

JAN KRZYSZTOF LUDWICKI, BOŻENA WŁADOWSKA, DANUTA PALUT, EWA TYRKIEL

## OCENA CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI RTĘCI W MOCZU I WŁOSACH LUDZI NARAŻONYCH I NIENARAŻONYCH ZAWODOWO

### THE EVALUATION OF URINE AND HAIR TOTAL MERCURY CONTENT IN OCCUPATIONALLY EXPOSED AND NON-EXPOSED PEOPLE

Zakład Toksykologii Środowiskowej, Państwowy Zakład Higieny  
00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24  
Kierownik: prof. dr hab. J.K. Ludwicki

*Oznaczono zawartość rtęci w moczu i włosach osób narażonych i nienarażonych zawodowo z Oświęcimia i Warszawy. Oznaczenia wykonywano metodą spektrofotometrii atomowo-absorpcyjnej*

#### WSTĘP

Zawodowa ekspozycja na pary rtęci metalicznej stanowi poważne zagrożenie zdrowotne dla pracowników zatrudnionych w przemyśle wydobywczym, przy produkcji chloru i ługu metodą elektrolizy, produkcji barwników jak również w przemyśle elektrotechnicznym [6]. Wiadomo, że oznaczanie zawartości rtęci w tkankach i płynach ustrojowych, między innymi we krwi, moczu i we włosach, pozwala zarówno na ocenę stopnia narażenia ludzi jak również na prognozowanie skutków zdrowotnych wynikających ze szkodliwego oddziaływania tego pierwiastka [25, 27].

Celem pracy były oznaczenia zawartości rtęci całkowitej we włosach i moczu u pracowników Zakładów Chemicznych Oświęcim, zatrudnionych na wydziałach o zróżnicowanym stopniu narażenia na rtęć oraz u pracowników zatrudnionych przy produkcji termometrów w Warszawskiej Wytwórni Termometrów Rtęciowych. W celu określenia stopnia emisji rtęci do środowiska oznaczono dodatkowo jej zawartość we włosach i moczu osób nienarażonych zawodowo, w tym również dzieci, zamieszkałych w Warszawie i Oświęcimiu oraz w okolicach tych miast.

#### MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 127 osób (w wieku 24-64 lata) ze stażem pracy 2-41 lat zatrudnionych w Zakładach Chemicznych Oświęcim o zróżnicowanym stopniu narażenia na rtęć, tj. na Wydziale Elektrolizy NaCl, Wydziale Produkcji Aldehydu Octowego oraz innych pracowników tego Zakładu, niezwiązanych bezpośrednio z produkcją.

Grupa ludzi nienarażonych zawodowo obejmowała 153 osoby dorosłe (17-57 lat) i 167 dzieci (3-16 lat) zamieszkujące Oświęcim i okolice\*. W celu zbadania wpływu emisji rtęci z Zakładów

\* Autorzy dziękują TSSE w Oświęcimiu za pomoc w realizacji badań.

Chemicznych Oświęcim na narażenie na ten metal osób zamieszkujących w różnej odległości od tych Zakładów grupę mieszkańców, w tym dorosłych oraz dzieci, podzielono na 4 podgrupy: 1 – obejmowała ludzi zamieszkujących do 1 km od Zakładów Chemicznych Oświęcim; 2 – mieszkańców oddalonych od źródła emisji do 5 km; 3 – populację zamieszkałą do 10 km; 4 – ludzie mieszkających powyżej 10 km.

W zakładzie produkującym termometry (Warszawska Wytwórnia Termometrów Rzęciowych) badaniami objęto 28 osób (w wieku 28–58 lat) ze stażem pracy wynoszącym od 8–29 lat, zatrudnionych bezpośrednio przy produkcji termometrów (narażenie bezpośrednie) oraz ludzi zatrudnionych w zakładzie na innych stanowiskach (narażenie pośrednie). Grupę odniesienia stanowiły osoby nienarażone (46 osób) zamieszkujące na terenie Warszawy i okolic [24, 25].

