

*Danuta Wiechula, Krzysztof Loska<sup>1)</sup>, Adam Górka<sup>2)</sup>,  
Monika Nowakowska, Jerzy Kwapuliński*

## ZAWARTOŚĆ MIEDZI I CYNKU WE WŁOSACH ŁONOWYCH Kobiet W OKRESIE OKOŁOPORODOWYM

Katedra i Zakład Toksykologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach  
Kierownik: prof. dr hab. *J. Kwapuliński*

<sup>1)</sup> Instytut Inżynierii Wody i Ścieków Politechniki Śląskiej w Gliwicach  
Kierownik: prof. dr hab. *M. Bodzek*

<sup>2)</sup> Oddział Chorób Wewnętrznych II, Zespół Opieki Zdrowotnej w Knurowie  
Kierownik: dr n. med. *A. Michalski*

*We włosach łonowych kobiet, potożnic i grupy kontrolnej, mieszkank województwa podkarpackiego, oznaczono zawartość miedzi i cynku. Zawartość badanych pierwiastków była podobna do zawartości podawanej przez innych autorów. Nie stwierdzono spadku zawartości cynku i miedzi z wiekiem. Zawartość miedzi i cynku we włosach łonowych badanych kobiet zmieniała się w sposób wprost proporcjonalny.*

Hasła kluczowe: włosy łonowe, kobiety, okres okołoporodowy, miedź, cynk.  
Key words: pubic hair, females, perinatal period, copper, zinc.

Okres okołoporodowy jest szczególnym okresem, związanym z szeregiem zmian w fizjologii organizmu, przede wszystkim w gospodarce hormonalnej. Znacznym zmianom podlega również gospodarka mineralna organizmu, a jednym ze sposobów oceny stanu mineralnego organizmu jest określenie zawartości metali we włosach. Coraz częstsze zastosowanie włosów jako materiału biologicznego do szacowania zawartości metali w organizmie człowieka wiąże się z dużą łatwością pozyskiwania i przechowywania tego materiału do badań, ze względu na wolniejsze procesy destrukcyjne niż w przypadku innych tkanek (1–3). Włosy jako próbka biologiczna mają kilka ważnych zalet: rosną stosunkowo szybko, jednak na tyle wolno, by odzwierciedlać średnią dostępność określonego składnika na przestrzeni kilkumiesięcznego okresu podczas ich syntezy, stosunkowo łatwo usuwa się z nich zanieczyszczenia naniesione z otoczenia, co zapewnia miarodajność i dobrą powtarzalność wyników analitycznych, próbki włosów można pobierać w sposób nieinwazyjny bez groźby zakażenia, a także przechowywać i przysyłać bez zmiany składu, ponieważ wolniej niż inne tkanki podlegają procesom destrukcyjnym (1, 4).

W ostatnich latach pojawiły się także perspektywy związane z zastosowaniem włosów łonowych w analizie pierwiastków śladowych. Włosy z okolicy łonowej rosną wolniej niż głowowe, mają dłuższe fazy spoczynku, ponadto podlegają działaniu wydzieliny gruczołów apokrynowych o odmiennym składzie niż w okolicy skóry owłosionej głowy. Włosy łonowe narażone są w znacznie mniejszym

stopniu na skażenie z zewnątrz poprzez środki kosmetyczne czy też powietrze atmosferyczne. Różnice te składają się na fakt, że zawartość metali śladowych, jak również rozproszenie zawartości we włosach łonowych jest mniejsze od oznaczanych we włosach z głowy (5).

Celem pracy było określenie zawartości miedzi i cynku we włosach łonowych położnic. Miedź i cynk należą do pierwiastków śladowych niezbędnych do prawidłowego wzrostu i funkcjonowania żywego organizmu, a w organizmie kobiety ciężarnej pierwiastki te odgrywają bardzo ważną rolę poprzez swój udział w reakcjach enzymatycznych i mechanizmach warunkujących utrzymanie ciąży oraz stanowią jedyne źródło zaopatrzenia dla rozwijającego się zarodka i płodu.

## MATERIAŁ I METODY

Na przeprowadzone badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach L.dz. NN-013-75/I/02. Pacjentki, mieszkanki województwa podkarpackiego, od których zostały pobrane włosy łonowe, zostały poinformowane o prowadzonym eksperymencie i wyraziły zgodę na udział w nim.

