



Material magnetyczny w części nierozpuszczalnej soli wysadu Góra (otwór G-40) – najnowsze wyniki i ich odniesienie do wcześniejszych prac

Magnetic particles in the insoluble material from Góra Salt Dome (G-40)
– the latest results and their reference to previous works

Joanna JAWORSKA¹, Krzysztof BOROWCZYK

¹Institut Geologii UAM, ul. B. Krygowskiego 12, 61-680 Poznań, e-mail: veronika@amu.edu.pl

STRESZCZENIE

W celu zbadania pochodzenia materiału magnetycznego w próbkach soli cechsztyńskich przeanalizowano dostępny, siedmiometrowy fragment rdzenia G-40, z głębokości 510-528 m p.p.t., pozyskanego z wysadu Góra (ryc. 1). Szczególną uwagę poświęcono wykluczeniu możliwości udziału materiału pochodzenia antropogenicznego wśród materii magnetycznej stanowiącej składniki rezyduum z rozpuszczenia soli.

Łącznie rozpuszczono 96,874 kg soli cechsztyńskiej uzyskując po osuszeniu 1069,8 g suchej pozostałości. Średnia zawartość rezyduum dla przebadanych fragmentów rdzenia wyniosła 1,12%. Wśród materiału magnetycznego zebrano jedynie nieregularne, blaszkowate ziarna o rozmiarach od 150 do ok. 400 μm (ryc. 2). Przebadane ziarna magnetyczne zawierają 52,7-84,2 % tlenku żelaza Fe_2O_3 , ok. 0,3-3,04% tlenku glinu, a także krzemionkę, sód, wapń lub mangan. W 2 próbkach odnotowano obecność cynku oraz w pojedynczych molibdenu, wolframu, a także fosforu.

Ponieważ każdy etap pracy przygotowawczej, a także późniejszej, laboratoryjnej odbywał się ze szczególną dbałością o zachowanie sterylności próbek, należy wykluczyć możliwość udziału – przedostania się do analizowanego materiału składników pochodzenia antropogenicznego. Zatem pochodzenie kosmiczne materiału magnetycznego o kształtach nieregularnych jest bardzo prawdopodobne. W badanym materiale nie stwierdzono obecności żadnej formy kulistej – sferuli. Tym samym obecność form kulistych – sferulek w większych ilościach (zob. praca L. Mazura 1973, tab. 1), może budzić wątpliwości.

Słowa kluczowe: sole cechsztyńskie, rezyduum, składniki magnetyczne, antropogeniczny czy pozaziemski materiał

