



Material magnetyczny w próbkach soli z wysadów solnych Góra i Wapno

Magnetic material contained in the salt samples from the Góra and Wapno salt domes

Joanna JAWORSKA

Instytut Geologii UAM, ul. Maków Polnych 16, Poznań. e-mail: veronika@amu.edu.pl

STRESZCZENIE

W próbkach soli cechsztyńskich zebranych z trzech fragmentów dostępnych rdzeni, pochodzących z dwóch wysadów solnych Góra i Wapno, wśród materiału rezydualnego, wyseparowano materiał charakteryzujący się wysoką magnetycznością. Analizom poddano dwa zebrane typy tego materiału, tj. sferule (sferulki) – kuliste, metaliczne formy oraz nieregularne ziarna. Łącznie przebadano 13 ziaren. Wielkość ziaren obu typów mieściła się w granicach 70–400 μm . Głównym składnikiem chemicznym sferul i ziaren nieregularnych jest tlenek żelaza, którego udział w próbkach wynosi od 70 do 100%. Geneza tego materiału magnetycznego nie jest jednoznacznie określona; mogą one mieć pochodzenie kosmiczne lub antropogeniczne.

Słowa kluczowe: materiał magnetyczny, sferule, sole cechsztyńskie

ABSTRACT

The Zechstein salt samples were collected from three fragments of cores, drilled from the Góra and Wapno salt domes. After the residual material had been separated, formations displaying high magnetism were found. Two types of such formations were subjected to analysis: round, metallic spherules and irregular particles. In total, 13 items were examined. The sizes of both types of the material ranged from 70 to 400 μm . Iron oxide was found to be the main chemical component of both spherules and irregular particles. Its proportion ranged from 70 to 100% in the samples. The origin of those magnetic materials has not been clearly determined. It can be either extraterrestrial or anthropogenic.

Key words: magnetic material, spherules, Zechstein salt

WSTĘP

Wysady Wapno i Góra są jednymi z wielu ciał solnych występujących na Niziu Polskim. Pierwszy z nich znajduje się na terenie województwa wielkopolskiego, ok. 70 km na północny wschód od Poznania, a drugi na terenie województwa kujawsko-pomorskiego, ok. 15 km na wschód od Inowrocławia (Ryc. 1). Pod względem geologicznym, zgodnie z podziałem Żelaźniewicza i in. (2011), leżą na granicy dwóch dużych jednostek tektonicznych: antyklinorium śródpolskiego (wał kujawski, *Mid-Polish Swell*) i synklinorium szczecińsko-miechowskiego (niecka szczecińsko-lódzko-miechowska), a dokładnie między segmentem mogileńskim (*Mogilno Segment*) i pomorskim (*Pomeranian Segment*) – w przypadku wysadu Wapno oraz segmentem mogileńskim (*Mogilno Segment*) i kujawskim (*Kuavian Segment*) – wysad Góra (Ryc. 1). Oba diapiry stanowią kulminacje w obrębie większych ciał solnych rozwiniętych na uskokach o ogólnym przebiegu NW-SE, równoległe do strefy Teisseyre'a-Tornquista, w grzbietowych partiach antyklinorium śródpolskiego (Dadlez i in., 1995; Dadlez, Marek, 1998; Ślizowski, Saługa, 1996). Wysad solny Wapna znajduje się w pd. części osi antykliny Wapna (Jaworski, 1970), w przekroju pionowym ma kształt maczugi, która rozszerza się przy powierzchni, natomiast blisko powierzchni terenu w przekroju poziomym ma kształt elipsy, gdzie dłuższa oś ma 1,0 km a krótsza ok. 0,5 km. Strop wysadu przykrywa czapa gipsowa, a wyżej gipsowo-ilasta o miąższości od 20 do 160 m (Jaworska, Ratajczak, 2008).