U wszystkich badanych przeprowadzono anonimową ankietę, na podstawie której z badań wykluczono włosy kobiet podających w wywiadzie choroby przewlekłe i inne schorzenia. Zakwalifikowano włosy kobiet zdrowych, niepalących, u których poród wystąpił o czasie, czyli pomiędzy 37 a 41 tyg. ciąży, średnio  $39,5 \pm 1,2$ . Ogółem do badań zakwalifikowano 61 kobiet w wieku 20 do 40 lat, które podzielono na grupę badaną – 38 kobiet, średnia wieku  $26,3 \pm 4,9$  lat oraz grupę kontrolną – 23 kobiety, średnia wieku  $32,8 \pm 5,5$  lat.

Włosy łonowe do badań przygotowano zgodnie z procedurą proponowaną przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (IAEA) (6). Do mycia włosów łonowych stosowano wodę dejonizowaną oraz aceton cz.d.a. Każda próbka była płukana w acetonie, następnie trzykrotnie w wodzie i ponownie w acetonie. Czas kontaktu włosów łonowych z roztworem wynosił 10 min. Następnie próbki suszono w temp.  $105^{\circ}\text{C}$  do stałej masy.

Próbkę włosów łonowych o masie 200–300 mg mineralizowano na mokro metodą mineralizacji mikrofalowej z użyciem  $2\text{ cm}^3$  stęż.  $\text{HNO}_3$  spektralnie czystego. Po mineralizacji z próbek odparowywano kwas, a następnie dodawano  $0,5\text{ cm}^3$   $\text{HNO}_3$  oraz  $10\text{ cm}^3$  wody, przenoszono do kolb miarowych obj.  $25\text{ cm}^3$  i uzupełniano do kreski. Równoległe z próbkami włosów łonowych prowadzono mineralizację materiału referencyjnego CRM 397 (Trace elements in human hair). Otrzymane z sześciu powtórzeń wartości były następujące: Cu  $0,10\text{ }\mu\text{g/g}$ , (wartość certyfikowana  $0,11\text{ }\mu\text{g/g}$ ), Zn  $205\text{ }\mu\text{g/g}$ , (wartość certyfikowana  $199\text{ }\mu\text{g/g}$ ).

Zawartość metali ciężkich w próbkach włosów łonowych i materiału referencyjnego oznaczano metodą płomieniową i bezpłomieniową atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej z wykorzystaniem spektrofotometru SPECTRAA 880 i SPECTRAA 880Z firmy Varian. Oznaczenia wykonano we współpracy z Instytutem Inżynierii Wody i Ścieków Politechniki Śl. w Gliwicach.

W obliczeniach statystycznych zastosowano program Microsoft Excel oraz Statistica for Windows ver. 5,5pl.

Testowanie znamienności statystycznej różnic między grupami przeprowadzono w oparciu o test nieparametryczny *U Manna-Whitney'a*. Do analizy współwystępowania metali we włosach łonowych zastosowano współczynnik korelacji *R Spearmana*.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Do badań wybrano kobiety, u których poród wystąpił o czasie, czyli pomiędzy 37 a 41 tyg. ciąży. Wybór takiej grupy podyktowany był kilkoma względami. W dostępnym piśmiennictwie występują pojedyncze dane dotyczące zawartości miedzi i cynku we włosach kobiet w okresie okołoporodowym (7, 8). Kolejne kryterium wyboru stanowił fakt, że od kilku lat wyraźnie spada wskaźnik urodzeń w Polsce, a pomimo tego, że w ostatnich latach dokonał się ogromny postęp w zakresie diagnostyki i leczenia patologii ciąży, nadal wiele przypadków z zakresu epidemiologii wczesnych utrat cięż jest trudnych do wyjaśnienia. Kobiety ciężarne narażone są na wiele niekorzystnych skutków cywilizacji, a rozwijający się płód jest bardzo wrażliwy na zaburzenia równowagi mikroelementowej w ustroju matki (4, 9).