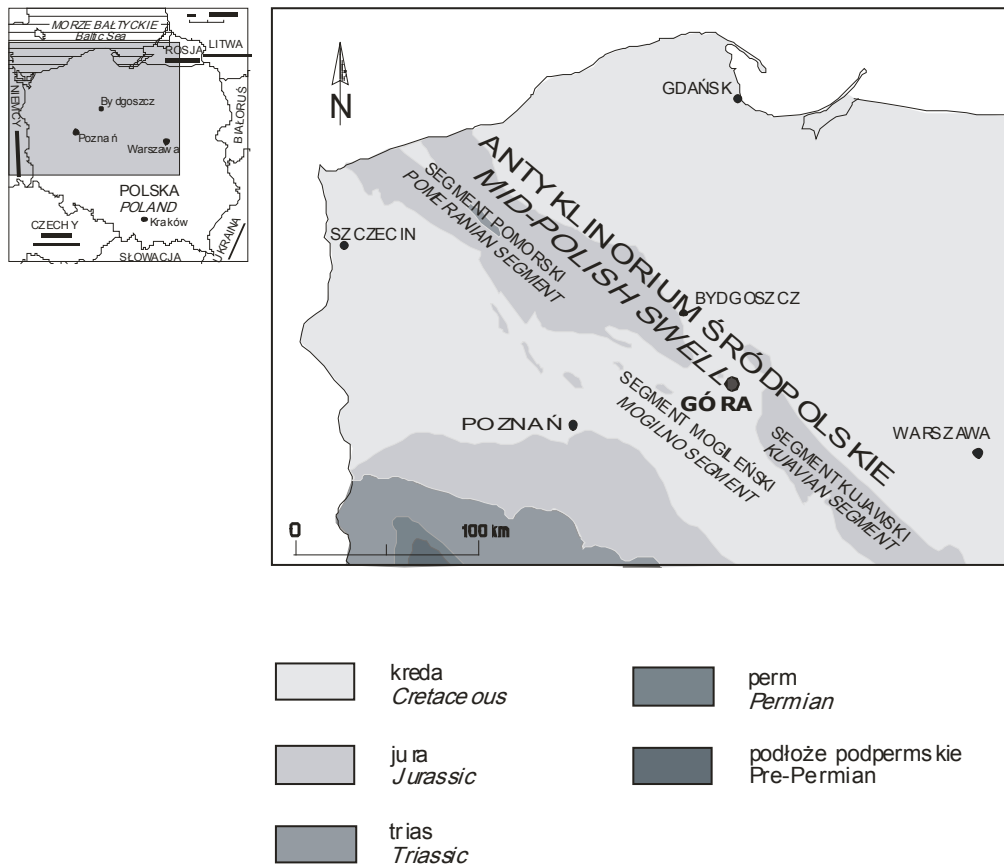
ABSTRACT

Near 97 kg of salt samples from borehole G-40 from Góra Salt Dome (fig. 1) was obtained and dissolved. There was analysed insoluble material, which was characterized by high magnetisation. All analyzed salt samples come from 2-nd Zechstein (Late Permian) cyclothem Stassfurt, from deep 510-528 m b.g.l. The collected material (15 grains) are representing only one type form - irregular particles, plates form of size 150 to over 400 μm (see fig. 2). There was not noted any regular, spherical form – spherules. This material was analysed using the SEM - EDS. The chemical composition of particles ranges from 52,7 to 84,2 % iron oxide and 0,3-3,04 % aluminium oxide. In none of the samples was noted Ni. Irregular particles have rough surface and sharp edges. The origin of this material can be extraterrestrial. Highly probably that this particles are cosmic dust, micrometeorites or small shattered fragments of bigger meteorite body. The possibility of participation of anthropogenic material as accidental contamination of analyzed samples has been rather excluded.

Key words: Zechstein salt, residuum, magnetic particles, anthropogenic or extraterrestrial material

WSTĘP

Wysad Góra stanowi jedną z wielu struktur solnych na Niziu Polskim. Znajduje się na terenie województwa kujaw-



Ryc. 1. Lokalizacja wysadu solnego Góra na tle odkrytej, uproszczonej mapy geologicznej Polski (za Narkiewicz, 1997)
Fig. 1. Simplified geological map of Poland without Cenozoic and location of Góra Salt Structure (after Narkiewicz, 1997)

sko-pomorskiego, kilka km od Inowrocławia, na granicy antyklinorium śródpolskiego (*Mid-Polish Swell*) i synklinorium szczecińsko-miechowskiego, między segmentem mogileńskim (*Mogilno Segment*) i kujawskim (*Kuiavian Segment*; ryc. 1).

Wysad Góra uformował kulminację w obrębie większego ciała solnego - poduszki solnej Radziejowa, rozwiniętej w strefie uskoku o ogólnym przebiegu NW-SE, równoległe do antyklinorium śródpolskiego. W przekroju pionowym przybiera formę kopuły, która rozszerza się od strony południowo-wschodniej i pochyla w kierunku północno-zachodnim. W przekroju poziomym ma kształt zbliżony do elipsy, o wymiarach 1,0 - 0,9 km (Garlicki red., 1988; Szybist, 2003). Strop wysadu przykrywa czapa gipsowo-anhydrytowa lub ilasto-gipsowa o miąższości od 34 do 116 m; lustro solne znajduje się na głębokości od 101 do 172 m (Szybist, 2003; Drogowski i Tadych, 2006; Czapowski i in., 2009). Centralną część wysadu budują utwory cechsztyńskich ewaporatów, gł. sole kamienne drugiego cyklotemu (PZ2) reprezentowane przez starszą sól kamienną (Na2). W otoczeniu wysadu znajdują się utwory mezozoiku przez które przebieżyły się ewaporaty cechsztyńskie stopniowo formując diapir. Do pierwszych przemieszczeń tych soli doszło już w środkowym triasie, natomiast najbardziej intensywny ruch soli miał miejsce na przełomie kredy i paleogenu (Marek i Pajchłowa, 1997; Krzy-