Poziom rtęci we włosach i moczu oznaczano metodą *Brauna* z zastosowaniem spektrofotometrii atomowo-absorpcyjnej z własnymi modyfikacjami [9, 26]. Zasada metody polega na mineralizacji materiału biologicznego kwasem siarkowym i azotowym w temp. 80°C, utlenianiu rtęci odpowiednio roztworem  $\text{KMnO}_4$ , a następnie redukcji do  $\text{Hg}^0$  roztworem  $\text{SnCl}_2$ . Do analizy pobierano 50 mg włosów i 5 ml moczu od każdego osobnika. Zawartość rtęci w moczu wyrażono w ng Hg/mg kreatyniny. Kreatyninę oznaczano metodą *Folina* [14]. Zawartość rtęci we włosach wyrażono w  $\mu\text{g/g}$  włosów.

Metoda oznaczania rtęci została sprawdzona przez oznaczenie certyfikowanego materiału referencyjnego (próbki włosów) otrzymanego z Commission of the European Communities w Brukseli. Różnica między otrzymaną średnią z wyników własnych, a podaną w certyfikacie wynosiła 3,6%.

Prezentowana praca jest kontynuacją badań zawartości rtęci całkowitej we włosach i moczu ludzi nienarażonych i narażonych zawodowo na ten pierwiastek oraz zależności pomiędzy zawartością rtęci we włosach i moczu [25].

## WYNIKI

W tabeli I przedstawiono zawartość rtęci całkowitej w próbkach włosów i moczu u pracowników Zakładów Chemicznych Oświęcim w zależności od stopnia narażenia.

Na szczególną uwagę zasługują wysokie stężenia rtęci wykrywane we włosach i moczu u pracowników o najwyższym stopniu zagrożenia – Wydział Elektrolizy Rzęciowej NaCl. Średnia zawartość badanego pierwiastka we włosach i moczu wynosiła odpowiednio  $45,19 \pm 10,67$  i  $169,78 \pm 27,24$ . W pojedynczych przypadkach zawartość rtęci we włosach sięgała  $325 \mu\text{g/g}$ , a w moczu  $1111,11$  i  $3438,6$  ng/mg kreatyniny.<sup>1)</sup> Natomiast istotnie niższe poziomy rtęci stwierdzono w materiale biologicznym pochodzącym od pracowników dwóch pozostałych wydziałów produkcyjnych Zakładów Chemicznych Oświęcim. Na Wydziale Produkcji Aldehydu Octowego obserwowano 8-krotnie niższy poziom rtęci we włosach ( $5,51 \pm 0,92$ ,  $P < 0,005$ ) i 3-krotnie niższy w moczu ( $54,77 \pm 11,52$ ,  $P < 0,005$ ) w porównaniu z grupą pracowników Wydziału Elektrolizy Rzęciowej. Średnia zawartość rtęci we włosach i moczu u pracowników innych wydziałów kształtowała się na poziomie wynoszącym odpowiednio  $0,72 \pm 0,85$  i  $1,24 \pm 0,05$ ; wartości te były odpowiednio 63-krotnie ( $P < 0,005$ ) i 137-krotnie ( $P < 0,005$ ) niższe od wartości uzyskanych we włosach i moczu pracowników Wydziału Elektrolizy Rzęciowej.

W tabeli II przedstawiono średnie zawartości rtęci we włosach i moczu pracowników Warszawskiej Wytwórni Termometrów Rzęciowych.

<sup>1)</sup> Wyników tych nie uwzględniono przy obliczeniach statystycznych.

Tabela I. Średnie zawartości rtęci we włosach ( $\mu\text{g Hg/g}$  włosów) oraz w moczu ( $\text{ng Hg/mg}$  kreatyniny) u pracowników Zakładów Chemicznych Oświęcim w zależności od stopnia narażenia  
 Mean mercury concentrations ( $\mu\text{g Hg/g}$ ) in hair and in the urine ( $\text{ng Hg/mg}$  of creatinine) in workers of Chemical Works in Oświęcim in the relation to the exposure