Średnia zawartość miedzi we włosach łonowych kobiet w grupie badanej wynosiła 10,33  $\mu\text{g/g}$  i była podobna do średniej w grupie kontrolnej – 10,59  $\mu\text{g/g}$ . Zakres zawartości tego metalu we włosach łonowych kobiet w grupie badanej wahał się od 5,56  $\mu\text{g/g}$  do 25,57  $\mu\text{g/g}$ , a w grupie kontrolnej od 6,07 do 24,55  $\mu\text{g/g}$  (tab. I). W obu grupach najwięcej wyników zawierało się w przedziale od 5 do 10  $\mu\text{g/g}$ .

Średnia arytmetyczna zawartość miedzi we włosach łonowych kobiet w grupie badanej i kontrolnej była podobna do zawartości miedzi w grupie zdrowych kobiet

Tabela I. Zawartość miedzi i cynku we włosach łonowych kobiet ( $\mu\text{g/g}$ )

Table I. Concentration of copper and zinc in pubic hair of women ( $\mu\text{g/g}$ )

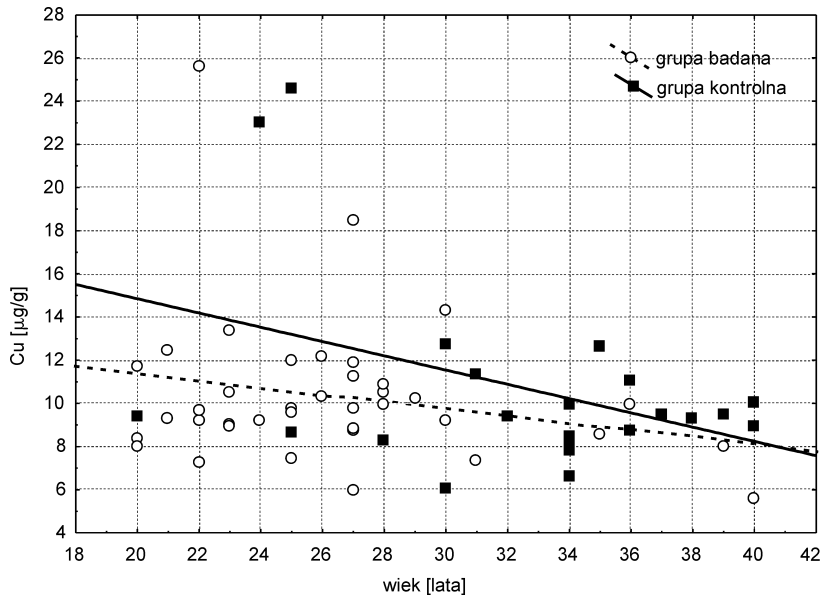
Wartość	Grupa badana, n = 38		Grupa kontrolna, n = 23	
	Cu	Zn	Cu	Zn
Średnia arytmetyczna	10,33	185,26	10,59	185,03
Odchylenie standardowe	3,46	49,63	4,46	55,68
Minimum	5,56	85,10	6,07	128,20
Maksimum	25,57	293,80	24,55	337,20
Mediana	9,67	191,75	9,40	167,80
Średnia geometryczna	9,92	178,21	9,99	178,82
Percentyl 10,0	7,35	120,60	7,79	146,10
Percentyl 90,0	13,37	251,10	12,67	278,60
Przedział ufności -95,0%	9,20	168,47	8,67	160,95
Przedział ufności +95,0%	11,47	202,05	12,52	209,11
Dolny kwartyl	8,74	149,20	8,43	150,60
Górny kwartyl	11,21	215,60	11,02	191,90
Skośność	2,66	-0,06	2,48	1,94
Kurtoza	10,07	-0,44	6,01	3,16

w wieku rozrodczym badanych przez *Kozielca* i *Michonia* (11,50  $\mu\text{g/g}$ ) (8) i mniejsza od zawartości miedzi podanej przez *Popko* i współpr. (14  $\mu\text{g/g}$ ) (10). Zakres zawartości miedzi u osób zdrowych podany przez *Lech* (3), wynoszący 10,9–15,5  $\mu\text{g/g}$  oraz zakres wartości referencyjnych wg *Zachwieji* (11) wskazują, że otrzymane w tej pracy wyniki nie są istotnie obniżone i znajdują się w zakresie wartości prawidłowych. Mniejsza zawartość miedzi w grupie badanej oraz w grupie kontrolnej w porównaniu z wartościami uzyskanymi przez innych autorów może odzwierciedlać różnice w diecie badanych kobiet, różne miejsca zamieszkania oraz ogólnoswiatową tendencję zmniejszenia zanieczyszczeń metalicznych w powietrzu, znajdującą swoje odbicie w zawartości metali w organizmie (12).

