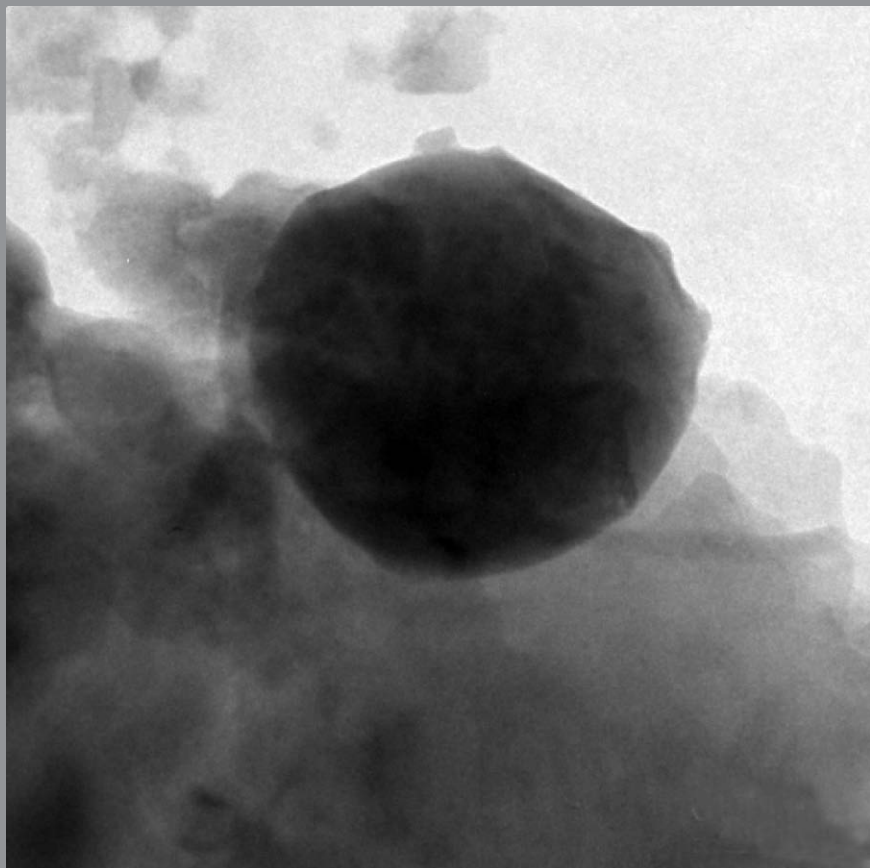
Mariola Jabłońska

Wskaźnikowe składniki mineralne w tkance płucnej osób narażonych na pyłowe zanieczyszczenia powietrza w konurbacji katowickiej



Wydawnictwo
Uniwersytetu Śląskiego

Katowice 2013

Wskaźnikowe składniki mineralne w tkance płucnej osób narażonych na pyłowe zanieczyszczenia powietrza w konurbacji katowickiej

PRACE NAUKOWE

UNIWERSYTETU ŚLĄSKIEGO W KATOWICACH

NR 3046

Mariola Jabłońska

Wskaźnikowe składniki mineralne w tkance płucnej osób narażonych na pyłowe zanieczyszczenia powietrza w konurbacji katowickiej

Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego Katowice 2013

Redaktor serii: Nauki o Ziemi
Andrzej T. Jankowski

Recenzenci
Maciej Pawlikowski
Michał Sachanbiński

Redaktor: Barbara Todos-Burny
Projektant okładki: Małgorzata Pleśniar
Redaktor techniczny: Barbara Arenhövel
Korektor: Lidia Szumigała
Łamanie: Edward Wilk

Copyright © 2013 by
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336
ISBN 978-83-226-2189-9
(wersja drukowana)

ISBN 978-83-8012-187-4
(wersja elektroniczna)

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice
www.wydawnictwo.us.edu.pl
e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Ark. druk. 10,0. Ark. wyd. 12,0.
Papier offset. kl. III, 90 g Cena 24 zł (+ VAT)

Druk i oprawa: PPHU TOTEM s.c.
M. Rejnowski, J. Zamiara
ul. Jacewska 89, 88-100 Inowrocław