wiec, 2000 i 2004). Zarówno utwory permo-mezozoiku, jak i silnie skrasowiała powierzchnię czapy wysadu, przykrywają osady kenozoiku, gł. czwartorzędowe gliny zwałowe, piaski, żwiry i iły (Szybist, 2003).

Wysad Góra jest obecnie eksploatowany przez Inowrocławskie Kopalnie Soli „Solino” S.A. W kopalni pozyskiwana jest solanka metodą otworową. W 2002 uruchomiono tu Podziemny Magazyn Ropy i Paliw.

MATERIAŁ BADAWCZY I METODY BADAŃ

Do badań wykorzystano siedmiometrowy rdzeń soli, podzielony na 64 próbki, odwiercony na wysadzie w 2013 roku przez Inowrocławskie Kopalnie Soli SOLINO S.A. Łącznie rozpuszczono 96,874 kg soli cechsztyńskiej, z której uzyskano po osuszeniu 1069,8 g suchej pozostałości. Średnia zawartość rezydium wyniosła 1,12%. Analizom poddano materiał pozyskany z otworu G-40 z głębokości 510-528 m.p.p.t. Sole te zaliczono do poziomu starszych soli kamiennych (Na2) PZ2 (Karta otworu eksploatacyjnego, IKS Solino S.A., 2013). Należy podkreślić, że każdy etap pracy przygotowawczej, a później laboratoryjnej odbywał się ze szczególną dbałością o zachowanie czystości próbek, tak aby uniknąć możliwości zanieczyszczenia badanego materiału. Stąd w pierwszej kolejności wyszorowano fragmenty rdzeni solnych pod bieżącą wodą, a w czasie ich rozpuszczania naczynie było szczelnie

Tabela 1. Skład chemiczny 5 ziaren magnetycznych (A-E) w ujęciu procentowym (%)*Table 1. Chemical composition of 5 magnetic particles (A-E) in percent (%)*

próbkka sample	A	B	C	D	E
skład chemiczny [w %] chemical composition [in %]					
Fe ₂ O ₃	77.72	84.18	83.82	78.27	52.7
CO ₂	16.31	11.2	12.26	16.66	22.85
Al ₂ O ₃	0.59	2.6	3.04	2.58	0.3
ZnO	2.52				13.81
CaO	0.26	0.7	0.37	0.57	1.88
SiO ₂	1.86	0.66			5.36
SO ₃		0.67		0.72	0.92
Na ₂ O			0.51		
MnO				0.93	
V ₂ O ₅				0.26	
P ₂ O ₅					0.57
Cl					1.88
MoO ₃	0.73				
suma totality	99.99	100.01	100	99.99	100.27

przykryte. Kontakt z powietrzem w pomieszczeniu laboratorium zebranego materiału był ograniczony do minimum. Należy założyć, że analizowane próbki nie uległy kontaminacji materiałem obcym, szczególnie antropogenicznym.

Część wyseparowanego materiału poddano analizie chemicznej z zastosowaniem elektronowego mikroskopu skaningowego firmy Hitachi S-3700Nz detektorem EDS typu ultradry o zdolności rozdzielczej (FWHM) 129 eV. Łącznie tym badaniom poddano 5 ziaren.

WYNIKI BADAŃ

Po rozpuszczeniu soli w wodze zebrano część nierozpuszczalną, z której wybrano materiał charakteryzujący się wysoką magnetycznością z pomocą magnesu. Łącznie zebrano 15 tego typu ziaren, średnio 2 ziarna na 1 mb rdzenia lub 6,4 ziarna w przeliczeniu na 1 kg soli. W pozostałej części materiału rezydualnego stwierdzono obecność anhydrytu – jest on głównym składnikiem (ok. 99%), dodatkowo odnotowano pojedyncze, automorficzne kryształy dolomitu, kwarcu, pirytu oraz w jednym przypadku agregat siarki rodzimej.

