

Automorficzne kryształy kwarcu z wysadu solnego Wapna

Joanna Jaworska*

Euhedral quartz crystals from salt diapir near Wapno (central Poland). *Prz. Geol.*, 52: 64–68.

Summary. Euhedral quartz crystals were discovered in rocks forming top of Wapno diapir (North Poland) by drilling. Quartz crystals were found in: 1) Tertiary [Paleogene? Neogene?] sands covering gypsum cap-rock, 2) gypsum forming cap-rock and 3) Late Permian salts. Three forms of quartz crystals were distinguished: a) single, euhedral crystals of short pseudo-hexagonal prisms terminated by rhombohedrons equally developed on both ends (0.5–2.0 mm long), b) aggregates of few crystals terminated by rhombohedrons (up to 2 mm of diameter) and c) “rosettes” in which perfectly terminated crystals radiate in all directions (max. diameter 2.0 mm). A few single quartz crystals contain inclusions of anhydrite. The origin of quartz crystals is discussed and model of quartz crystallization in evaporate basin is presented. The host rock of quartz could be salt and after salt dissolution, the crystals were embedded in cap-rock gypsum. The presence of euhedral quartz crystals in sands covering cap-rock can be simply explained by dissolution of cap-rock gypsum. It means that quartz crystals in sands are a residual compound.

Key words: euhedral quartz crystals, genesis, salt diapir, gypsum cap-rock, Polish Lowland

Podczas badań petrograficznych utworów nawierconych na wysadzie solnym w Wapnie ([W:] Górski i in., 2001) stwierdzono stosunkowo często występujące kryształy automorficznego kwarcu w osadach przykrywających czapę gipsową, samych gipsach tworzących czapę oraz solach diapiru. Problem genezy i występowania tych kryształów w tak zróżnicowanych utworach na Niżu Polskim nie był dotychczas rozważany. Celem niniejszego artykułu jest wyjaśnienie pochodzenia kryształów kwarcu w obrębie wysadu i jego nadkładu.

W piaskach i piaskowcach towarzyszących węglom brunatnym na Niżu Polskim często są spotykane „kwarcytowe” ciała (gniazda, konkrety, soczewki), których spoiwo ma charakter opalu lub chalcedonu (Chmura & Lewowicki, 1957; Juskowiak, 1957; Milewicz & Grocholski, 1960; Oberc & Dyjor, 1971), rzadko notowano szczotki kryształu górskiego w szczelinach (Oberc & Dyjor, 1971), a także autogeniczne kryształy kwarcu osiągające wielkość do 15 μm o pokroju słupowym (Górniak i in., 1996); pochodzenie tych ciał i kryształów było dyskutowane przez wymienionych autorów.

Automorficzne kryształy kwarcu w utworach cechsztynu w Polsce stwierdzili Kłapciński i Kornaś (1967) w brekcji anhydrytowej cyklotemu Werra oraz Bereś i Kijewski (1971) w skałach węglanowych dolnego cechsztynu, natomiast dotychczas nie odnotowano ich jednoczesnego występowania w solach, czapie gipsowej i jej nadkładzie na Niżu Polskim. Doskonale wykształcone kryształy kwarcu w formacjach salinarnych są znane ze skał permskich i triasowych w rejonie Weser–Ems w Niemczech (Schettler, 1972) oraz utworów miocenu zapadliska przedkarpacciego na terenie Ukrainy (Kityk in., 1983). Opisy kwarcu autogenicznego z czap wysadów solnych Niziny Zatokowej (USA) opublikowali Brown (1931) i Goldman (1952). Problemem genezy kwarcu w ewaporatach oraz skałach węglanowych zajmowali się m.in.: Grimm (1962), Milliken (1979), Friedman i Shukla (1980), Chafetz i Zhang (1998).