Wysad solny Góra znajduje się w pn. części poduszki solnej Radziejowa, w przekroju pionowym ma kształt kopuły rozszerzającej się od strony SE, a w przekroju poziomym ma kształt zbliżony do nieforemnej elipsy, której dłuższa oś ma wymiary 1,0 km a krótsza ok. 0,9 km. Strop wysadu

przykrywa czapa anhydrytowo-gipsowa lub ilasto-gipsowa o miąższości od 34 do 116 m (Drogowski, Tadych, 2006; Czapowski i in., 2009). W obu przypadkach wysady są zbudowane z cechsztyńskich ewaporatów, przede wszystkim soli kamiennych drugiego cyklotemu (PZ2), głównie tzw. starszej soli kamiennej (Na₂), która występuje w centralnych partiach obu diapirów. Natomiast poszczególne ogniwa dwóch młodszych cyklotemów (PZ3 i PZ4) rozmieszczone są periferyjnie, bliżej krawędzi wysadów, tworząc wąskie fałdy o wysokich amplitudach. W tej części Polski strop cechsztynu znajduje się na głębokości ponad 6 km (Dadlez i in., 1974). W tym też miejscu notowane są największe miąższości permu (w tym cechsztynu – do 1,8 km) i mezozoiku. Miąższe utwory permu-mezozoiku były deponowane w obrębie ówczesnej bruzdy śródpolskiej, przecinającej basen polski z NW na SE (Dadlez i in., 1995, 1997 i 1998). Bruzdę charakteryzowała wyjątkowo duża subsydencją trwająca aż do końca kredy, kiedy to nastąpiła jej intensywna przebudowa – tzw. inwersja bruzdy śródpolskiej. W konsekwencji powstało antyklinoorium śródpolskie z szeregiem struktur solnych ułożonych wzdłuż tego wału i przebiegających całkowicie lub częściowo pokrywą mezozoiczną (Dadlez, Marek, 1998). Pierwsze przemieszczenia soli cechsztyńskich ku powierzchni terenu – efekt halokinezy i halotektoniki – miały miejsce już w środkowym triasie, a kulminacja tych ruchów nastąpiła na przełomie kredy i paleogenu (Marek, Pajchłowa, 1997; Krzywiec, 2000 i 2004). Utwory permu-mezozoiku z wysadami solnymi i ich czapami, o urozmaiconej, skrasowiałej powierzchni, poprzykrywają osady kenozoiku, przede wszystkim czwartorzędu.

W latach 1929-1977 w Wapnie działała kopalnia soli, aż do momentu katastrofalnego jej zalania i likwidacji. Natomiast wysad Góra jest eksploatowany przez Inowrocławskie Kopalnie Soli „Solino” S.A. W Górze pozyskiwana jest solanka metodą otworową; dodatkowo od 2002 działa tu Podziemny Magazyn Ropy i Paliw.

MATERIAŁ BADAWCZY I METODY BADAŃ

Badaniom poddano materiał pozyskany z rozpuszczenia 3 fragmentów rdzeni soli cechsztyńskich, a dokładnie starszych soli kamiennych (Na₂) należących do 2-go cyklotemu ewaporatowego (o masie ok. 0,5-0,7 kg). Dwie próbki soli pochodziły z G-33 (głębokość pobrania 526 m) i G-37 (głębokość pobrania 203 m) wysadu solnego Góra, udostępnionych dzięki uprzejmości Inowrocławskich Kopalni Soli „Solino” S.A., a jedna z C-8 (głębokość pobrania 152,5 m) z wysadu Wapno. Po rozpuszczeniu soli w wodze zebrano część nierozpuszczalną (o masie ok 5-10 g) składającą się głównie z anhydrytu. Z uzyskanego rezydium wybrano (na sucho), z pomocą niewielkiego magnesu, materiał charakteryzujący się wysoką magnetycznością. We wszystkich próbkach materiał ten wystąpił jedynie jako pojedyncze ziarna.

Zebrane ziarna magnetyczne reprezentują dwa typy:

1/ Regularne, kuliste formy, zwane sferulami lub sferulkami osiagające maksymalnie średnicę 200 μm, przeciętnie 70-90 μm (Ryc. 2A-F),

2/ Nieregularne formy, nieforemne odłamki o rozmiarach od 200 do ponad 400 μm (Ryc. 3A-D).