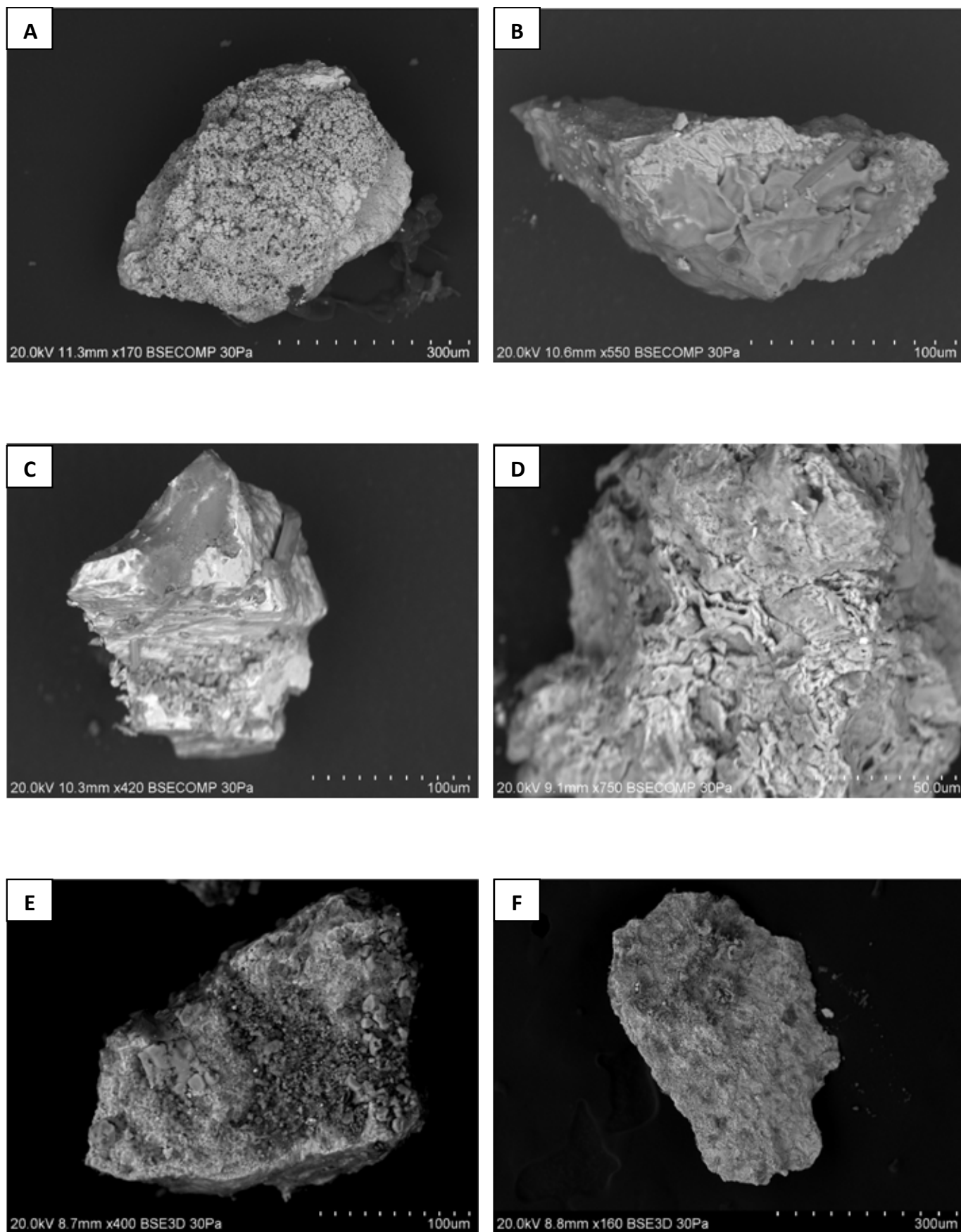
Wszystkie badane ziarna magnetyczne mają bardzo zbliżony skład chemiczny (tab. 1), który został wyrażony w tlenkach (z wyjątkiem chloru). Zawierają 52,7-84,18% tlenku żelaza Fe₂O₃ (w większości przekraczając 70%), ok. 0,3-3,04% tlenku glinu oraz zazwyczaj poniżej 2-1,5% krzemionki, tlenku sodu, wapnia lub manganu. W 2 próbkach odnotowano obecność cynku (2,52 i 13,81% ZnO) oraz w pojedynczych molibdenu (0,73% MoO₃), wolframu (0,26% V₂O₅), a także fosforu (0,57% P₂O₅). Nie odnotowano obecności niklu. Trudno precyzyjnie określić skład mineralny tych ziaren, ponieważ oznaczony tlenek żelaza może być wykształco-