STOPIEŃ NARAŻENIA									
Materiał biologiczny	Wydział produkcji NaCl			Wydział Produkcji Aldehydu Octowego			Inne wydziały		
	x	zakres	mediana	x	zakres	mediana	x	zakres	mediana
WŁOSY	$45,19 \pm 10,67^{1)}$ (40) <sup>2)</sup>	1,13–325,16	16,91	$5,51 \pm 0,92$ (36) $P = 0,002^{4)}$	0,8–31,10	3,99	$0,72 \pm 0,85$ (51) $P = 0,0001^{3)}$	0,3–4,0	0,52
MOCZ	$169,78 \pm 27,24$ (38)	15,68–800,00	117,5	$54,77 \pm 11,52$ (32) $P = 0,001$	4,23–244,34	26,07	$1,24 \pm 0,05$ (19) $P = 0,0001$	0,86–1,86	1,22

<sup>1)</sup> średnia  $x \pm \text{SEM}$ , <sup>2)</sup> liczba próbek, <sup>3)</sup> poziom ufności  $P < 0,001$ , <sup>4)</sup> poziom ufności  $P < 0,0001$

Tabela II. Średnie zawartości rtęci we włosach ( $\mu\text{g Hg/g}$ ) oraz w moczu (ng Hg/mg kreatyniny) pracowników Warszawskiej Wytwórni Termometrów Rtęciowych w zależności od stopnia narażenia  
 Mean mercury concentrations in the hair ( $\mu\text{g Hg/g}$ ) and in the urine (ng Hg/mg of creatinine) in workers of Mercury Thermometers Factory in Warsaw

material biologiczny	Stopień narażenia					
	narażenie bezpośrednie			narażenie pośrednie		
	x	zakres	mediana	x	zakres	mediana
WŁOSY	$2,49 \pm 1,12^{1)}$ (18) <sup>2)</sup>	0,33–18,05	0,66	$0,94 \pm 0,54$ (10) P = 0,329	0,22–5,81	0,33
MOCZ	$6,69 \pm 1,36$ (18)	1,6–22,1	3,85	$5,56 \pm 2,04$ (10) P = 0,623	1,2–22,3	2,65

<sup>1)</sup> x – średnia  $\pm$  SEM

<sup>2)</sup> liczba próbek

P – poziom ufności P < 0,05

Porównanie wyników nie wykazało istotnych różnic w zawartości rtęci całkowitej we włosach (P=0,329) i moczu (P=0,623) w zależności od stopnia narażenia (bezpośrednie i pośrednie). I tak, średnia zawartość badanego pierwiastka we włosach i moczu pracowników zatrudnionych bezpośrednio przy produkcji termometrów wynosiła odpowiednio:  $2,49 \pm 1,12$  i  $6,69 \pm 1,36$ .

Natomiast przy narażeniu pośrednim odpowiednie wartości wynosiły  $0,94 \pm 0,54$  we włosach i  $5,56 \pm 2,04$  w moczu.

Jak wynika z tabeli III średnie poziomy rtęci wykrywane zarówno we włosach jak i moczu ludzi narażonych zawodowo różnią się istotnie od poziomów wykrywanych w materiale biologicznym pochodzącym od osób z populacji nienarażonej.

Tabela III. Średnie stężenia rtęci we włosach ( $\mu\text{g/g}$ ) oraz w moczu (ng Hg/mg kreatyniny) ludzi narażonych i nienarażonych zawodowo  
 Mean mercury concentrations in hair ( $\mu\text{g/g}$ ) and in the urine (ng Hg/mg of creatinine) in the occupationally exposed and non-exposed people

Grupa	Liczba próbek	Włosy	Mocz
Pracownicy Zakładów Chemicznych Oświęcim	127	$16,09 \pm 3,78^{1)}$ P < 0,0001 <sup>3)</sup>	$92,45 \pm 14,32$ P < 0,0001
Mieszkańcy Oświęcimia i okolic (dorośli)	153	$0,4 \pm 0,02$	$2,36 \pm 0,76$
Pracownicy Warszawskiej Wytwórni Termometrów	28	$1,93 \pm 0,75$ P < 0,007 <sup>3)</sup>	$6,29 \pm 1,12$ P < 0,0001
Mieszkańcy Warszawy i okolic	46	$0,17 \pm 0,02^{2)}$	$1,03 \pm 0,01^{2)}$

<sup>1)</sup> średnia  $x \pm$  SEM

<sup>2)</sup> dane publikowane [4]