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń 7

1. Wstęp 9

2. Zanieczyszczenia pyłowe atmosfery 13

2.1. Źródła pyłowych (naturalnych i antropogenicznych) zanieczyszczeń atmosfery . 13
2.2. Przegląd badań zanieczyszczeń pyłowych powietrza w konurbacji katowickiej . 15
2.3. Badania mineralogiczne pyłów w płucach ludzi 16

3. Zarys budowy dróg oddechowych człowieka 19

4. Ogólna charakterystyka obszaru badań 21

5. Charakterystyka próbek oraz zastosowane metody badań 25

5.1. Charakterystyka próbek 25
5.2. Metody badań 27
5.2.1. Badania mikroskopowe 27
5.2.2. Analizy chemiczne i oznaczenie substancji mineralnej 28
5.2.3. Metody identyfikacji faz mineralnych z zastosowaniem transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM) 29
5.2.4. Analiza ziarnowa i obliczenia statystyczne 33

6. Wyniki badań 35

6.1. Ilość substancji mineralnej w tkance płucnej 35
6.2. Badania mineralogiczne 40
6.2.1. Składniki główne 43
6.2.1.1. Węglany 43
6.2.1.2. Krzemiany i glinokrzemiany 50
6.2.2. Składniki podrzędne występujące w tkankach płucnych 56
6.2.2.1. Krzemionka 56
6.2.2.2. Tlenki i wodorotlenki żelaza 60
6.2.2.3. Chlorek sodu i chlorek potasu (halit i sylwin) 68

6.2.3. Składniki akcesoryczne występujące w tkankach płucnych 72
6.2.3.1. Żelazo metaliczne i stopy metali 72
6.2.3.2. Siarczki (ołowiu, cynku i żelaza) 76
6.2.3.3. Inne tlenki proste (niezawierające żelaza) oraz pozostałe tlenki złożone 79
6.2.3.4. Siarczany 85
6.2.3.5. Fosforany 89
6.2.3.6. Cząstki o nieokreślonych strukturach 93

7. Wyniki analiz chemicznych 97

7.1. Pierwiastki główne występujące w tkance płucnej człowieka 97
7.2. Pierwiastki podrzędne występujące w tkance płucnej 99
7.3. Pierwiastki śladowe występujące w tkance płucnej 100
7.4. Zawartość krzemionki oznaczonej chemicznie w tkance płucnej 103

8. Dyskusja wyników 105

8.1. Ilość substancji mineralnej w tkance płucnej 105
8.2. Składniki mineralne w tkance płucnej 107
8.3. Porównanie wskaźnikowych składników mineralnych w tkance płucnej ze składem mineralnym pyłów atmosferycznych w konurbacji katowickiej 110
8.4. Rozmiary cząstek, rozpuszczalność składników mineralnych i ich wpływ na zdrowie 115
8.5. Wyniki analiz składu chemicznego pierwiastków występujących w tkance płucnej 122

9. Wnioski 139

Literatura 143

Summary 157
Резюме 159

Wykaz ważniejszych oznaczeń

$x_{\text{min.}}$	— wartość minimalna
x_{max}	— wartość maksymalna
$\bar{x}$	— wartość średnia
S	— odchylenie standardowe
V	— współczynnik zmienności [%]
n	— liczba elementów w wybranej populacji
N	— liczba elementów w całej populacji próbnej
m_e	— mediana
Nr	— numer próbki
Pł	— płeć
K	— kobieta
M	— mężczyzna
SM	— substancja mineralna [%wag.]
PM (*Particulate Matter*) 10	— pyły o średnicach aerodynamicznych mniejszych niż 10 μm
PM (*Particulate Matter*) 2,5	— pyły o średnicach aerodynamicznych mniejszych niż 2,5 μm
SEM	— skaningowy mikroskop elektronowy
TEM	— transmisyjny mikroskop elektronowy
BSE (*back scattered electrons*)	— elektrony wstecznie rozproszone
SAED (*Selected Area Electron Diffraction*)	— tzw. selektywna dyfrakcja elektronów
MSP	— masa suchej próbki [g]
MP	— masa popiołu [g]
WŚ i WIOŚ	— Wojewoda Śląski i Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska

1. Wstęp

Przez układ oddechowy dorosłego człowieka codziennie przepływa od 12 m^3 do 20 m^3 powietrza (BRANDYS, 1999; YUSZKIN, 2004). Nawet najczystsze powietrze zawiera nie mniej niż 1 mln cząstek w 1 m^3 powietrza. Na przykład na Antarktydzie w 1 dm^3 powietrza zawieszonych jest 1—6 · 10^5 cząstek (YUSZKIN, 2004). Szacuje się, że w atmosferze ziemskiej znajduje się około 200 mln Mg zawieszonej substancji mineralnej (YUSZKIN, 2004). Największe znaczenie dla ludzi ma dolna warstwa troposfery, w skład której oprócz gazów wchodzą pyły i aerozole wpływające negatywnie na jakość powietrza (POSFAI, MOLNAR, 2000; HAN i in., 2003).