ny jako: magnetyt, hematyt, wüstyt (wustyt) lub maghemit. Zebrane pojedyncze ziarna magnetyczne reprezentują tylko jeden typ morfologiczny materiału, tj. nieregularne formy, nieforemne odłamki większych obiektów osiągając rozmiary/długości rzędu od 150 do ok 400 μm (ryc. 2 A,B,C,D). Ich powierzchnia jest matowa, nierówna i chropowata. Wartym podkreślenia jest fakt, że nie znaleziono żadnego ziarna kulistego – sferuli.

WNIOSKI

Nieregularne magnetyczne ziarna pozyskane w materiale rezydualnym z rozpuszczenia soli cechsztyńskich z wysadu Góra są składnikiem obcym – allochtonicznym dla soli tych ewaporatów, w przeciwieństwie do anhydrytu czy dolomitu występującego w rezydium. Współautorka niniejszego artykułu już rozważała dwie możliwości odnoszące się do obecności materiału magnetycznego w suchej pozostałości w niedużych próbkach soli pochodzących z fragmentów rdzeni z wysadów Wapno i Góra (otwory: G-33 z głębokości 526 m i G-37 z głębokości 203 m). Jedną z koncepcji zakładała ich pochodzenie antropogeniczne, a druga - kosmiczne (Jaworska, 2015).

W tym pierwszym przypadku ziarna magnetyczne tworzą się podczas spalania paliw kopalnych, ścierania się części układów hamulcowych oraz części silnika w pojazdach (Bourliva i Papadopoulou, 2015). Wydostają się także z kominów pieców domowych, hutniczych czy też fabryk (Hornig i in., 2009; Kim i in., 2009). Ich obecność notuje się w powietrzu oraz w osadach w rejonach zurbanizowanych i zindustrializowanych. Zakładając taką genezę materiału magnetycznego należy uznać, że jego obecność jest efektem braku zachowa-



Ryc. 2. Nieregularne magnetyczne formy, próbka Góra G-40 (A, B, C, D) i Góra G-37 (E, F); obraz BSE
 Fig. 2. Irregular magnetic particles, sample Góra G-40 (A, B, C, D) and Góra G-37 (E, F); BSE image

nia ostrożności oraz sterylności przy pobieraniu, przygotowywaniu i rozpuszczaniu próbek soli (Jaworska, 2015).

W drugim przypadku materiał magnetyczny ma genezę pozaziemską. Jest efektem opadu pyłu kosmicznego lub mikrometeorytów (albo fragmentów większego ciała kosmicznego) do zbiornika sedymentacyjnego. Wg różnych autorów co roku na Ziemię spada od kilku do kilkunastu tysięcy ton tego typu materiału (Pettersson i Fredriksson, 1958; Loughed, 1966; Barker i Anders, 1968). Zook (2001) oraz Flynn (2001) szacują wielkość opadu materiału pozaziemskiego na ok. 30 tysięcy ton, a Brownlee (2001) nawet na 40 tysięcy ton w skali rok.

Współcześnie bardzo trudno jest odróżnić materiał pochodzenia pozaziemskiego od zanieczyszczeń antropogenicznych. Należy się liczyć, że co najmniej od kilku wieków (a przynajmniej od czasów rewolucji przemysłowej) oba typy składników mogą ze sobą współwystępować. Szacowanie wielkości opadu materii pozaziemskiej jest możliwe tylko w oparciu o materiał kopalny, szczególnie nadają się do tego ility głębokomorskie (np. Blanchard i in., 1978 i 1980), skały krzemionkowe (czerty, np. Onoue i in., 2011), ewaporaty (Davidson i in., 2007; Mutch, 1964 i 1966) oraz rdzenie lodu pobranego z Grenlandii, Antarktydy (np. Wright i in., 1963; Genge i Grady, 1998).