Sytuacja geologiczna

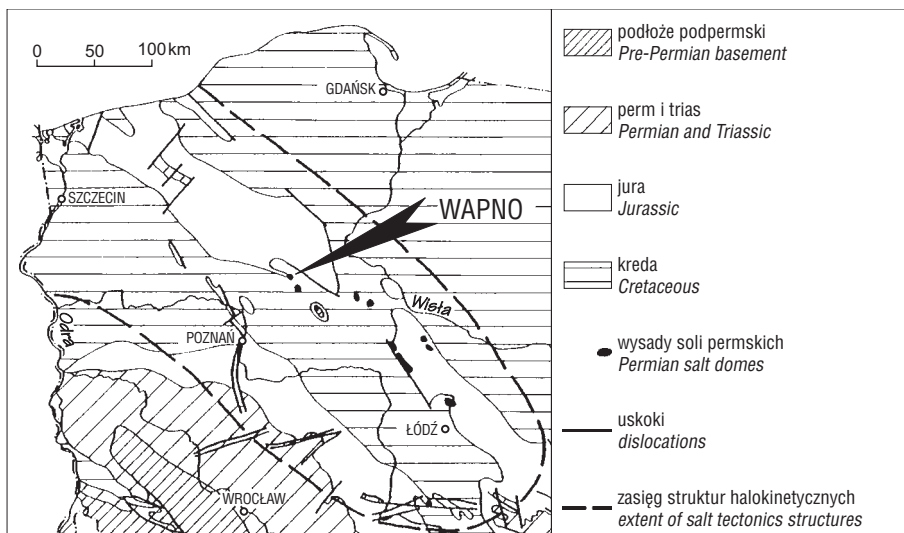
Wapno jest położone w południowej części Pojezierza Chodzieskiego, ok. 70 km na północny wschód od Poznania. Rzeźba tego pojezierza została ukształtowana podczas stadiału leszczyńsko-poznańskiego zlodowacenia wistły. W rejonie tym znajduje się wysad solny Wapna (jeden z najmniejszych diapirów Niżu Polskiego). Leży on na granicy niecki mogileńskiej i wału kujawskiego, w południowo-zachodniej części centralnego obszaru struktur solnych, w obrębie pasma antyklin salinarnych (Mogilno–Damasławek–Wapno–Piła), o kierunku NW–SE (Dadlez & Marek, 1969; Dadlez i in. [W:] Pożaryski, 1974). Wysad solny Wapna leży w osi antykliny, która zbudowana jest z wypiętrzonych utworów jurajskich i dolnokredowych, w jądrze której przebiły się sole cechsztynu (ryc. 1). Utwory jurajskie są wychylone w strefie przywysadowej, a kredowe — wyklinowane na skrzydłach struktury solnej (Jaworski, 1970). Wysad solny Wapna wykorzystał szczelinę uskokową zlokalizowaną na skłonie wału kujawskiego, w którą zostały wciśnięte utwory cechsztyńskiej grupy solonośnej z głębokości ok. 6 km (Dadlez i in. [W:] Pożaryski, 1974).

Strop soli (zwierciadła solnego) znajduje się stosunkowo płytko, bo na głębokości ok. 160–180 m. Sam diapir ma maczugowaty kształt; przykrywa go i otula czapa gipsowa, a wyżej gipsowo-ilasta, której miąższość waha się od 20 do 160 m (ryc. 2). Czapa ma urozmaiconą powierzchnię stropową; miejscami wychodzi na powierzchnię terenu, częściej jest przykryta osadami trzeciorzędowymi i czwartorzędowymi — piaskami, mułkami (niekiedy z cienkimi pokładami węgla brunatnych), iłami i gliną zwałową (Ratajczak, 2001). Gipsy należące do czapy, a odsłaniające się na powierzchni terenu, były przedmiotem eksploatacji odkrywkowej już w średniowieczu.