Oba typy materiału (kuliste i nieregularne ziarna) poddano analizie chemicznej z zastosowaniem elektronowego mikroskopu skaningowego firmy Hitachi S-3700N z detektorem EDS typu ultradry o zdolności rozdzielczej (FWHM) 129 eV. Analizy wykonano w niskiej próżni (30 Pa) oraz z wykorzystaniem przystawki BSE. Łącznie badaniom poddano 13 ziaren.

WYNIKI BADAŃ

Wszystkie kuliste formy pochodzące z otworów G-33 i G-37 (wysad Góra) miały bardzo zbliżony skład chemiczny; składały się z 97-100% tlenku żelaza. Nieco mniej jednorodny okazał się skład chemiczny sferul z otworu C-8 (wysad Wapna), gdzie zawartość tlenku żelaza mieściła się granicach 80-98% (ok. 68-70% Fe i ok. 30-32% O). Dodatkowo zauważono, że formom kulistym o niższej zawartości Fe₂O₃ towarzyszą inne pierwiastki np. chrom czy mangan. Skład chemiczny (wyrażony w tlenkach) nieregularnych form magnetycznych wyniósł: 70-87% Fe₂O₃, 2-9% SiO₂, 2,5-5% Al₂O₃, 3-10% MgO. W żadnej z próbek nie odnotowano obecności niklu (Jaworska, Tadych, 2015). Nie jest znany skład mineralny tych ziaren, gdyż tlenek żelaza może być wykształcony w formie: magnetytu, hematytu, wüstytu (wustytu) lub maghemitu. Na uwagę zasługuje charakter powierzchni form kulistych – sferule mają połysk metaliczny i w całości pokryte są kryształami dendrytycznymi (szkieletowymi) czego nie obserwuje się w przypadku ziaren nieregularnych, które wyraźnie stanowią fragmenty większych obiektów. Powierzchnia tych ziaren jest matowa, nierówna i chropowata (Jaworska, Tadych, 2015).

WNIOSKI

Materiał magnetyczny (zarówno kuliste jak i nieregularne ziarna), odnotowany w materiale rezydualnych (pozyskanym z rozpuszczenia soli), nie jest autochtoniczny w stosunku do ewaporatów w których występuje. Niewątpliwie stanowi składnik obcy. Autorka zakłada, że materiał ten może być pochodzenia:

1/ Antropogenicznego i stanowi zanieczyszczenie. Pyły antropogeniczne tworzą się w czasie spalania głównie surowców energetycznych w wysokiej temperaturze. Wydostają się do atmosfery z kominów elektrociepłowni lub powstają w wyniku prac spawalniczych lub spalania paliw w pojazdach mechanicznych. Tego typu pyły są obecne w powietrzu, szczególnie w rejonach zurbanizowanych i zindustrializowanych. Swym składem, wielkością i wyglądem nie różnią się

od części pyłów pochodzenia kosmicznego (np. Horng i in., 2009). Zakładając taką genezę materiału magnetycznego należy uznać, że jego obecność jest efektem zanieczyszczenia - niezachowania sterylności przy pobieraniu lub przechowywaniu i rozpuszczaniu próbek soli.

2/ Kosmicznego i stanowi opad pyłu kosmicznego lub mikrometeorytów. Te drobne obiekty powstają na skutek rozpadu i spalania-topienia większych ciał kosmicznych. Rocznie na Ziemię wg różnych szacunków spada od kilka do kilkanaście tysięcy ton tego materiału (Pettersson, Fredriksson, 1958; Loughheed, 1966; Barker, Anders, 1968). Natomiast Zook (2001) oraz Flynn (2001) podają wartości rzędu 30 tysięcy ton, a Brownlee (2001) nawet 40 tysięcy ton na rok.