Średnia zawartość cynku we włosach łonowych kobiet z grupy badanej wynosiła 185,26  $\mu\text{g/g}$ , a w grupie kontrolnej – 185,03  $\mu\text{g/g}$ . Zakres zawartości mieścił się dla grupy badanej między 85,10 a 293,80  $\mu\text{g/g}$ , podczas gdy dla grupy kontrolnej zawartość minimalna wynosiła 128,20  $\mu\text{g/g}$ , a zawartość maksymalna 337,20  $\mu\text{g/g}$  (tab. I). W grupie badanej najwięcej uzyskanych wyników (34%) należało do przedziału od 200 do 250  $\mu\text{g/g}$ , natomiast w grupie kontrolnej 60% uzyskanych wyników mieściło się w przedziale od 150 do 200  $\mu\text{g/g}$ . W porównaniu z dostępnymi danymi literaturowymi otrzymane wyniki mieściły się w zakresie wartości referencyjnych, wynoszących od 160 do 200  $\mu\text{g/g}$  wg *Zachwieji* (12) oraz od 182 do 269  $\mu\text{g/g}$  według *Lech* (3). Również *Radomska* i współpr. (13) w badaniach zawartości cynku we włosach kobiet w okresie rozrodczym uzyskała wyniki podobne do przedstawionych w niniejszej pracy (182  $\mu\text{g/g}$ ).

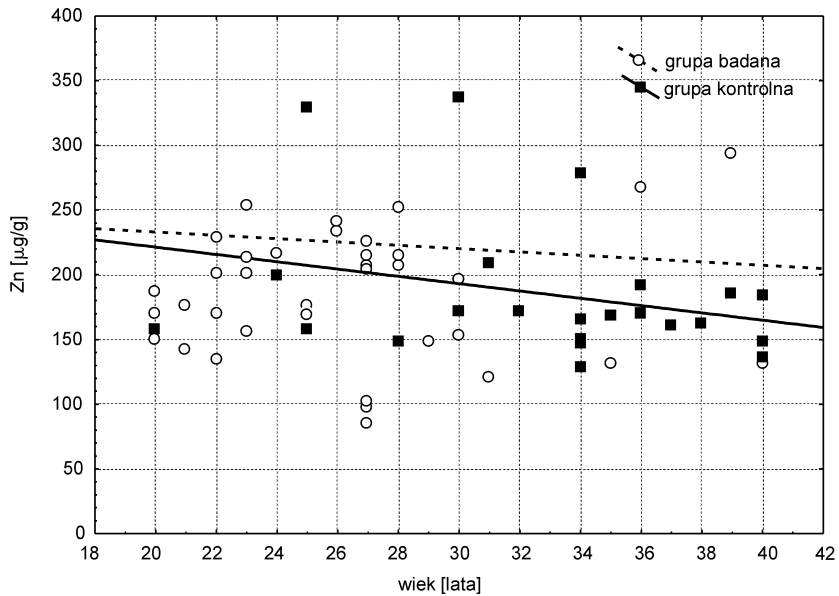
Podczas ciąży, jak zaobserwowali *Veena* i współpr., dochodzi do spadku poziomu cynku w organizmie matki, co wykazano na podstawie analizy surowicy krwi (14). Brak takiej zależności w naszych badaniach może być spowodowany przyjmowaniem podczas ciąży preparatów witaminowych oraz dbaniem o prawidłową dietę, wynikającym z coraz większej świadomości kobiet ciężarnych. Większość z nich zdaje sobie sprawę, jakie negatywne skutki wynikają z niedoborów pierwiastków niezbędnych do prawidłowego wzrostu i funkcjonowania żywego organizmu takich, jak miedź i cynk. Miedź bierze udział w licznych procesach biologicznych, uczestniczy w procesach oddychania tkankowego, w procesach odpornościowych ustroju, w przemianie związków barwnikowych i serotoniny, w prawidłowym działaniu wielu witamin i hormonów (15). Ma również znaczenie w funkcjonowaniu układu krwiotwórczego i nerwowego. Cynk natomiast aktywuje ponad 100 enzymów cynkozależnych, ma wpływ na mechanizmy odpornościowe organizmu, jest niezbędny w procesach podziału, wzrostu i dojrzewania komórek, pełni także funkcję ochronną w stosunku do toksycznego działania metali ciężkich (16). Pierwiastki te odgrywają bardzo ważną rolę w organizmie kobiety poprzez swój udział w reakcjach enzymatycznych i mechanizmach warunkujących utrzymanie ciąży oraz prawidłowy rozwój zarodka i płodu. W warunkach prawidłowych istnieje wysoce sprawny mechanizm przechodzenia tych pierwiastków przez łożysko z krwiobiegu matki do płodu (9).