Pochodzenie materiału

Źródłem materiału do przeprowadzenia obserwacji były próbki skalne z rdzeni wiertniczych, zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie czapy i na czapie, reprezentujące: 1) trzeciorzędowe osady okrucowe (piaski średnioziarniste) stanowiące nadkład czapy, 2) skały gipsowe czapy oraz 3) sole stropowej części wysadu. Automor-

*Instytut Geologii UAM, ul. Makow Polnych 16, 61-686 Poznań



Ryc. 1. Lokalizacja wysadu Wapna na tle odkrytej (bez trzeciorzędu i czwartorzęd) mapy geologicznej Polski według Ratajczaka (2000)

Fig. 1. Location of Wapno salt diapir at the background of uncovered (without Tertiary and Quaternary) map of Poland after Ratajczak (2000)

ficzne kryształy kwarcu wyseparowano podczas analizy osadów okrucowych nadkładu. Obserwacjom poddano 147 ziaren należących do frakcji powyżej 0,5 mm (średnica wszystkich kryształów nie przekroczyła 2 mm). Obecność automorficznych kryształów kwarcu w obrębie czapy gipsowej i gipsowo-ilastej odnotowano w kilku płytkach cienkich. W celu uzyskania większej liczby tych kryształów, jako materiału porównawczego, rozpuszczono ok. 450 g gipsu (3 próbki), pozyskując w nierozpuszczalnej pozostałości 10 kryształów kwarcu. Zbadano również kryształy kwarcu występujące w soli; rozpuszczając ok. 300 g NaCl uzyskano 5 kryształów tego minerału.

Opis automorficznych kryształów kwarcu

Automorficzne kwarcy z wysadu solnego Wapna występują w formie:

- 1) pojedynczych kryształów (ryc. 3),
- 2) agregatów wielu osobników podobnej wielkości promieniście narastających w prawie wszystkich kierunkach (ryc. 4, 5),
- 3) agregatów dwóch, trzech lub więcej osobników, różnych wielkości, zrosniętych ze sobą w różnych płaszczyznach (ryc. 6).

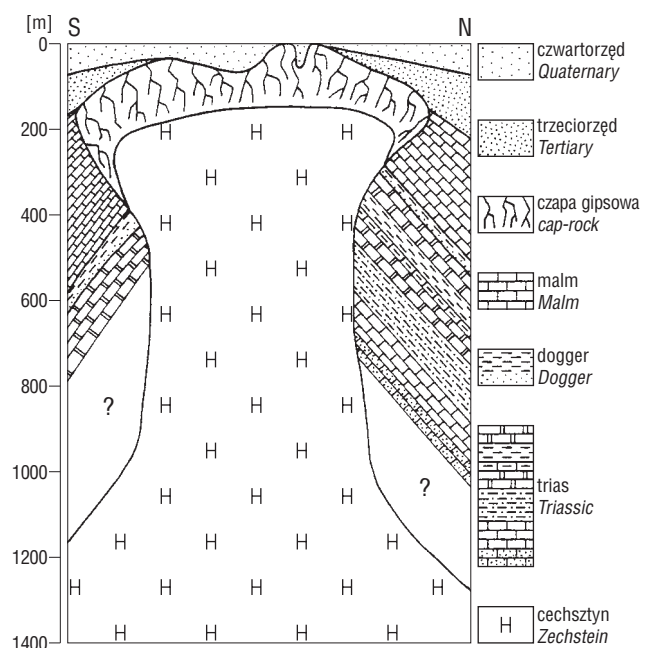
Pojedyncze kryształy kwarcu osiągają wielkość do ok. 2 mm. Występują w postaci krótkich słupów pseudoheksagonalnych zakończonych doskonale rozwiniętymi romboedrami z obu stron. Na niektórych kryształach, z lepiej rozwiniętymi słupami, jest widoczne subtelne poprzeczne prążkowanie. Wykazują one cechy typowe dla niskotemperaturowego, trygonalnego kwarcu β .