<sup>3)</sup> P – poziom ufności P < 0,1

U pracowników Zakładów Chemicznych Oświęcim poziom rtęci we włosach ( $16,09 \pm 3,78$ ) oraz moczu ( $92,45 \pm 14,32$ ) przekraczał odpowiednio 40-krotnie ( $P < 0,0001$ ) i 39-krotnie ( $P < 0,0001$ ) wartości wykrywane we włosach oraz w moczu. Stwierdzono też 11-krotnie ( $P < 0,007$ ) i 6-krotnie ( $P < 0,0001$ ) wyższy poziom badanego pierwiastka odpowiednio we włosach ( $1,93 \pm 0,75$ ) i moczu ( $6,29 \pm 1,12$ ) u pracowników Warszawskiej Wytwórni Termometrów Rtęciowych w porównaniu z mieszkańcami Warszawy. Zwraca również uwagę istotnie wyższy poziom rtęci we włosach i moczu mieszkańców Oświęcimia i okolic przekraczający 2,3-krotnie (mocz  $P < 0,05$ , włosy  $P < 0,005$ ) zawartość we włosach i moczu mieszkańców Warszawy i okolic.

Biorąc pod uwagę miejsce zamieszkania ludzi nienarażonych o różnym przypuszczalnym stopniu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego rtęcią, zbadano zawartość tego pierwiastka we włosach osób dorosłych oraz dzieci zamieszkujących w różnych odległościach od źródła emisji rtęci tj. od Zakładów Chemicznych Oświęcim.

Tabela IV. Średnie stężenia rtęci we włosach ( $\mu\text{g Hg/g}$ ) ludzi dorosłych oraz dzieci zamieszkujących w różnych odległościach od źródła emisji (Zakłady Chemiczne Oświęcim)

Mean mercury concentrations in hair ( $\mu\text{g/g}$ ) of adult and children inhabitants of different locations from the emission source (Oświęcim Chemical Works)

Grupa	Odległość od źródła emisji rtęci (km)			
	do 1 km	do 5 km	do 10 km	ponad 10 km
Dorośli	$0,70 \pm 0,09^{1)}$ (19) <sup>4)</sup>	$0,44 \pm 0,33$ (41) $P = 0,04^{2)}$	$0,32 \pm 0,01$ (48) $P = 0,0001^{3)}$	$0,33 \pm 0,01$ (45) $P = 0,0001^{3)}$
Dzieci	$0,35 \pm 0,02$ (11)	$0,33 \pm 0,02$ (25)	$0,29 \pm 0,01$ (62)	$0,30 \pm 0,00$ (69)

1) średnia  $x \pm \text{SEM}$

2) P – poziom ufności  $P < 0,05$

3) P – poziom ufności  $P < 0,001$

4) Liczba próbek

Z danych przedstawionych w tabeli IV wynika, że średnie poziomy rtęci we włosach osób dorosłych, obniżały się wraz ze wzrostem odległości od źródła emisji i poziomy rtęci różniły się istotnie. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w zawartości rtęci we włosach dzieci, średnie zawartości nie wykazywały tendencji spadkowej i utrzymywały się praktycznie na nie zmienionym poziomie.

Z populacji narażonych zawodowo wyodrębniono grupy osób od których pobierano jednocześnie włosy i mocz w celu przeprowadzenia analizy korelacji zawartości rtęci w moczu i we włosach.

Współczynnik korelacji „r” dla poszczególnych grup podano w tabeli V.

Tabela V. Wartości współczynnika korelacji „r” ( $p=0,1$ ) dla stężeń rtęci w moczu i włosach pracowników narażonych zawodowo  
 Correlation coefficients „r” ( $p=0,1$ ) for the mercury concentrations in the urine and hair of the occupationally exposed workers

	Wydział Produkcji NaCl	Wydział Produkcji Aldehydu Octowego	Inne wydziały
Zakłady Chemiczne Oświęcim	0,35548	0,17169	0,32803
	Narażeni bezpośrednio		Narażeni pośrednio
Warszawska Wytwórnia Termometrów Rtęciowych	0,56656		0,68484

### DYSKUSJA

W Polsce brak jest informacji na temat aktualnego narażenia na rtęć i jej związki pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy o różnych stężeniach badanego pierwiastka. Dotyczy to również oceny stopnia emisji rtęci do otaczającego środowiska.