Na ryc. 1 przedstawiono zależność między zawartością miedzi we włosach łonowych a wiekiem kobiet. Zarówno w grupie badanej, jak i kontrolnej nie stwierdzono występowania charakterystycznego trendu zmian zawartości z wiekiem. Również w przypadku cynku zależność zawartości tego pierwiastka od wieku badanych kobiet była nieistotna statystycznie (ryc. 2).



Ryc. 1. Zależność zawartości miedzi od wieku badanych kobiet

Fig. 1. Correlation between copper concentration and age of study women.



Ryc. 2. Zależność zawartości cynku od wieku badanych kobiet.

Fig. 2. Correlation between zinc concentration and age of study women.

Zawartość miedzi i cynku we włosach łonowych kobiet zmieniała się wprost proporcjonalnie i była istotna statystycznie, zarówno w grupie badanej, jak i kontrolnej. Wartość współczynnika korelacji opisująca zależność między zawartością cynku i miedzi w grupie badanej wynosiła 0,39, w grupie kontrolnej – 0,46.

Dla prawidłowego funkcjonowania organizmu ma znaczenie nie tylko zawartość poszczególnych metali, lecz także właściwe proporcje pomiędzy nimi (17). Zasada ta nabiera szczególnego znaczenia w przypadku miedzi i cynku, ponieważ są to metale wchodzące w organizmie w interakcje o charakterze antagonistycznym (18). Interakcje między miedzią a cynkiem są związane głównie z ich konkurencyjnym wiązaniem z metalotioneiną (18). We włosach łonowych antagonizm miedź–cynk nie występował, zarówno w grupie badanej, jak i kontrolnej występowała istotna statystycznie zależność o charakterze synergistycznym. Taki rodzaj zależności, obserwowany również przez innych autorów (17), może być wynikiem uruchomienia mechanizmów kompensacyjnych w organizmie, związanym z dążeniem do utrzymania homeostazy mineralnej organizmu w sytuacji zwiększonego zapotrzebowania na pierwiastki związanego z ciążą.

## WNIOSKI

1. Nie wykazano statystycznie istotnych różnic w zawartości miedzi i cynku we włosach łonowych położnic i kobiet z grupy kontrolnej.
2. Zawartość cynku i miedzi we włosach łonowych badanych kobiet nie zmieniała się z wiekiem.
3. We włosach łonowych występowała silna proporcjonalna zależność między zawartością miedzi i cynku.

D. Wiechuła, K. Loska, A. Górka, M. Nowakowska, J. Kwapuliński

### COPPER AND ZINC CONCENTRATIONS IN THE PUBIC HAIR OF PERINATAL WOMEN

#### Summary

The aim of this paper was to determine the concentrations of copper and zinc in the pubic hair of perinatal women. Sixty one inhabitants of the Podkarpackie Voivodeship, aged 20-40, were selected for the tests. The test group contained 38 non-smoking women who delivered at normal term i.e. at 37-41 week of gestation. The average age of the women in that group was  $26.3 \pm 4.9$ . The control group comprised 23 women, average age  $32.8 \pm 5.5$ . The pubic hair was collected and prepared to meet the requirements of the International Atomic Energy Agency (IAEA). Dried hair samples were digested with  $\text{HNO}_3$  in a microwave oven. Copper and zinc concentrations were assayed by AAS. No statistically significant differences in copper and zinc concentrations in the pubic hair were found between the study group and the control. The average copper concentration for the study group was  $10.33 \mu\text{g/g}$  and was very similar to the  $10.59 \mu\text{g/g}$  noted in the control group. The average zinc concentration for the study group was found to be  $185.26 \mu\text{g/g}$ , while that for the control group was  $185.03 \mu\text{g/g}$ . The concentrations of zinc and copper in the pubic hair of the study women did not change with age. A statistically significant proportional correlation was found to occur between copper and zinc concentrations in the pubic hair.