Średnice agregatów kryształów kwarcu również dochodzą do ok. 2 mm, a każdy z osobników zakończony jest piramidą. Promieniście narastające kryształy kwarcu — tworzące formy sferyczne lub półsferyczne — mają centrum krystalizacji, które uległo całkowitemu zasłonięciu (zarośnięciu) lub nie zachowało się, a pozostała po nim wolna przestrzeń. Brown (1931) i Goldman (1952) takie sferyczne i półsferyczne agregaty kryształów kwarcu nazywają kwarcem „rozetkowym” (ang. *rosettes of quartz*), a Milliken (1979) — „sferulami” (ang. *spherules of quartzine*). Wszystkie kryształy są całkowicie bezbarwne, przezroczyste o bardzo silnym połysku — zbliżonym do diamentowego. Ze względu na ten wyjątkowy połysk i

wykształcenie takie kryształy kwarcu określa się niekiedy mianem „diamentów” — np. „diamenty Pecos”, „diamenty Quebec”, „diamenty Herkimer”, „diamenty Carrara” (Grimm, 1962). W obrębie utworów fliszu karpackiego znane są (pochodzenia hydrotermalnego) tzw. „diamenty marmaroskie” (Matkovskij, 1961; Dudok & Jar-mołowicz-Szulc, 2000)

Pojedyncze kryształy i agregaty kryształów kwarcu występują zarówno w obrębie nadkładu, jak i czapy. W obu przypadkach wielkość form dochodzi do 2 mm, w przeciwieństwie do kryształów uzyskanych z soli, które osiągają nie więcej jak 0,1–0,2 mm i reprezentują jedynie pojedyncze osobniki.

Najczęściej można spotkać agregaty kryształów wzrastających promieniście (w ok. 60% materiału), następnie pojedyncze kryształy (ok. 30%), a rzadziej zrosty kilku kryształów (ok. 10%). W obrębie pojedynczych kryształów obserwowanych w płytkach cienkich (wykonanych z gipsów należących do czapy) znajdują się osobniki zawierające wrostki anhydrytu. Jeden z takich kryształów został



Ryc. 2. Przekrój wysadu solnego w Wapnie według Grossa (1948)
Fig. 2. Section of Wapno salt diapir after Gross (1948)

przecięty w płaszczyźnie prostopadłej do słupa, dzięki czemu regularne nagromadzenie tych wrostków jest wyraźnie widoczne.

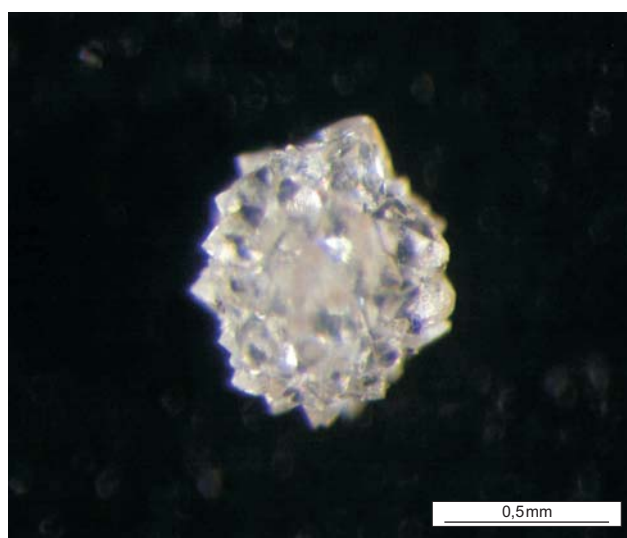
Geneza kryształów kwarcu

Głównym źródłem SiO_2 dla kwarcu w ewaporatach może być materiał terygeniczny, np. kwarc detrytyczny, lub krzemionka pochodzenia organicznego. Nieznaczna rozpuszczalność minerałów krzemianowych sprawia, że SiO_2 występuje w wodach w niewielkich ilościach, w formie uwodnionej (Macioszczyk, 1987). Wpływ na zmianę rozpuszczalności krzemionki w wodzie ma temperatura i odczyn środowiska. Wzrost temperatury albo alkalizacja powodują zwiększenie rozpuszczalności SiO_2 , natomiast obniżenie temperatury lub pH, przy jednoczesnej obecności