Ocenę narażenia na pary rtęci w przemyśle określa się zazwyczaj na podstawie zawartości rtęci w moczu [4, 13, 16]. W przedstawionej pracy oznaczeniami objęto również włosy, ponieważ we wcześniejszych badaniach [25] stwierdzono korelację między zawartością rtęci w moczu i włosach w grupie osób narażonych zawodowo. Ponadto zdaniem autorów włosy są bardziej przydatnym materiałem biologicznym niż moc. Za tak przyjętym kierunkiem rozumowania przemawiają następujące fakty: włosy są łatwo dostępnym materiałem, łatwym do transportu i przechowywania oraz stanowią trwały materiał w przeciwieństwie do innych tkanek a co najważniejsze zdeponowana we włosach rtęć jest wyłączona z procesów metabolicznych [11].

Przedstawione w niniejszej pracy wyniki potwierdzają obserwacje innych autorów [1, 8, 23], że największe zagrożenie dla pracowników występuje na wydziale produkcji chloroalkalii. Wartość NDS dla rtęci na badanych stanowiskach pracy przekroczyły wartość dopuszczalną ( $0,025 \text{ mg/m}^3$ ) [2]. Zgodnie z oczekiwaniami u pracowników zatrudnionych na pozostałych wydziałach Zakładów Chemicznych Oświęcim – Wydział Produkcji Aldehydu Octowego oraz inne, stwierdzono statystycznie niższe zawartości rtęci zarówno w próbkach moczu jak i włosów. Przedstawione wyniki dotyczące moczu nie odbiegają od uzyskanych w innych krajach takich jak: Szwecja i Belgia – średnie wartości rtęci w moczu u pracowników zatrudnionych przy produkcji chloroalkalii w tych krajach kształtowały się na poziomie  $37\text{--}76,9 \text{ } \mu\text{g Hg/g}$  kreatyniny [1, 4, 16], w Kanadzie i USA około  $200 \text{ } \mu\text{g Hg/l}$  moczu [15].

Uzyskane zawartości rtęci we włosach trudno porównywać z danymi z piśmiennictwa, ponieważ w dostępnej literaturze oznaczenia rtęci dotyczyły wyłącznie dentystów i personelu pomocniczego [10, 19].

U ludzi zatrudnionych w Wytwórni Termometrów Rtęciowych w Warszawie obserwowano niższą zawartość rtęci w moczu i we włosach w porównaniu do wyników uzyskanych w Zakładach Chemicznych Oświęcim. Natomiast uzyskane wartości wskazują na znaczne różnice w zawartości rtęci w moczu pracowników zatrudnionych w innych krajach przy produkcji termometrów [2, 3, 6, 28].

W prezentowanej pracy uzyskane wyniki dla osobników z populacji nienarażonej zawodowo wykazały znacznie wyższą zawartość rtęci zarówno w moczu jak i we włosach mieszkańców Oświęcimia i okolic w porównaniu z osobnikami zamieszkującymi teren Warszawy i okolic [25].

Należy podkreślić, że wykrywane poziomy rtęci we włosach populacji generalnej były wyższe w innych krajach takich jak USA – 5  $\mu\text{g/g}$  [7], Japonia – 5  $\mu\text{g/g}$  [20, 22], Wenezuela – 2  $\mu\text{g/g}$  [18], Dania – 10  $\mu\text{g/g}$  [5] oraz niższe w populacji nienarażonej z rejonu Lublina ( 0,017 – 0,308  $\mu\text{g/g}$ ) [19]. Natomiast w moczu wartości były porównywalne z wartościami stwierdzonymi w Szwecji – 1,95  $\mu\text{g/g}$  kreatyniny [8] i Belgii –1,7  $\mu\text{g/g}$  kreatyniny [13] oraz w Niemczech – 0,6  $\mu\text{g/l}$  [17]. Badania wielu autorów wskazują [6, 21], że wykrywane poziomy rtęci wynoszące 10  $\mu\text{g/l}$  stanowią poziom uznany za tzw. bezpieczny.