Skład aerozoli i pyłów atmosferycznych jest bardzo złożony. Można w nim znaleźć zarówno większość powszechnie występujących, ale też i rzadko spotykanych minerałów (YUSZKIN, 2004). Zasadniczy wpływ na zanieczyszczenie atmosfery mają aerozole morskie (Van GLASOW, 2006) oraz pyły pochodzące z wietrzenia i erozji skał (KLEIN, 1993).

Na jakość atmosfery wpływają też erupcje wulkanów, powodujące w krótkim czasie emisję ogromnych ilości zanieczyszczeń. Przykładem może tu być wybuch wulkanu Pinatubo w 1991 r., który w ciągu zaledwie dwóch pierwszych dni erupcji dostarczył do atmosfery niemal 20 mln Mg pyłów (GUO i in., 2004). Swój udział w zanieczyszczeniu atmosfery mają też pyły pochodzące z pożarów lasów i stepów (GIERE, QUEROL, 2010).

Oprócz źródeł naturalnych, zanieczyszczenie atmosfery spowodowane jest również działalnością ludzi. Chociaż udział emisji antropogenicznej w globalnym zanieczyszczeniu atmosfery wynosi zaledwie 300 · 10^6 Mg rocznie, w porównaniu z 2 000 · 10^6 Mg rocznie emitowanymi ze źródeł naturalnych (KLEIN, 1993), a udział antropogenicznych cząstek frakcji zawieszonej o średnicy aerodynamicznej poniżej 10 μm stanowi tylko 2—3 %obj. globalnej emisji pyłowych zanieczyszczeń atmosfery, to jednak w rejonach silnie uprzemysłowionych udział pyłów antropogenicznych może być dominujący (JABŁOŃSKA, 2003; JABŁOŃSKA i in., 2001; JABŁOŃSKA i in., 2003). Skład cząstek o średnicy aerodynamicznej poniżej 10 μm (PM10) w rejonach miejsko-przemysłowych głównie zależy od lokalizacji źródeł emisji pyłów oraz od warunków meteorologicznych (GROBETY i in., 2010).

Człowiek oddycha więc mieszaniną powietrzno-mineralną zawierającą aerozole oraz pyły o rozmiarach cząstek od 0,001 μm do 1 000 μm, a każdy wdech może zawierać do miliona cząstek mineralnych (YUSZKIN, 2004). Tak duża ilość pyłów i aerozoli nie jest obojętna dla organizmu ludzkiego, co potwierdziły badania epidemiologiczne wpływu stężenia pyłów PM10 na zdrowie człowieka (POPE, DOCKERY, 2006). Jednakże właściwości cząstek odpowiedzialnych za działanie toksyczne nie zostały dobrze zbadane (GROBETY i in., 2010). Niewiele wiadomo na temat reakcji utleniania cząstek i ich powierzchni reaktywnych oraz rozmiarów cząstek i ich składu chemicznego, a więc parametrów, które mają ogromny wpływ na zdrowie ludzi, szczególnie powodujących choroby dróg oddechowych i układu krążenia (HARRISON, YIN, 2000; SCHINS, 2002). Również niekompletna jest wiedza o składzie fazowym cząstek wdychanych przez ludzi i rezydujących w ich płucach.

Większość prowadzonych badań dotyczyła chorób zawodowych na stanowiskach pracy, gdzie narażenie na pyły mineralne było duże (WAGNER, 1980; MANKE i in., 1990; STETTLER i in., 1991; TOSSAVAINEN, 1997; DUMORTIER, 2006; GIERE i in., 2011). Do tej pory badania środowiskowe składu mineralnego pyłów w tkance płucnej były wykonane tylko przez L. PAOLETTIEGO i in. (1987) oraz A. CHURGA i B. WIGGSA (1987).