dużej ilości elektrolitów (Grimm, 1962), wywołuje wytrącanie krzemionki. Dostarczony do zbiornika materiał zawierający krzemionkę (pochodzenia terygenicznego lub organicznego) ulega rozpuszczeniu, szczególnie w warunkach, w których następuje wytrącanie siarczanów; pH takiego środowiska wynosi ponad 9 (Friedman & Shukla, 1980). Odwrotnemu procesowi — rozpuszczaniu ewaporatów i/lub węglanów — może towarzyszyć wytrącanie krzemionki (ryc. 7) spowodowane spadkiem pH. Na zmiany pH wód basenu sedimentacyjnego wpływają m.in. czynniki klimatyczne, np. pojawiające się sezonowe opady. W okresach suchych w wyniku postępującej ewaporacji następuje alkalizacja środowiska, dzięki czemu krzemionka rozpuszcza się, stopniowo zwiększając stężenie roztworu. Sezonowe opady deszczu (wilgotna pora roku) powodują wytrącenie krzemionki, które następuje w wyini-



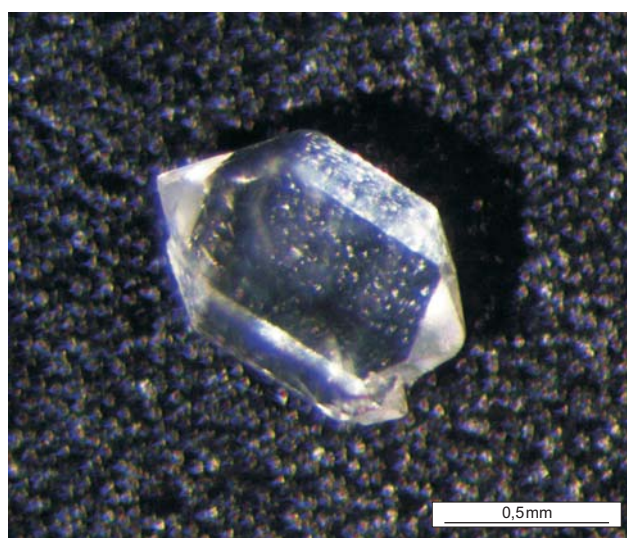
Ryc. 3. Pojedynczy kryształ automorficznego kwarcu
Fig. 3. Single crystal of euhedral quartz



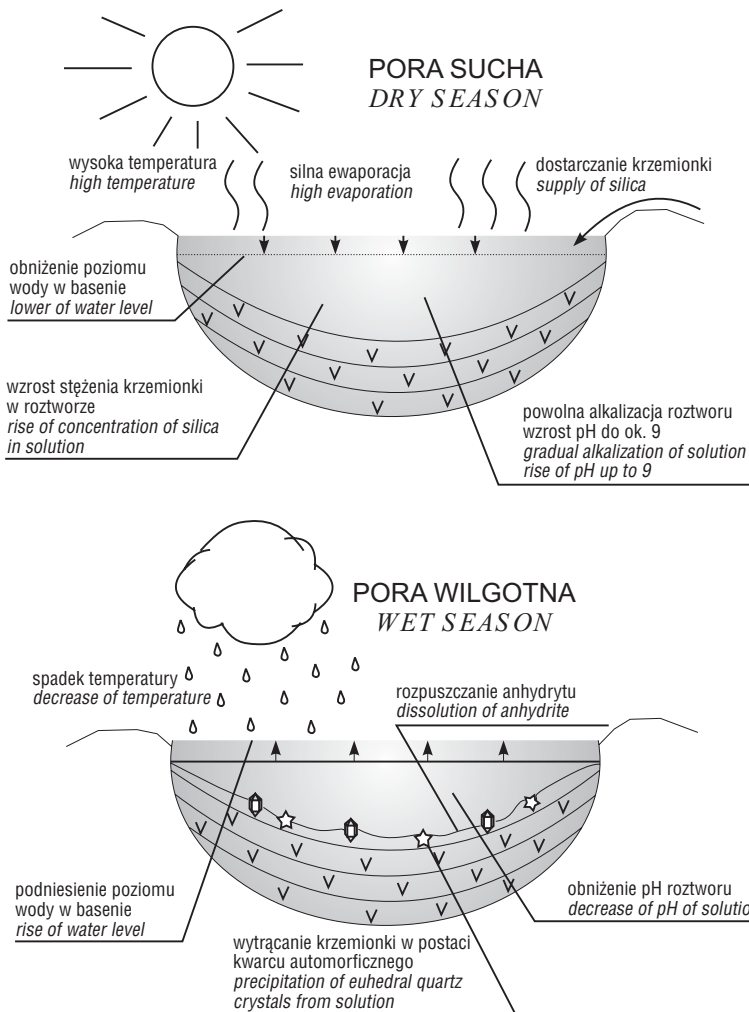
Ryc. 5. Agregat kryształów kwarcu narastających sferycznie
Fig. 5. Spherical aggregate of quartz crystals