Oznaczenia zawartości rtęci we włosach i moczu ludzi dorosłych i dzieci zamieszkujących w różnych odległościach od Zakładów Chemicznych Oświęcim wykazały: 1) większe narażenie na  $\text{Hg}^0$  mieszkańców okolic Zakładów Chemicznych Oświęcim niż populacji generalnej; 2) utrzymujący się poziom zawartości rtęci u dzieci niezależnie od odległości – co na etapie prowadzonych badań jest trudne do wyjaśnienia.

Na podstawie uzyskanych współczynników korelacji należy wnioskować, że jedynie w grupie pracowników zatrudnionych przy produkcji termometrów występowała słaba zależność pomiędzy zawartością rtęci we włosach i moczu.

#### WNIOSKI

1. Najwyższy poziom zawodowego narażenia na pary rtęci występuje na wydziale chloroalkalii w Zakładach Chemicznych Oświęcim.
2. Środowiskowe narażenie na rtęć wydaje się nie stanowić większego zagrożenia dla populacji nienarażonej zawodowo.
3. Stwierdzono słabą korelację pomiędzy zawartością rtęci w próbkach moczu i we włosach pochodzących od pracowników Warszawskiej Wytwórni Termometrów Rtęciowych.

J.K. Ludwicki, B. Wiadrowska, D. Palut, E. Tyrkiel

#### THE EVALUATION OF URINE AND HAIR TOTAL MERCURY CONTENT IN OCCUPATIONALLY EXPOSED AND NON-EXPOSED PEOPLE

#### Summary

The study aimed at the evaluation of total mercury content in hair and urine of the workers occupationally exposed to various levels of mercury vapours. The hair and urine were taken from the workers employed in Chemical Plant Oświęcim and from thermometer factory in Warsaw. The urine and hair of non-exposed Warsaw inhabitants served as a reference. Mercury levels in hair and urine were determined with atomic absorption spectrometry. The highest mercury concentration in hair (range 1.13–325.16  $\mu\text{g/g}$ ) and urine (range 15.7–800 ng/mg of creatinine) of workers employed in processing chloroalkali in Chemical Plant Oświęcim. The results also suggest that the average mercury concentration in hair (0.17 and 1.0  $\mu\text{g/g}$ ) and urine (0.4 and 2.36 ng/mg of creatinine) of non-occupationally exposed inhabitants from Warsaw and Oświęcim does not endanger human population. Nevertheless a positive correlation between

distance from chloroalkali plant in Oświęcim and mercury content in the specimens from inhabitants has been observed.