Materiał pochodzenia pozaziemskiego jest trudny do wyseparowania i oddzielania od materiału ziemskiego. Jednymi z nielicznych środowisk i utworów pozwalających na wyselekcjonowanie materiału kosmicznego są: lodowce Grenlandii, Antarktydy (np. Wright, in., 1963; Genge, Grady, 1998), ropy głębokomorskie (np. Blanchard i in., 1978, 1980), skały krzemionkowe (czerty, np. Onoue i in., 2011) oraz ewaporaty. Informacje o występowaniu tego typu składników, a dokładnie sferule w solach znajdują się w pracach Mutch (1964 i 1966), Davidsona i in. (2007) oraz Čalogovića i in. (2015). Dwaj pierwsi autorzy opisali sferule o wysokiej zawartości żelaza, natomiast trzeci - sferule o wysokiej zawartości SiO_2 , czyli szkliste. W żadnej z wymienionych prac nie zamieszczono informacji o ziarnach nieregularnych. W polskiej literaturze pyły - kulki kosmiczne w solach Wapna, Inowrocławia, Kłodawy i Wieliczki opisał Mazur (1973), zarówno sferule o wysokiej zawartości żelaza jak również szkliste (przy czym szkliste sferule tylko w solach wielickich). Co ciekawe, dane statystyczne pokazały, że najwięcej kulek zawierają sole z Wapna (39 ziaren na kg skały), następnie z Inowrocławia (19 ziaren na kg skały), natomiast w solach kłodawskich występuje jedynie 7,5 ziaren na kg, a w wielickich zaledwie 3,5 ziarna na kg skały. Skład mineralny ziaren okazał się jednorodny. We wszystkich badanych próbkach soli wystąpiły kulki magnetytu, rzadziej odłamki i wstęgi kamacytu (Mazur, 1973). Poza solami, pyły kosmiczne na terenie Polski opisano w tufogenicznych osadach Śląska Cieszyńskiego i w karbońskich iłach bentonitowych na Górnym Śląsku (Manecki, 1975).

Opisane kulki magnetyczne zbudowane są przede wszystkim z tlenku żelaza. Zalicza się je do typu I (*iron-rich*) sferul (Genge, 2008). Ich pierwotnym materiałem mogły być większe obiekty kosmiczne (np. meteoryty żelazne a przynajmniej bogate w żelazo), które weszły w ziemską atmosferę, uległy gwałtownemu rozgrzaniu (do ponad 1200°C), obtopieniu lub stopieniu. Wg modelu Blancharda i in. (1978), zmodyfikowanego przez Bi i in. (1993) oraz Dekov i in. (2007), na tym etapie może dojść do segregacji materiału w topiącym się lub stopionym obiekcie kosmicznym, a następnie migracji i kon-

centracji niklu (w formie jądra) w jednym miejscu (w centralnej lub w peryferycznej części obiektu). Jądro bogate w nikiel może zostać odrzucone na zewnątrz, poza obiekt kosmiczny, który w ten sposób staje się ubogi lub wręcz pozbawiony niklu. W tym czasie żelazo zawarte w obiekcie kosmicznym utlenia się; powstaje np. magnetyt lub wüstyt (wüstyt). Całość ulega ochłodzeniu, krzepnięciu i w postaci kulistych obiektów - sferul opada na powierzchnię ziemi. Nieco inna może być geneza materiału występującego w formie nieforemnych, nieregularnych magnetycznych ziaren. Powstają one najprawdopodobniej w wyniku rozzerwania zewnętrznych warstw meteorytów na skutek działania przede wszystkim wysokiego ciśnienia; temperatura odgrywa mniejszą rolę (Marini i in., 2004; Uścińowicz, 2008).