Ryc. 4. Agregat złożony z kilku kryształów kwarcu; widoczna wolna przestrzeń po ziarnie będącym środkiem narastania
Fig. 4. Aggregate of few quartz crystals; note free space after interior nucleus



Ryc. 6. Zrost dwóch automorficznych kryształów kwarcu
Fig. 6. The intergrowth of two euhedral quartz crystals



Ryc. 7. Model krystalizacji kryształów kwarcu w basenie ewaporatowym, w czasie wytrącania anhydrytu

Fig. 7. Model of crystallization of quartz crystals in evaporate basin, during precipitation of anhydrite

ku spadku pH wywołanego „rozcieńczeniem” roztworu przez wody opadowe. Badania izotopowe tlenu ($\delta^{18}\text{O}$) w kwarcu — w tzw. megakwarcu — występującym w obrębie ewaporatów, tworzących kongregacje w skałach węglanowych, wskazują wyraźnie, że powstały one w warunkach oddziaływania wód opadowych, w strefie przy powierzchniowej (Milliken, 1979; Chafez & Zhang, 1998), ewentualnie pod przykryciem osadów, ale w temperaturach nie wyższych niż 40°C (Milliken, 1979). W tych warunkach krystalizacja kwarcu następuje swobodnie, bez ograniczeń, w miękkim osadzie lub w wolnej przestrzeni powstałej w wyniku rozpuszczenia skały macierzystej (ewaporatów). Procesy rozpuszczania i krystalizacji mogą zachodzić jednocześnie lub być nieco przesunięte w czasie. Dowodem na to są inkluzje — pozostałości pierwotnych minerałów, np. anhydrytu lub dolomitu, uwiecznione w kryształach kwarcu w czasie jego wzrostu. Dokładna analiza tych wrostków (stałych lub ciekłych) pozwoliłaby na dokładniejsze ustalenie warunków w jakich powstawały kryształy SiO_2 .

Występowanie automorficznych kryształów kwarcu w skałach okrucowych, np. piaskach, podobnie jak w przypadku ewaporatów, tłumaczy się ich bezpośrednią krystalizacją z roztworu. Możliwe jest również obrastanie ziaren kwarcu detrytycznego (stanowiącego centrum krystalizacji) przez kwarc autogeniczny; tworzy on wówczas

obwódkę regeneracyjną wokół ziarna detrytycznego, a cała forma ma postać kryształu automorficznego (Pettijohn, 1957; Pittman, 1972; Górniak i in., 1996). Krystalizacja kwarcu w osadach okrucowych wymaga dużych przestrzeni porowych oraz znacznego przepływu wód w osadzie. Wody te dostarczają niewielkiej ilości krzemionki, ale jest to równoważone przez tempo jej donoszenia. Doskonale wykształcone kryształy kwarcu mogą również stanowić materiał obcy w stosunku do otaczających je osadów. Ich obecność — bez najmniejszych oznak obtoczenia — świadczy o bliskości skał będących źródłem materiału okrucowego i jednocześnie zawierających automorficzne kryształy kwarcu.