## PIŚMIENNICTWO

1. *Barregård L., Sällsten G. and Järvholm B.*: Mortality and cancer incidence in chloroalkali workers exposed to inorganic mercury. *Br. J. Ind. Med.* 1990, 47, 99–104.
2. Dziennik Ustaw z dn. 16 stycznia 1995, Nr 3, poz. 16. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dn. 23 grudnia 1994 zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia i w środowisku pracy.
3. *Ehrenberg R.L., Vogt R.L., Smith A.B., Brondum J., Brightwell W.S., Hudson P.J., McManus K.P., Hannon W.H., Phipps F.C.*: Effects of elemental mercury exposure at a thermometer plant. *Am. J. Ind. Med.* 1991, 19, 495–507.
4. *Erfurth E.M., Schütz A., Nilsson A., Barregård L. and Skerfving S.*: Normal pituitary hormone response to thyrotrophin and gonadotrophin releasing hormones in subjects exposed to elemental mercury vapour. *Br. J. Ind. Med.* 1990, 47, 639–644.
5. *Grandjean P., Weihe P., Jorgansen P.J., Clarkson T., Cernichiari E., Videro T.*: Impact of material seafood diet on fetal exposure to mercury, selenium and lead. *Arch. Environ. Health* 1992, 47, 185–195.
6. IARC 1993. Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to human., Vol. 58, Mercury and mercury compounds, 239–345, Lyon, France, 1993.
7. *Katz S.A., Katz R.B.*: Use of hair analysis for evaluating mercury intoxication of the human body: a review *J. Appl. Toxicol.* 1992, 12, 79–84.
8. *Langworth S., Elinder G.G., Göthe C.J. and Vesterberg O.*: Biological monitoring of environmental and occupational exposure to mercury. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1991, 63, 161–167.
9. *Magos L., Cernik A.A.*: A rapid method for estimating mercury in undigested biological samples. *Brit. J. Ind. Med.* 1969, 26, 144–149.
10. *Moszczyński P., Moszczyński P. Jr.*: Rzęć w stomatologii. *Pol. Tyg. Lek.* 1991, 46, 466–469.
11. *Radomska K., Graczyk A., Konarski J.*: Analiza włosów jako metoda oceny stanu mineralnego organizmu. *Pol. Tyg. Lek.* 1991, 46, 479–481.
12. *Richter E.D., Peled N. and Luria M.*: Mercury exposure and effects at a thermometer factory. *Scand. J. Work Environ. Health* 1982, 8 (suppl. 1) 161–166.
13. *Roels H., Abdeladim S., Cenlemans E. and Lauwerys R.*: Relationships between the concentrations of mercury in air and in blood or urine in workers exposed to mercury vapour. *Ann. Occup. Hyg.* 1987, 31, 135–145.
14. *Rosnowska H.*: Oznaczenie kreatyniny w moczu metodą Folina, Krawczyński J.: Laboratoryjne metody diagnostyczne. PZWL W-wa, 1967, 243–245.
15. *Smith R.G., Vorwald A.J., Patil L.S. and Mooney T.F. Jr.*: Effects of exposure to mercury in the manufacture of chlorine. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1970, 31, 678–700.
16. *Sällsten G., Barregård L., Langworth S. and Vesterberg O.*: Exposure to mercury in industry and dentistry a field comparison between diffusive and active samplers. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 1992, 7, 434–440.
17. *Schulz C., Becker K., Bernigan W., Krause C.*: New letter. The 1990/1992 environmental survey the old and new Lander of the Federal Republic of Germany. Heavy metals in blood and urine of the General Population of the F.R.G. *Inst. International Congress on Environmental Medicine.*
18. *Shrestha K.P., Fornerino I.*: Hair mercury content among residents of Cumana, Venezuela, *Sci. Total. Environ.* 1987, 63, 77–81.



19. Sikorski R., Juszkiewicz T., Paszkowski T., Szprengier-Juszkiewicz T.: Women in dental surgeries: reproductive hazards in occupational exposure to metallic mercury. *Int Arch. Occup. Environ. Health*, 1987, 59, 551–557.
20. Suzuki T., Hongo T., Imai H., Nakazawa M., Matsuo N.: The hair – organ relationship in mercury concentration in contemporary Japanese. *Archives of Environ. Health* 1993, 48, 221–229.
21. Trojanowska B.: Oznaczanie rtęci w moczu wg Dutkiewicza. Krawczyński J.: Laboratoryjne metody diagnostyczne. PZWL W-wa, 1967, 243–245.
22. Wakisaka I., Yanagihashi I., Sato M., Nakano A.: Factors contributing to the difference of hair mercury concentrations between the sexes. *Nippon Eiseigaku Zasshi*, 1990, 45, 645–664.
23. WHO, Environmental Health Criteria 118, Inorganic mercury, 1991, Geneva.
24. Wiadrowska B., Ludwicki J.K.: Zawartość rtęci we włosach mieszkańców Warszawy narażonych i nienarażonych zawodowo. *Roczn. PZH* 1993, 34, 361–365.
25. Wiadrowska B., Ludwicki J.K., Tyrkiel E.: Stężenia rtęci w moczu i włosach pracowników zatrudnionych przy produkcji lamp rtęciowych. *Acta Poloniae Toxicologica* 1994, 2, 29–33.
26. Wiadrowska B., Syrowatka T.: Metoda oznaczenia rtęci całkowitej za pomocą spektrofotometrii atomowo-absorpcyjnej. *Roczn. PZH* 1974, 25, 701–707.
27. Wiadrowska B., Syrowatka T., Tulczyński A., Tulczyński K.: Oznaczanie zawartości rtęci całkowitej w tkankach ludzi z populacji generalnej oraz narażonych na ekspozycję zawodową. *Roczn. PZH* 1976, 27, 337–344.
28. Yoshida M.: Relation of mercury exposure to elemental mercury levels in the urine and blood. *Scand. J. Work Environ. Health* 1985, 11, 33–37.

Otrzymano: 1998.04.14