Najnowsze badania wskazują na toksyczny wpływ wdychanych nanocząstek mineralnych, które mogą przyczyniać się do wielu chorób układów: krążenia, oddechowego, pokarmowego i nerwowego (BUZEA i in., 2007).

Badania substancji mineralnej w płucach są elementem tzw. mineralogii człowieka.

W organizmie człowieka występują dwie grupy minerałów. Pierwszą stanowią minerały konstruktywne (głównie bioapatyt i brushit) niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu, wchodzące w skład kości, paznokci, zębów itp. (PAWLIKOWSKI, 1987, 1993; SKINNER, 2000; GLIMCHER, 2006; BOSKEY, 2007). Druga grupa to minerały patogenne, tworzące się na skutek procesów związanych ze złym funkcjonowaniem organizmu bądź jego starzeniem się. Wówczas dochodzi do powstawania między innymi fosforanów apatytopodobnych, amorficznych fosforanów wapnia, withlokitu, struvitu, newberyitu, whewellitu, weddelitu, kalcytu, cholesterolu i kwasu moczowego, które są składnikami kamieni nazębnych, tzw. zwapnień naczyń krwionośnych, kamieni żółciowych, nerkowych i moczowych (DEGANELLO i in., 1981; PAWLIKOWSKI, 1987, 1993; LEMANN i in., 1996; WESSON, WARD, 2007).

W Polsce badania nad mineralogią człowieka prowadzi M. PAWLIKOWSKI (1987, 1993), który między innymi dokonał szczegółowego opisu mineralizacji serca i naczyń dużych (PAWLIKOWSKI, PFITZNER, 1999). Podjął także badania nad rozpuszczaniem związków mineralnych w celu udrożnienia naczyń krwionośnych (PAWLIKOWSKI, 2003). Rezultaty badań M. Pawlikowskiego wskazały na potrzebę korzystania z analiz mineralogicznych w celu rozpoznania powstających w organizmie człowieka biominerałów (PAWLIKOWSKI, 1991). W ostatnim czasie również lekarze dostrzegają potrzebę prowadzenia badań interdyscyplinarnych, które przyczynią się do lepszego zrozumienia procesów tworzenia się biomineralizacji patogennej w organizmie człowieka oraz pozwolą na szukanie rozwiązań umożliwiających jej powstrzymanie bądź spowolnienie (KARWOWSKI, NAUMNIK, 2011). Badania interdyscyplinarne mają także ogromne

znaczenie dla zrozumienia oddziaływania pyłów mineralnych na zdrowie człowieka. Stan wiedzy na ten temat prezentuje rozdział 2.3 niniejszej pracy.

Zasadniczym celem pracy jest porównanie składników mineralnych stwierdzonych w tkance płucnej osób z konurbacji katowickiej[1] ze składnikami pyłowych zanieczyszczeń powietrza w tym regionie.

Spośród składników mineralnych pyłów przedostających się do dróg oddechowych niektóre mogą mieć właściwości charakterystyczne dla określonego rodzaju źródła emisji (np. transport, hutnictwo żelaza, metali kolorowych itp.). Stanowią zatem mineralne wskaźniki źródeł emisji. Wskaźnikami mineralnymi są te składniki substancji mineralnej w tkance płucnej, których skład fazowy i chemiczny oraz szczególne właściwości mogą pomóc w identyfikacji prawdopodobnego źródła pochodzenia. Wskaźnikami mineralnymi są zarówno minerały, jak i substancje antropogeniczne, które dostały się do płuc podczas oddychania zanieczyszczonym powietrzem. W tkance płucnej dochodzi również do mineralizacji określanej przez lekarzy jako zwapnienie płuc, spowodowanej procesami fizjologicznymi. Powstające w ten sposób autogeniczne substancje mineralne mogą być także traktowane jako wskaźnikowe, jeśli mają cechy pozwalające na ich odróżnienie od substancji mineralnych pochodzących spoza organizmu człowieka.

W pracy postawiono tezę, że analiza porównawcza składu mineralnego tkanek płuc i pyłów atmosferycznych doprowadzi do wyznaczenia wskaźników mineralnych, które pozwolą na odróżnienie substancji pochodzących z określonych źródeł emisji pyłów atmosferycznych od substancji mineralizacji autogenicznej w tkance płucnej. Ponadto podjęto próbę określenia stopnia modyfikacji składników mineralnych pyłów przez czynniki fizjologiczne w tkance płucnej.