Dyskusja i wnioski

Ponieważ kwarc może krystalizować zarówno w siarczanach, jak i w soli, natomiast czapa uważana jest za materiał rezydualny nagromadzony w czasie rozpuszczania soli, należy rozważyć możliwość powstania kryształów tego minerału w obu typach skał. W przypadku, gdyby macierzystą skałą dla kryształów kwarcu była tylko sól, gipsy (przeobrażony materiał rezydualny), w których obecnie one się znajdują — stanowiłyby dla nich wtórne złożo. Gipsy (wraz z kwarcem) mogą być również porwkami cechsztyńskimi, np. zgipsyfikowanymi utworami

anhdryty głównego, inkorporowanymi w obręb czapy. Zatem kwarc automorficzny spotykany w czapie może być minerałem występującym *in situ* — w przypadku gdy towarzyszył porwakowi, niemal syngenetycznym lub wczesnodiagenetycznym w stosunku do zawierających go utworów lub stanowić wraz z anhydrytem (później uległym hydratacji) pozostałość po rozpuszczonej soli.

Pewną informacją wskazującą na środowisko, w którym krystalizował kwarc są wspomniane wcześniej inkluzje. Ponieważ niektóre kryształy kwarcu zawierają pozostałości anhydrytu można sądzić, że ich macierzystą skałą był właśnie anhydryt. Anhydryt ten zachował się tylko w kwarcu w postaci inkluzji, natomiast reszta pierwotnej skały anhydrytowej uległa procesowi gipsyfikacji (hydratacji).

Obecność kryształów kwarcu w piaskach trzeciorzędowych można tłumaczyć ich autogenezą w czasie diagenety osadu (wówczas kwarc byłby wieku trzeciorzędowego; trochę młodszy od osadu) albo rozpuszczeniem i erozją znacznych ilości skał czapy gipsowej zawierających kwarc (w tym wypadku kwarc byłby wieku cechsztyńskiego; znacznie starszy od osadów piaszczystych). Kwarc stanowiłby wówczas pozostałość po rozpuszczaniu w wodach gruntowych utworów czapy. Ta druga możliwość jest najbardziej prawdopodobna ponieważ kryształy kwarcu wyseparowane z nadkładu i czapy są identycznie wykształcone. Kwarc zatem należy w tym przypadku traktować jako materiał rezydualny.

Przedstawione wyniki badań stanowią część realizowanej pracy doktorskiej, częściowo finansowanej przez Komitet Badań Naukowych (nr grantu 0385/PO4D 0084 21).

Pragnę złożyć serdeczne podziękowania Panom prof. J. Głazkowi oraz dr. A. Bodziochowi za pomoc w przygotowaniu niniejszego artykułu. Osobne podziękowania składam Panu dr. F. Kockelowi za udostępnienie kopii cytowanych prac niemieckich autorów.