Ostateczne i jednoznaczne rozstrzygnięcie genezy przebadanego materiału, pozyskanego z 3 próbek soli pochodzących z wysadów Wapna i Góry nie jest możliwe. Z jednej strony współczesne pyły antropogeniczne są obecne w powietrzu i swym wyglądem nie różnią się od części pyłów pochodzenia kosmicznego. Stąd możliwość i łatwość ich pomylenia z materiałem pozaziemskim. Z drugiej strony zanieczyszczenie soli tylko materiałem antropogenicznym wydaje się mało prawdopodobne. Należy pamiętać, że opad materiału kosmicznego w ilościach kilkudziesięciu ton rocznie jest faktem (np. Zook, 2001; Flynn, 2001; Brownlee, 2001), zatem należy się go spodziewać we współczesnych osadach, jak również w kopalnych utworach, w tym w permskich ewaporatach. Opis materiału pozaziemskiego w solach cechsztyńskich (m.in. w solach wysadów Inowrocław i Wapno) zawiera cytowana już praca Mazura (1973). Reasumując, geneza opisanego materiału magnetycznego, pozyskanego z części nierozpuszczalnych próbek soli pochodzących z wysadów Wapna i Góry, jako materiału tylko antropogenicznego jest mało prawdopodobne. Bardziej realne jest kosmiczne pochodzenie przynajmniej części ziaren.

PODSUMOWANIE

W rezydium pozyskanym z rozpuszczenia soli cechsztyńskich pochodzących z wysadów Wapno i Góra zaobserwowano materiał charakteryzujący się wysoką magnetycznością. Występuje on w postaci:

1/ kulistych ziaren – tzw. sferul spotykanych niezbyt często w badanych solach. Zwraca uwagę ich regularny kształt. Mają metaliczny połysk, a ich powierzchnia pokryta jest dendrytycznymi kryształami. Cechuje je jednorodny (niezróżnicowany) skład chemiczny; zawierają 80-100% Fe_2O_3

2/ nieforemnych ziaren - spotykanych pojedynczo w próbkach. Charakteryzują się nieregularnym kształtem, a ich powierzchnia jest matowa, nierówna i chropowata. Ich skład chemiczny jest bardziej zróżnicowany; zawierają 70-87% Fe_2O_3 . Geneza obu typów ziaren jest problematyczna. Materiał ten może być współczesnym pyłem antropogenicznym, który do-

stał się do próbek soli na skutek nie zachowania ostrożności w czasie pobierania i przechowywania soli przeznaczonych do badań lub też pyłem kosmicznym. W tym drugim przypadku kuliste ziarna - sferule są materiałem powstałym na skutek obtopienia większego obiektu kosmicznego (np. żelaznego meteorytu), który silnie rozgrzał się w czasie przechodzenia przez ziemską atmosferę, zaś nieregularne płytki to rozerwane zewnętrzne powłoki tego obiektu.

CONCLUSION

The residuum obtained after the Zechstein salt samples, originating from the Wapno and Góra salt domes were dissolved, contained material characterised by high magnetism. Two forms of that material were identified:

1) Round grains, or the so-called spherules, which are rarely found in salt samples. Their regular shape and metallic shine were noticeable, with the surface covered with dendritic crystal growth. Homogeneous chemical composition of the spherules was established: 80-100% of Fe_2O_3 .

2) Irregular particles found as individual occurrences in the samples. They were characterized by irregular shapes, with matte, coarse, and uneven surface. The chemical composition of the grains was rather diverse. They contained 70-87% of Fe_2O_3 .

The origin of both spherules and irregular particles remains unexplained. The material can be either present-day anthropogenic dust which covered salt samples as a result of careless salt-core collection and storage before tests, or space dust. In the latter case, the spherules could be separated when a large meteoroid (e.g. an iron meteorite) melted during its passage through the earth atmosphere. Irregular particles can be interpreted as torn-apart external crust of such natural space debris.