We wspomnianej literaturze najczęściej opisywaną formą występowania materii pozaziemskiej są formy kuliste, czy też kulki kosmiczne, zwane sferulami (sferulkami). Wyróżnia się ich kilka typów, np. o powierzchniach gładkich, czy też mających charakterystyczną rzeźbę dendrytyczną, o wielkości kilkudziesięciu do ok. 100 μm i różnym składzie chemicznym (od zawierających gł. szkliwo po bogate w Fe), np. Gange i in. (2008). Natomiast niewiele miejsca poświęca się innym składnikom, nieforemnym ziarnom, przypominającym fragmenty płytek, o chropowatej powierzchni, o zaokrąglonych lub ostrych krawędziach. Osiągają one często wielkość ponad 100 μm .

Najszerzej kwestią obecności materii pozaziemskiej w polskich złożach soli zajmował się Leopold Mazur. W 1973

ukazała się drukiem jego praca habilitacyjna zatytułowana *Z badań pyłów kosmicznych*. Autor przebadał sole pochodzące z kopalń: Wieliczka, Wapno, Inowrocław i Kłodawa, koncentrując się na kulkach kosmicznych zbudowanych z magnetytu (zob. tab. 2).

Wg cytowanego autora najwięcej kulek magnetytowych zawierają sole z Wapna (39 ziaren na kg skały), a w dalszej kolejności z Inowrocławia (19,3 ziarna na kg skały), z Kłodawy (7,5 ziarna na kg) i z Wieliczki (zaledwie 3,5 ziarna na kg skały). W tym zestawieniu mocno zastanawiający jest wynik uzyskany z soli wysadu Góra. Wielkość analizowanego materiału (blisko 97 kg soli) jest porównywalna do masy próbki z wysadu Inowrocławia (103,4 kg) i który leży najbliżej wysadu Góra. W przypadku materiału pochodzącego z Inowrocławia ilość kulek magnetycznych przypadająca na kilogram soli wynosi 19 podczas gdy w Górze (G-40) nie odnotowano ani jednej! Sferule magnetyczne w solach wysadu Góra opisano z otworów G-33 i G-37, przy czym wówczas nie rozstrzygnięto jednoznacznie ich pochodzenia – a w każdym razie nie wykluczono ich antropogenicznej genezy (Jaworska, 2015). W tym kontekście i w świetle nowych badań wydaje się bardziej zasadne stwierdzenie, że opisane kuliste ziarna magnetyczne mają raczej antropogeniczne pochodzenie. Zatem ich obecność oznacza kontaminację badanego materiału obcymi składnikami unoszącymi się w atmosferze i mającymi dostęp do analizowanych próbek.

W opisywanym materiale – pochodzącym z soli wysadu Góra (G-40) – pozyskano tylko składniki magnetyczne będące nieregularnymi, nieforemnymi ziarnami o chropowatej powierzchni. Ich wielkość i skład jest zbliżony do wyników uzyskanych z analiz innych próbek soli z tego samego wysadu: G-33 i G-37 (zob. ryc. 2. D,E). Skład chemiczny tych nieforemnych, magnetycznych ziaren z rdzeni G-33 i G-37 wyniósł: 70-87% tlenku żelaza, 2,5-5% tlenku glinu. I w tym przypadku w żadnej z próbek nie odnotowano obecności niklu (Jaworska i Tadych, 2015; Jaworska, 2015).