Literatura

- BEREŚ B. & KIJEWSKI P. 1971 — Objawy sylikacji w skałach węglanowych dolnego cechsztynu w rejonie Lubina i Polkowic. *Prz. Geol.*, 19: 187–188.
- BROWN L.S. 1931 — Cap-rock petrography. *AAPG Bul.*, 15: 509–529.
- CHAFETZ H.S. & ZHANG J. 1998 — Authigenic euhedral megaquartz crystals in a quaternary dolomite. *J. Sedimentary Res.*, 68: 994–1000.
- CHMURA K. & LEWOWICKI S. 1957 — Kwarcyty bolesławieckie i ich ekonomiczna wartość. *Prz. Geol.*, 4: 264–271.
- DADLEZ R. & MAREK S. 1969 — Styl strukturalny kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na niektórych obszarach Niżu Polskiego. *Kwart. Geol.*, 13: 543–565.
- 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.
- DUDOK I. & JARMOŁOWICZ-SZULC K. 2000 — Hydrocarbon inclusion in vein quartz (the „Marmarosh diamonds”) from the Krosno and Dukla zones of the Ukrainian Carpathians. *Geol. Quart.*, 44: 415–423.
- GOLDMAN M.I. 1952 — Deformation, metamorphism and mineralization in gypsum-anhydrite cap rock, Sulphur salt dome, Louisiana. *Geol. Soc. Am., Memoir*, 50.
- GÓRNIAK K., BAHRANOWSKI K., RATAJCZAK T. & SZYDLAK T. 1996 — Regeneracja ziarn kwarcu w piaszczystych glebach korzeniowych w złożu węgla brunatnego Lubstów k. Konina. *Prz. Geol.*, 44: 626–630.
- GRIMM W.D. 1962 — Ausfällung von Kieselsäure in salinar beeinflussten Sedimenten. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 114: 590–619.
- GÓRSKI J., GLĄZEK J., LISZKOWSKI J., RATAJCZAK R. & RASAŁA M. 2001 — Dokumentacja geologiczna badań wpływu zatopionej kopalni soli w Wapnie na zasoby wód podziemnych i osiadanie powierzchni terenu wraz z opracowaniem modelu krążenia wód i projektem monitoringu. *Archiwum Instytutu Geologii UAM, Poznań*.
- GROSS K. 1948 — Beiträge zur Geologie und Paläontologie des Warthegebets. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, 89: 239–257.
- JAWORSKI A. 1970 — Budowa geologiczna antykliny Wapna na tle wyników badań sejsmicznych. *Prz. Geol.*, 18: 90–95.
- JUSKOWIAK O. 1957 — Piaszkowce kwarcytowe Ostrzeszowa. *Kwart. Geol.*, 1: 353–360.
- KITYK W.I., BOKUN A.N., PANOW G.M., SLIWKO E.P. & SZAJDECKAJA W.S. 1983 — Galogenyje formacji Ukrainy. *Naukowa Dumka, Kijów*.
- KLĄPCIŃSKI J. & KORNAŚ J. 1967 — Występowanie autogenicznego kwarcu w brekcji anhydrytów Werra na monoklinie przedsudeckiej. *Archiwum Geologiczne*, 11, 2: 298–305.
- MACIOSZCZYK A. 1987 — Hydrogeochemia. *Wyd. Geol.*
- MATKOVSKIJ O.I. 1961 — On the so called Marmarosh diamonds. *Materials of the Commission on Mineralogy and Geochemistry. Izdat. Lvov. Univ.*, 1: 149–158.
- MILEWICZ J. & GROCHOLSKI A. 1960 — Trzeciorząd pomiędzy Bolesławcem a Węglińcem. *Biul. Inst. Geol.*, 151: 25–69.
- MILLIKEN K.L. 1979 — The silicified evaporite syndrome – two aspects of silification history of former evaporite nodules from southern Kentucky and northern Tennessee. *J. Sediment. Petrology*, 49: 245–256.
- OBERC J. & DYJOR S. 1971 — Związek kwarcytów okolic Bolesławca z tektoniką trzeciorzędową i perspektywy poszukiwawcze. *Prz. Geol.*, 19: 531–538.
- PETTIJOHN F. J. 1957 — *Sedimentary rocks* (2. ed.). Harper & Brothers, New York.
- PITTMAN E.D. 1972 — Diagenesis of quartz in sandstones as revealed by scanning electron microscopy. *J. Sedimentary Petrology*, 43: 507–519.
- RATAJCZAK R. 2000 — Budowa geologiczna i problemy ochrony środowiska wydobywania soli w Wielkopolsce. *Maszynopis pracy doktorskiej. Archiwum Instytutu Geologii UAM, Poznań*.
- RATAJCZAK R. 2001 — Budowa geologiczna i problemy ochrony środowiska wydobywania soli w Wielkopolsce. *Streszczenia referatów PTG oddział w Poznaniu: UAM, Poznań*, 123–131.
- SCHETTLER H. 1972 — The stratigraphical significance of idiomorphic quartz crystals in the saline formations of the Weser-Ems area, north-western Germany. *Geology of saline deposits. Proc. Hanover Symp., UNESCO*: 111–127.