LITERATURA/REFERENCES

- BARKER J.L., ANDERS E., 1968. Accretion rate of cosmic matter from iridium and osmium contents of deep-sea sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 32: 627-645.
- BI D., MORTON R.D., WANG K., 1993. Cosmic nickel-iron alloy spherules from Pleistocene sediments, Alberta, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 57, 16, 4129.
- BLANCHARD M.B., BROWNLEE D.E., BUNCH T.E., HODGE P.W., KYTE F.T., 1978. Meteor ablation spheres from deep-sea sediments. NASA Technical Memorandum 78510.
- BLANCHARD M.B., BROWNLEE D.E., BUNCH T.E., HODGE P.W., KYTE F.T., 1980. Meteoroid ablation spherules from deep-sea sediments. *Earth and Planetary Science Letters* 46: 178-190.
- BROWNLEE D.E., 2001. The origin and properties of dust impacting the Earth. In: Accretion of extraterrestrial matter throughout Earth's (eds.) B. Peucker-Ehrenbrink and Schmitz B. Springer Science+Business Media New York.
- ĆALOGVIĆ M., FAZINIĆ S., MARJANAC T., SREMAC J., MARJANAC L., ŠIMIČEVIĆ A., 2015. Chemical Composition of Middle Permian Glass Spherules in External Dinaric Alps, Croatia. In: 46th Lunar and Planetary Science Conference, 16-20.03.2015, The Woodlands, Texas, USA.
- CZAPOWSKI G., TOMASSI-MORAWIEC H., TADYCH J., GRZYBOWSKI Ł. SZTYRAK T., 2009. Wykształcenie i tektonika utworów solnych cechsztynu w wydzie solnym Góra koło Inowrocławia w świetle wyników kompleksowych badań geochemiczno-litologicznych w wybranych otworach wiertniczych. *Prz. Geol.* 57: 494-503.
- DADLEZ R., JÓŹWIAK W., MLYNARSKI S., 1997. Subsidence and inversion in the western part of Polish Basin— data from seismic velocities. *Geological Quarterly* 41:197-208.
- DADLEZ R., MAREK S., 1998. Major faults, salt- and non-salt anticlines. In: Paleogeographic Atlas of Epicontinental Permian and Mesozoic in Poland (1:2500 000) (eds. R. Dadlez, S. Marek and J. Pokorski). Pol. Geol. Inst., Warszawa.
- DADLEZ R., MAREK S., POKORSKI J. (red.), 1998. Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DADLEZ R., MAREK S., RACZYŃSKA A., 1974. Struktury epoki tektonicznej alpejskiej — Polska północno-zachodnia i środkowa [W:] W. Pożaryski (red.) — Budowa geologiczna Polski, 4, cz. 1, Instytut Geologiczny. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- DADLEZ R., NARKIEWICZ M., STEPHENSON R.A., VISSER M.T.M., van WEES J.D., 1995. Tectonic evolution of the Mid-Polish Trough: modelling implications and significance for central European geology. *Tectonophysics* 252: 179-195.
- DAVIDSON J., GENGE M.J., MILLS A.A., JOHNSON D., GRADY M., 2007. Ancient cosmic dust from Triassic halite. In: 38th Lunar and Planetary Science Conference, 12-16 March 2007, Houston, Texas, USA.
- DEKOV V.M., MOLIN G.M., DIMOVA M., GRIGGIO C., RAJTA I., UZONYI I., 2007. Cosmic spherules from metalliferous sediments: A long journey to the seafloor. *N. Jb. Miner. Abh.* 183: 269-282.
- DROGOWSKI J., TADYCH J. 2006. Budowa geologiczna i zagospodarowanie wysadów solnych "Mogilno I" i "Góra" - stan aktualny i perspektywy. *Prz. Geol.* 54: 306.
- FLYNN G.J., 2001. Atmospheric entry heating of interplanetary Dust. In: Accretion of extraterrestrial matter throughout Earth's (eds.) B. Peucker-Ehrenbrink and Schmitz B. Springer Science+Business Media New York.
- GENGE M.J., GRADY M.M., 1998. Melted micrometeorites from Antarctic ice with evidence for the separation of Fe-Ni-S liquids during entry heating. *Meteoritics & Planetary Science* 33, 3:425 - 434.
- GENGE M.J., ENGRAND C., GOUNELLE M., TAYLOR S., 2008. The classification of micrometeorites. *Meteoritics & Planetary Science* 43, 3:497 - 515.
- HORNG C.-S., HUH C.-A., CHEN K.-H., HUANG P.-R., HSIUNG K.-H., LINH.-L., 2009. Air-pollution history elucidated from anthropogenic spherules and their magnetic signatures in marine sediments off southwestern Taiwan. *Journal of Marine Systems* 76: 468-478.
- JAWORSKA J., RATAJCZAK R., 2008. Geological structure of the Wapno Salt Dome in Wielkopolska (western Poland). Prace Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa, 190, 1-69 (in Polish, with English summary).
- JAWORSKA J., TADYCH J., 2015. Materiał magnetyczny w wybranych próbkach soli – badania wstępne (Magnetic material in