Znajomość składu mineralnego wskaźników oraz ich rozmiary umożliwiają wyróżnienie faz mineralnych potencjalnie szkodliwie oddziałujących na organizm człowieka.

Badano również zależności między ilością oraz składem fazowym wskaźników mineralnych, z uwzględnieniem wielkości pojedynczych cząstek, a płcią, wiekiem oraz nałogiem palenia papierosów. W pracy zamieszczono także wyniki analiz chemicznych próbek tkanki płucnej na zawartość wybranych pierwiastków biogennych i metali ciężkich (wapń, magnez, potas, sód, fosfor, żelazo, glin, miedź, cynk, bar, mangan, stront, ołów i kadm) oraz krzemionki. Rezultaty tych analiz pozwoliły na wyróżnienie związków mogących negatywnie wpływać na zdrowie ludzi. Analizy chemiczne są komplementarne w stosunku do fazowej analizy mineralogicznej, gdyż część pierwiastków chemicznych dostających się do płuc nie tylko wchodzi w skład substancji mineralnej, ale wbudowuje się w związki organiczne tworzące tkankę płucną.

Do badań wybrano konurbację katowicką, jako jeden z najsilniej zurbanizowanych, uprzemysłowionych i zanieczyszczonych regionów w Europie (Runge, 2011; Runge, Runge, 2008; Runge, Kłosowski, 2011; Spórna, 2012). Z danych GUS (Rocznik Statystyczny, 2010) wynika, że w 2009 r. niemal 77% zgonów w Polsce było wynikiem chorób cywilizacyjnych (choroby układu krążenia, nowotwory, choro-

[1] Nazwa zgodna z najnowszą obowiązującą nomenklaturą (Runge, 2011; Spórna, 2012).

by układu oddechowego), w dużej części powodowanych złym stanem środowiska, w tym głównie zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego. Duży udział w tej statystyce ma konurbacja katowicka.

Niniejsza publikacja jest pierwszym w Polsce opracowaniem prezentującym skład mineralny cząstek w płucach ludzi. Badania mineralogiczne uwzględniające skład fazowy i chemiczny oraz rozmiary i morfologię cząstek osadzonych w tkance płucnej mogą być pomocne w określaniu najważniejszych źródeł zanieczyszczeń, mogących mieć największy wpływ na zdrowie ludzi mieszkających w silnie uprzemysłowionych regionach.

Serdeczne podziękowania składam przede wszystkim Panu prof. zw. dr. hab. Januszowi Janeczkowi, kierownikowi Katedry Geochemii, Mineralogii i Petrografii na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, który zachęcił mnie do podjęcia badań nad mineralogią pyłów w tkance płucnej, za wszechstronną pomoc oraz stworzenie odpowiednich warunków pozwalających na zrealizowanie niniejszej pracy.

Dziękuję Panom prof. dr. hab. Michałowi Sachanbińskiemu i prof. dr. hab. inż. Maciejowi Pawlikowskiemu, którzy podjęli trud recenzji niniejszej monografii, a ich cenne uwagi krytyczne sprawiły, że opracowanie przybrało ostateczny kształt.

Pragnę również podziękować firmie DiagnoMed oraz Panom prof. dr. hab. n. med. Andrzejowi Gabrielowi i dr. n. med. Jackowi Kasnerowi za udostępnienie materiału do badań.

Jestem wdzięczna Pani prof. dr hab. Danucie Stróż oraz Panu prof. dr. hab. Józefowi Lelątce z Instytutu Nauki o Materiałach Uniwersytetu Śląskiego za umożliwienie mi wykonania analiz TEM, a Panom prof. dr. hab. Jerzemu Widermannowi i dr. Krzysztofowi Radwańskiemu z Instytutu Metalurgii Żelaza w Gliwicach za umożliwienie prowadzenia badań SEM i TEM. Chcę również podziękować Panu dr. Markowi Gigli z Instytutu Nauki o Materiałach Uniwersytetu Śląskiego za umożliwienie mi korzystania z programu Eldyf, dzięki któremu mogłam dokonać interpretacji uzyskanych wyników analiz TEM. Panom dr. Krystianowi Prusikowi oraz mgr. Janowi Rakowi dziękuję za cierpliwość i pomoc w trakcie wykonywania samodzielnych analiz TEM.

Szczególne podziękowania kieruję do Pani dr Beaty Smiei-Król, która poświęciła swój cenny czas, spędzając ze mną wiele godzin podczas wykonywania badań na transmisyjnym mikroskopie elektronowym. Dzięki temu mogłam przeprowadzić większą liczbę badań w krótszym czasie. Pani dr Lucynie Lewińskiej-Preis i Panu dr. Andrzejowi Kicie z Uniwersytetu Śląskiego składam podziękowania za pomoc w wykonaniu analiz chemicznych. Dziękuję również Panu prof. dr. hab. Eugeniuszowi Gałuskinowi, Pani dr hab. Irinie Gałuskinie, Panu dr hab. Stanisławowi Duberowi oraz Pani dr Danucie Smołce-Danielowskiej za cenne uwagi i stymulujące dyskusje w trakcie pisania pracy.

Dziękuję także mojemu mężowi Grzegorzowi za pomoc w opracowaniu statystycznym i graficznym danych, a pozostałym członkom rodziny za uwolnienie od większości obowiązków domowych, co pozwoliło mi ukończyć pisanie niniejszej monografii.

Mariola Jabłońska

Indicative mineral components in lung tissue of persons exposed to aerosol atmospheric contaminations in the Katowice Conurbation

S u m m a r y

The aims of the work was to compare mineral components found in lung tissues of inhabitants of the Katowice Conurbation with dust components of atmospheric pollution in this region. Mineral components of dust reaching lungs can show characteristic features, depend on sources of their emission. Thus they can be considered as emission indicators. In this project the mineral indicators are called these components of mineral substance in lung tissue, which phase and chemical composition together with other particular features can help in the identification of their possible source.

Mineralogical investigations with the scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM), and chemical analyses (ICP) were carried out on 34 human lung tissues coming from donors exposed to dust contaminants in the Katowice Conurbation. Samples, from 13 women and 21 men without any cancer cells, were taken as the section material from persons which in their work were not exposed to dust contaminants, and which deceased as a result of accidents.

The carried out mineralogical research enabled to find several mineral components in lung tissue. Biogenic carbonates were dominant, including calcite and Mg-calcite. Most of other components were the same as those present in phases of the polluted Katowice Conurbation. Among them were such minerals as: amorphous aluminosilicates with spherical particle shapes, mullite, trydimite, iron oxides (magnetite, hematite, and wustite), other simple oxides, iron sulphides, barite and REE phosphates. They were considered mineral indicators pointing out to anthropogenic origin related to hard coal combustion and processing. Quartz, micas, feldspars, amphiboles and pyroxenes were regarded as indicators of emission from natural sources. The presence of lead and zinc sulphides is related to exploitation or processing of zinc and lead ores. Particles of metallic iron and alloys were included to anthropogenic indicators connected to metallurgical industry. Ferrihydrite and goethite are thought to be products of reaction of lung fluids with mineral particles rich in iron. Calcium phosphate was only rarely found in healthy lung tissues, thus this mineral component was included into biogenic indicators of pathogenic mineralization.

In was found that the amount of mineral substances present in lung tissues increases with age. It can be caused by the occurrence of autogenic mineralization related to physiological processes and accumulation of pollution, mainly of anthropogenic origin, as well as increasing pathogenic mineralization, i.e. so called latent mineralization caused by incorporation of some metals into lung tissue.

Chemical analyses of selected main elements (Ca, Na Fe, and P) indicated that their concentrations are not related to sex but possibly to age. Among selected minor elements occurring in lung tissue (Zn, Al, K, and Mg) the highest variability of concentrations was shown by zinc and aluminum. It was found that the amount of zinc in lung tissue decreases with age whereas alumina amount increases. It is believed that the age increase of aluminum contents can indicate dissolution of aluminosilicates and accumulation of aluminum in lung tissues. It suggests that aluminum forms latent mineralization. Analysis of selected trace elements (Pb, Cd, Cu, Sr and Mn) shows that their concentrations are not related to sex. Presence of Pb and Cd in lung tissues confirms toxic metal occurrence in the air of the Katowice Conurbation.

This work indicates the need to carry out investigations enabling identification of minerals formed in a human organism, which can help in better understanding the influence of environmental factors on human health. The development of these research methods give possibility of close interdisciplinary cooperation of mineralogists, geochemists and physicians.