Genezę opisywanych składników - nieregularnych magnetycznych ziaren - tłumaczy się opadem pyłu kosmicznego

Tabela 2. Zawartość liczbowa i udział procentowy kulek magnetycznych (sferuli) w wybranych złożach soli (na podstawie Mazura, 1973 – dotyczy Wapna, Inowrocławia, Kłodawy i Wieliczki oraz własnych obserwacji - Góra)

Table 2. Content of magnetic spherules in selected salt deposits (based on Mazur, 1973 - Wapno, Inowrocław, Kłodawa and Wieliczka as well as observation of authors - Góra)

miejscowość <i>localization</i>	masa próbki soli [kg] <i>weight of the salt sample [kg]</i>	liczba kulek (sferuli) magnetytu <i>the number of magnetite spherules</i>	
		ogólna <i>general</i>	na kg soli <i>per kg of salt</i>
Wapno	77,5	2995	39
Inowrocław	103,4	1999	19,3
Kłodawa	118	877	7,5
Wieliczka	90	320	3,5
Góra (G-40)	96,9	0	0

albo, co bardziej prawdopodobne, są małymi fragmentami większych obiektów pozaziemskich. Mogą one powstać na skutek destrukcji, defragmentacji zewnętrznych warstw meteorytów w wyniku działania wysokiego ciśnienia; przy czym temperatura odgrywa tu podrzędną rolę. Nie uległy przetopieniu w przeciwieństwie do form kulistych - sferuli (Marini i in., 2004; Uścińowicz, 2008). Skład chemiczny analizowanego materiału (wysoki udział Fe_2O_3) wskazywałby na materię, obiekty bogate w żelazo, np. meteoryty żelazne.

PODSUMOWANIE

W rezydium pozyskanym z rozpuszczenia soli cechsztyńskich pochodzących z wysadu Góra, z otworu G-40, wyseparowano materiał (15 sztuk) charakteryzujący się wysoką magnetycznością. Jego zawartość w przeliczeniu na 1 kg soli wyniosła 6,4 ziarna. Występuje on w postaci pojedynczych nieforemnych składników, o nieregularnych kształtach, osiągając wielkość rzędu 150 - 400 μm . Powierzchnia tych ziaren jest matowa, nierówna i chropowata.

Skład chemiczny szczegółowo przebadanych 5 tego typu ziaren wykazał, że zawierają ok. 52,7-84,2% tlenku żelaza Fe_2O_3 , ok. 0,3-3,04% tlenku glinu oraz zazwyczaj niewielkie ilości krzemionki, tlenku sodu, wapnia, manganu. Odnotowano obecność cynku, molibdenu, wolframu, a także fosforu. Geneza tych ziaren magnetycznych wydaje się dość jednoznaczna. W przypadku soli pozyskanych z rdzenia otworu G-40, ze względu na sposób preparatyki i zachowanie szczególnej ostrożności i sterylności badanego materiału, należy wykluczyć z dużym prawdopodobieństwem udział w suchej pozostałości składników pochodzenia antropogenicznego. Zatem są najprawdopodobniej składnikami powstałymi na skutek rozerwania zewnętrznych powłoki materii meteorytowej (meteorytów bogatych w żelazo), czy też ogólnie są składnikami materii kosmicznej.

Wydaje się też, że należy podchodzić z dużą dozą ostrożności do wyników przedstawionych w pracy Leopolda Mazura (1973). Tak wysoki udział kulistych składników magnetycznych w części próbek, jaką przedstawił ten autor, może budzić duże wątpliwości i należy rozważyć możliwość przedostania się do analizowanego rezydium materiału antropogenicznego. Niewątpliwie poruszona problematyka przedstawiona w niniejszym artykule może posłużyć za kolejny etap w dyskusji nad obecnością i zachowaniem materii pozaziemskiej w polskich złożach soli.

SUMMARY

Some residual material (15 particles) from the dissolution of Zechstein's salt from the Góra Salt Dome, from the core G-40, was characterized by high magneticity. The content of particles per 1 kg of salt was 6.4 grains. These particles have irregular shapes, reaching a size of 150 - 400 μm . Their surface

is dull and rough. The chemical composition of 5 analyzed grains (see table. 1) showed that they contain about 52.7-84.2% Fe_2O_3 iron oxide, about 0.3-3.04% aluminium oxide and usually small amounts of silica, sodium, calcium oxides. Zinc, molybdenum, wolfram and phosphorus have been noted also.