- selected salt samples – preliminary study). In: 20th International Salt Symposium QVS, 7-10.2015, Bochnia (Poland), 77-80.
- JAWORSKI A., 1970. Budowa geologiczna antykliny Wapna na tele wyników badań sejsmicznych. *Prz. Geol.* 18: 90-95.
- KRZYWIEC P., 2000. O mechanizmach inwersji bruzdy środkowopolskiej - wyniki interpretacji danych sejsmicznych. *Biul. PIG* 393: 135-166.
- KRZYWIEC P., 2004. Triassic evolution of the Kłodawa salt structure: basement-controlled salt tectonics within the Mid-Polish Trough (Central Poland). *Kwart. Geol.* 48, 2: 123-134.
- LOUGHEED M.S., 1966. A classification of extraterrestrial spherules found in sedimentary rocks and till. *The Ohio Journal of Science* 66, 3: 274-283.
- MANECKI A., 1975. Meteoryty, pyły kosmiczne i skały księżycowe. Seria nauka dla wszystkich nr 251. Państwowe Wydawnictwa Naukowe, 42.
- MAREK S., PAJCHŁOWA M. (red), 1997. Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Pace. P.I.G.*, Warszawa.
- MARINI F., RAUKAS A., TIIRMAA R., 2004. Magnetic fines from the Kaali impact-site (Holocene, Estonia): Preliminary SEM investigation. *Geochemical Journal* 38: 107-119.
- MAZUR L., 1973. Z badań pyłów kosmicznych. Prace Habilitacyjne - Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń, 42.
- MUTCH T.A., 1964. Extraterrestrial particles in Paleozoic salts. *Ann. NY Acad. Sci.* 119: 166-185.
- MUTCH, T.A., 1966. Abundances of magnetic spherules in Silurian and Permian salt samples. *Earth and Planetary Science Letters* 1, 325.
- NARKIEWICZ M., 1997. Sedimentary basin analysis of the Polish Lowlands – an introduction. *Geological Quarterly* 41, 4: 405-418.
- ONOUE T., NAKAMURA T., HARANOSONO H., YASUDA C., 2011. Composition and accretion rate of fossil micrometeorites recovered in Middle Triassic deep-sea deposits. *Geology* 39, 6: 567-570.
- PETTERSSON H., FREDRIKSSON K., 1958. Magnetic spherules in deep-sea deposits. *Pacific Science* 12, 1: 71-81.
- ŚLIZOWSKI K., SAŁUGA P., 1996. Surowce mineralne Polski. Surowce chemiczne. Sól kamienna. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN, Kraków
- UŚCINOWICZ G., 2008. Materia pozaziemska w otoczeniu kraterów meteorytowych Kaali (Estonia). *Geologos* 14, 2: 211-219.
- WRIGHT F.W., HODGE P.W., LANGWAY C.C. Jr., 1963. Studies o particles for extraterrestrial origin: 1. Chemical analyses of 118 particles. *J. of Geophys. Res.* 68, 19: 5575-5587.
- ZOOK H.A., 2001. History spacecraft measurements of the cosmic dust flux. In: Accretion of extraterrestrial matter throughout Earth's (eds.) B. Peucker-Ehrenbrink and Schmitz B. Springer Science+Business Media New York.
- ŻELAŻNIEWICZ A. (red.), 2011. Regionalizacja tektoniczna Polski, Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław.