebywanie człowieka w takiej atmosferze jest rzeczywiście dla jego organizmu obojętne (badania nad tym zagadnieniem w SPIM trwają).

3. Uruchomienie bomby kobaltowej powoduje skokowy wzrost koncentracji aerojonów, które w miejscu umieszczania pacjentów osiągają wartości przekraczające skale wszystkich stosowanych obecnie mierników. Z ekstrapolacyjnych obliczeń wynika tylko, że pacjenci, w czasie zabiegu, przebywają w atmosferze zawierającej ponad 30 mln jonów/cm³. Z powodu, iż przeprowadzone dotychczas badania wykazały, że 9 mln jonów/cm³ jest graniczną koncentracją, powyżej której, bez względu na swój znak, aerojony działają w sposób silnie destrukcyjny na wszystkie organizmy żywe (4,6), należy wziąć pod uwagę, że taki właśnie wtórny efekt towarzyszy naświetlaniu bombą kobaltową. Zważywszy jednak na fakt, iż czas pojedynczego naświetlania jest najwyżej kilkuminutowy, nie jest wykluczone, że przebywanie nawet w tak silnie zjonizowanej atmosferze jest dla człowieka obojętne. Niestety nie ma możliwości upewnienia się co do tego,

bowiem tak wysokie stopnie jonizacji możliwe są do uzyskania wyłącznie przy użyciu materiałów promieniotwórczych. Doświadczenia z organizmami żywymi byłyby więc w tym przypadku nieadekwatne, gdyż nie istniałaby możliwość rozróżnienia wpływu aerojonów od działania czynnika radioaktywnego.

Dodatkowym problemem, związanym z bombą kobaltową, jest stały wysoki poziom tła aerojonów, utrzymujący się w pomieszczeniach, w których jest ona umieszczona. Świadczy to o tym, że izolacja materiału promieniotwórczego, stanowiącego podstawowy element tego urządzenia, nie jest w pełni skuteczna. Występujące w tym przypadku koncentracje rzędu 4000÷4800 jonów/cm³ są jeszcze przez PN uznane za dopuszczalne, ale tak jak i w przypadku aparatów rentgenowskich do badań fluorograficznych oraz małoobrazkowych nie ma pewności, czy są one dla człowieka obojętne.

Zestawione powyżej wnioski zasadniczo odnoszą się do oddziaływań konkretnych aparatów, posiadających określone, podane tu wcześniej, parametry techniczne. Z tego jednak względu, że omawiana w niniejszej pracy aparatura jest bardzo typowa i obecnie eksploatowana przez większość placówek medycznych, można przyjąć, iż wnioski te mają charakter bardziej ogólny.

PIŚMIENNICTWO

1. Wiszniewski A.: Naturalne tło aerojonów. *Med. Pr.* 1997, 48, 4, 427-440.
2. Wiszniewski A.: Jonizacja powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych i biurowych. *Hig. Pr.* 1997, 3, 37-48.
3. Suchanowski A., Wiszniewski A.: Changes in Ion Concentration in the Air During the Breathing Process of a Human Being. *Pol. J. Environ. Stud.* 1999, 8, 4, 259-263.
4. Wiszniewski A., Janczewski D.: Aerojony i ich oddziaływanie na organizmy żywe. *Med. Pr.* 1993, 44, 3, 289-298
5. Wiszniewski A., Kretowicz T.: A study on influence of different signs of air-ions on sister-chromatid exchange frequency and chromosome aberrations in human peripheral blood lymphocytes. *J. Appl. Genet.* 1999, 40, 2, 129-134.
6. Korniewicz H., Grabarczyk Z., Gryz K., Karpowicz J.: Metoda pomiaru stężenia jonów lekkich w powietrzu pomieszczeń pracy i model użytkowy licznika jonów. CIOP, Warszawa 1991. Temat CBPR nr 11.1.
7. Nizioł B.: Badanie stopnia jonizacji powietrza w pomieszczeniach produkcyjnych elektrowni Turów. Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków 1980.

Adres autorów: Dębinki 1, 80-211 Gdańsk

Nadesłano: 26.03.2001

Zatwierdzono: 30.06.2001