These results were compared to the others: Mazur (1973; see tab. 2) and Jaworska (2015). Due to the way of preparation and preservation of the particular caution and sterility of the analyzed material, the participation of anthropogenic components in the residue can be excluded. Therefore, magnetic particles are (most likely) components of extraterrestrial matter (ex. iron-rich meteorites). Undoubtedly, the issue presented in this article can be used as the next stage in the discussion on the presence and preservation of extraterrestrial matter in Polish salt deposits.

Wyniki badań zaprezentowane w niniejszym artykule stanowią część pracy magisterskiej jej współautora - Krzysztofa Borowczyka (*Skład mineralny części nierozpuszczalnych z wybranych poziomów soli cechsztyńskich z otworu G-40; wysad solny Góra*), realizowanej w Instytucie Geologii UAM. Autorzy dziękują Inowrocławskim Kopalniom Soli „Solino” S.A., a szczególnie Pani Joannie Tadych za pomoc i udostępnienie fragmentów rdzeni soli do analiz.

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.
- 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.
- BOURLIVA A., PAPADOPOULOU L., 2015. Microstructural characteristics of magnetic particles in urban and industrial dusts from Thessaloniki area, Greece: preliminary results. In: Proceedings of the 14th International Conference on Environmental Science and Technology, 3-5.09.2015, Rhodes, Greece.
- BROWNLEE D.E., 2001. The origin and properties of dust impacting the Earth. In: *Accretion of extraterrestrial matter through out Earth's* (eds.) B. Peucker-Ehrenbrink and Schmitz B. Springer Science+Business Media New York.
- CZAPOWSKI G., TOMASSI-MORAWIEC H., TADYCH J., GRZYBOWSKI Ł., SZTYRAK T., 2009. Wykształcenie i tektonika utworów solnych cechsztynu w wysadzie solnym Góra koło Inowrocławia w świetle wyników kompleksowych badań geochemiczno-litologicznych w wybranych otworach wiertniczych. *Prz. Geol.* 57: 494-503.
- 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, 12-16.03.2007, Houston, Texas, USA.

- DROGOWSKI J., TADYCH J. 2006. Budowa geologiczna i zagospodarowanie wysadów solnych „Mogilno I” i „Góra” - stan aktualny i perspektywy. *Przegląd Geologiczny* 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.
- GARLICKI A. (red.), 1988. Charakterystyka przemysłu solnego w Polsce i jego możliwości produkcyjne z uwzględnieniem rozszerzenia zasobów o sól występującą jako surowiec towarzyszący w złożach innych kopalni. *Arch. Zakł. Złóż Rud i Soli AGH*.
- 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 and LINH.-L., 2009. Air-pollution history elucidated from anthropogenic spherules and their magnetic signatures in marine sediments off south western Taiwan. *Journal of Marine Systems* 76: 468-478.
- JAWORSKA J., 2015. Materiał magnetyczny w próbkach soli z wysadów solnych Góra i Wapno (Magnetic material contained in the salt samples from the Góra and Wapno salt domes). *Przegląd Solny. Salt Review* 11: 78–82.
- 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. Abstrakt: 77-80.
- KIM W., DOH S.J., YU Y., 2009. Anthropogenic contribution of magnetic particulates in urban roadside dust. *Atmos. Environ.* 43: 3137–3144.
- KRZYWIEC P., 2000. O mechanizmach inwersji bruzdy środkowopolskiej - wyniki interpretacji danych sejsmicznych. *Biul. P.I.G.* 393: 135-166.
- KRZYWIEC P., 2004. Triassic evolution of the Kłodawa salt structure: basement-controlled salt tectonics within the Mid-Polish Trough (Central Poland). *Kwartalnik Geologiczny* 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.
- 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.
- SZYBIST A., 2003. Struktury solne regionu kujawskiego. W: *Bujakowski W. (red.): Termiczna charakterystyka górotworu w rejonie wysadów solnych. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków*, 15–37.
- 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 extra-terrestrial origin: 1. Chemical analyses of 118 particles. *J. of Geophys. Res.* 68 (19): 5575-5587.
- ZOOK H.A., 2001. History space craft 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.