## PIŚMIENNICTWO

1. *Radomska K., Graczyk A., Konarski J.*: Analiza włosów jako metoda oceny stanu mineralnego organizmu. *Pol. Tyg. Lek.*, 1991; 44(24-26): 477-481. – 2. *Wiechuta D., Kwapuliński J., Loska K., Orczyk-Froncz H., Szoltysik E.*: Zawartość pierwiastków we włosach łonowych mężczyzn w wybranych stanach chorobowych. *Brom. Chem. Toksykol.*, 2007; 40(2): 179-185. – 3. *Lech T.*: Włosy jako materiał analityczny w toksykologii i badaniach środowiskowych. *Diag. Lab.*, 1991; 27(3): 45-48. – 4. *Bursa J.*: Ocena stężeń wybranych pierwiastków w krwi kobiet rodzących i w pępowinowej noworodków oraz w łożyskach w zależności od czynników środowiskowych i perinatalnych. Rozprawa habilitacyjna, ŚAM, Katowice, 1999. – 5. *Wilhelm M., Ohnesorge F.*: Cadmium, copper, lead and zinc concentrations in human scalp and pubic hair. *Sci. Total Environ.*, 1990; 92: 196-206. – 6. Report on the Second Research CO-ordination Meeting of IAEA. 1985 October, Neuherberg, Germany. – 7. *Saadi E., Sikorski R.*: Metale esencjalne we włosach łonowych u kobiet z poronieniem zagrażającym i w ciąży donoszonej. *Gin. Pol.*, 2000; 71(7): 618-622. – 8. *Kozielec T., Michoń P.*: Porównanie zawartości wybranych biopierwiastków u kobiet w wieku okołomenopauzalnym i wieku rozrodczym na podstawie analizy biochemicznej krwi i włosów. *Biul. Magnezol.*, 1996; 7: 13-16. – 9. *Radomański T.*: Badania nad zawartością rtęci, ołowiu, kadmu, cynku, żelaza i miedzi w mleku kobiecym oraz próba oceny wpływu pierwiastków toksycznych na ciążę. Rozprawa habilitacyjna, Lublin 1981; 26-27. – 10. *Popko J., Olszewski S., Hukałowicz K., Markiewicz R., Borawska M., Szeparowicz P.*: Lead, cadmium, copper and zinc concentration in blond and hair of mothers of children with locomotor system malformations. *Pol. Environ. Stud.*, 2003; 12(3): 375-379.
11. *Zachwieja Z.*: Wykorzystanie analizy wybranych makro- i mikroelementów we włosach dzieci do badań środowiskowych. Konferencja PAN, Nieinwazyjne metody oceny wysycenia organizmu makro- i mikropierwiastkami. Warszawa, 1997. – 12. *Ochrona Środowiska. Informacje i opracowania statystyczne.* GUS, Warszawa 1999; 2005. – 13. *Radomska K., Graczyk A., Konarski J., Adamowicz B.*: Ocena zawartości makro- i mikroelementów w organizmie ludzkim na podstawie analizy włosów. *Pol. Tyg. Lek.*, 1991; 66(24-26): 461-463. – 14. *Venna R., Narang A., Banday A.*: Copper and zinc levels in maternal and fetal cord blood. *Int. J. Gynecol. Obstet.*, 1991; 35: 47-49. – 15. *Pasternak K.*: Biopierwiastki w praktyce medycznej. Akademia Medyczna w Lublinie, Lublin 2000, 55-58. – 16. *Nowak G.*: Cynk w fizjologii, patofizjologii i terapii depresji. PAN, Kraków 2001; 9-22. – 17. *Peraza M.A., Ayala-Fierro F., Barber D.S., Casarez E., Rael L.T.*: Effects of micronutrients on metal toxicity. *Environ. Health Perspect.*, 1998; 106(Suppl 1): 203-216. – 18. *Irato P., Albergoni V.*: Interaction between copper and zinc in metal accumulation in rats with particular reference to the synthesis of induced – metallothionein. *Chem. Biol. Interact.*, 2005; 155(3): 155-164.

Adres: 41-200 Sosnowiec, ul. Jagiellońska 4.