Mariola Jabłońska

Индикаторные минеральные фазы в легочной ткани людей, подвергающихся воздействию загрязненного воздуха, в Катовицкой конурбации

Резюме

Целью настоящей работы является сравнение минеральных фаз, идентифицированных в легочной ткани людей из Катовицкой конурбации, с частицами, загрязняющими воздух в этом регионе. Минеральные атмосферные частицы, попадающие в легкие, могут характеризоваться определенными свойствами, указывающими на тип источника эмиссии. В настоящей работе минеральными индикаторами называются фазы в легочной ткани, фазовый и химический состав которых, а также их особенные свойства, могут помочь в индентификации возможного источника.

Минералогические исследования с использованием электронных микроскопов: сканирующего (SEM) и трансмиссионного (TEM), а также химические анализы (ICP) были произведены на 34 пробах легочной ткани людей, подвергавшихся влиянию атмосферного загрязнения в Катовицкой конурбации. Пробы (13 женщин, 21 мужчин) не содержали раковых клеток, были получены из секционного материала людей, не имевших профессионального риска, связанного с пылевым загрязнением воздуха, не страдающих хроническими заболеваниями, а их смерть была внезапной.

Выполненные минералогические анализы позволи определить несколько минеральных фаз в легочной ткани. Биогенные карбонаты: кальцит и магниевый кальцит, являются доминирующими фазами. Большинство остальных фаз, обнаруженных в легочной ткани, встречается в загрязненном воздухе конурбации Катовицкой. Минеральные фазы, обнаруженные в легочной ткани, такие как алюмосиликаты, имеющие сферическую форму, муллит, тридимит, окислы железа (магнетит, гематит, вюстит), другие простые окислы, сульфиды железа, барит, а также фосфаты REE отнесены к минеральным индикаторам антропогенного происхождения, связанными со сжиганием и переработкой угля. Кварц, слюда, КПШ, амфиболы и пироксены относятся к индикаторам, имеющим натуральный источник. Присутствие в легочной ткани сульфидов цинка и свинца связано с добычей и переработкой цинковых и свинцовых руд. Частички металлического железа и сплавы металлов квалифицируются как антропогенные индикаторы, связанные с металлургической промышленностью. Ферригидрид и гетит склассифицировано, как продукты реакций физиологичеких растворов с минеральными частицами, обогащенными железом, что свидетельствует о окислительных условиях в легочной ткани. Редко в здоровой легочной ткани наблюдался фосфат кальция, эта фаза была отнесена к биогенному индикатору, который может отвечать ранним этапам патогенной минерализации.

Было установлено, что количество минеральных фаз, присутствующих в легочной ткани, увеличивается с возрастом. Сделано вывод, что это может быть обусловлено присутствием автогенной минерализации, вызванной физиологическими процессами и накоплением минеральных фаз, главным образом, вызванной антропогенногенным загрязнением, а также развивающейся патогенной минерализацией и так называемой скрытой минерализацией (вследствии включения некоторых металлов в структуру легочной ткани).

Выполненные химические анализы выбранных главных элементов (Ca, Na Fe, P) показали, что их содержание не зависит от пола, а только от возраста. Среди выбранных второстепенных элементов (Zn, Al, K, Mg), находящихся в легочной ткани, самая большая изменчивость наблюдается для цинка и алюминия. Установлено, что содержание цинка в легочной ткани уменьшается с возрастом, в то время как содержание алюминия растет. Установлено, что рост содержания алюминия с возрастом может указывать на растворимость алюмосиликатов и накопление этого элемента в легочной ткани, что позволяет классифицировать алюминий как скрытую минерализацию. На основании анализов выбранных микроэлементов (Pb, Cd, Cu, Sr, Mn) выявлено, что их содержание зависит от пола. Присутствие Pb и Cd в легочной ткани подтвеждает присутствие токсических металлов в атмосфере в Катовицкой конурбации.

Настоящая работа указывает, что небходимо провести исследования, позволяющие точно идентифицировать минеральные фазы, образующиеся в организме человека, которые помогут понять влияние факторов окружающей среды на здоровье людей. Развитие методов исследования дает возможность тесного междисциплинарного сотрудничества минералогов, геохимиков и врачей.

Cena 24 zł
(+ VAT)

Mariola Jabłońska

Wskaźnikowe składniki mineralne w tkance płucnej...

ISSN 0208-6336
ISBN 978-83-8012-187-4