

Krystyna KENIG

Skład mineralny osadów moreny czołowej lodowca Gås (Spitsbergen) z uwzględnieniem analizy powierzchni ziarn kwarcu w SEM

Przeprowadzono badania próbek z powierzchni wału morenowego w zachodniej części strefy marginalnej lodowca Gås. Przeważają skały osadowe, tj. wapienie białe, czarne oraz kalcyt, mniej liczne są okruchy skał metamorficznych – fyllity i łupki, a udział kwarcu jest znikomy. Osad jest przeważnie gruboziarnisty. Na podstawie badań w SEM ziarn kwarcu frakcji 1,0–0,5 mm oraz 0,5–0,25 mm wykazano, że udział wielkoskalowych przełamów muszlowych charakterystycznych dla środowiska glacialnego jest niewielki. Dominują ziarna zaokrąglone o powierzchni zniszczonej procesami chemicznymi na skutek rozpuszczania i wytrącania krzemionki. Stąd wniosek, że środowisko glacialne cechowało prawdopodobnie dość znaczne nasilenie procesów diagenetycznych.

WSTĘP

Przeprowadzono badania próbek pobranych wzdłuż linii prostej z powierzchni moreny czołowej lodowca Gås, znajdującego się na południowym brzegu zatoki Hornsund (Spitsbergen). Próbki¹ pochodzą z przedostatniego, bliższego w stosunku do czoła lodowca, ciągu wału morenowego. W nawiązaniu do opracowań J. Szupryczyńskiego (1960, 1963) jest to zachodnia część strefy marginalnej (prawdopodobnie V ciąg morenowy). Tak więc próbka nr 1 dokumentuje zewnętrzną część moreny, natomiast próbka nr 8 pobrana została bliżej czoła lodowca przy jezioru wytopiskowym wypełnionym materiałem drobnoziarnistym.

¹ Próbki zostały pobrane przez dra H. Szaniawskiego podczas Polskiej Ekspedycji Paleontologicznej w 1975 r

CHARAKTERYSTYKA LITOLOGICZNA MORENY

Skład petrograficzny i typ uziarnienia osadów moreny lodowca Gås uwarunkowany jest składem skał otaczających, tj. głównie staropaleozoicznej formacji Heckla Hoek, reprezentowanej przez utwory prekambru, kambru i miejscami dolnego ordowiku (K. Birkenmajer, 1958). Według tego autora w zachodniej części obszaru morenowego lodowca Gås przeważają zielone łupki, fyllity i szare fyllitowe wapienie, a bardzo rzadko kwarcyty, w części środkowej – dolomity z żyłami kalcytu, natomiast część wschodnia zbudowana jest z żółtego wapienia, często zdolomityzowanego. W wyniku dezintegracji tych skał powstają różnej wielkości bloki i okruchy wapieni i dolomitów oraz wydłużone, płaskościennne fragmenty łupków, zachowujących charakterystyczny pokrój także we frakcjach drobnopiaszczystych (J. Dylík, 1958).

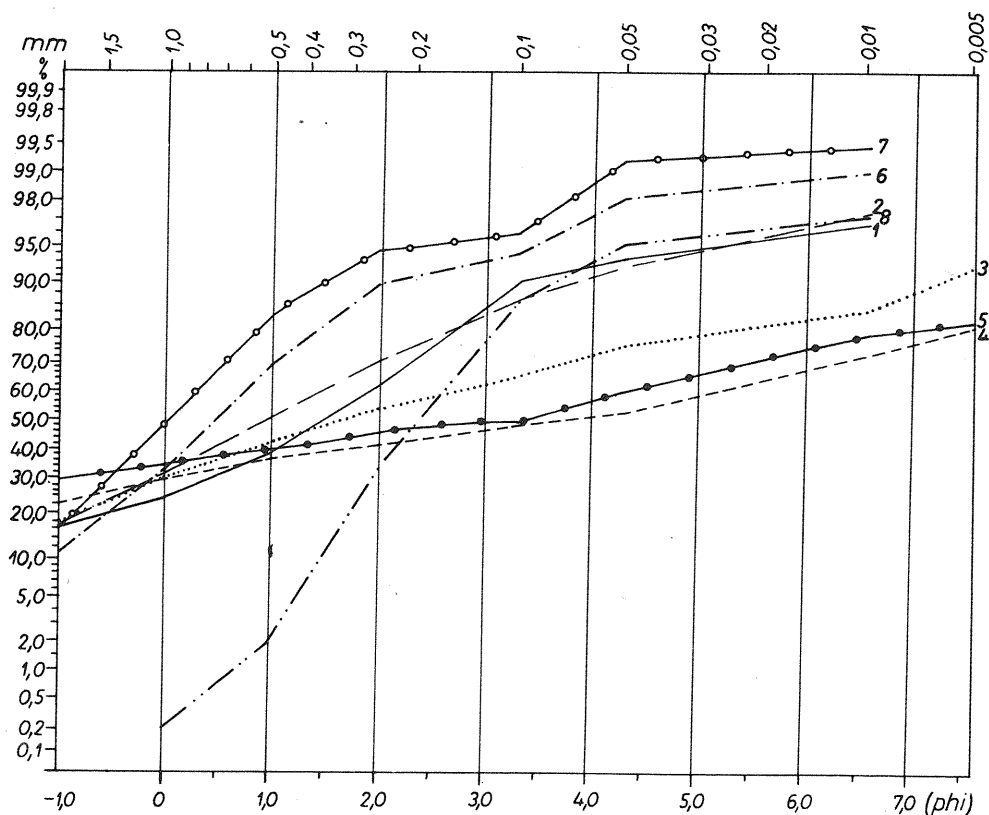


Fig. 1. Kumulacyjne krzywe uziarnienia w skali phi
 Cumulative grain-size distribution curves in the phi scale
 1-8 - numery próbek
 1-8 - sample numbers

Skład granulometryczny wskazuje na osad na ogół różnoziarnisty, głównie gruboziarnisty (fig. 1, tab. 1). W próbkach nr 1, 2, 6 i 7 przeważa frakcja piaszczysto-żwirowa, z małą domieszką frakcji pylastej i brakiem frakcji ilastej, natomiast próbki nr 3, 4 i 5 reprezentują osad nieco podobny do gliny zwałowej, z dużym udziałem frakcji grubej, a także z obecnością frakcji ilastej i mułkowej. Sto-

Tabela 1

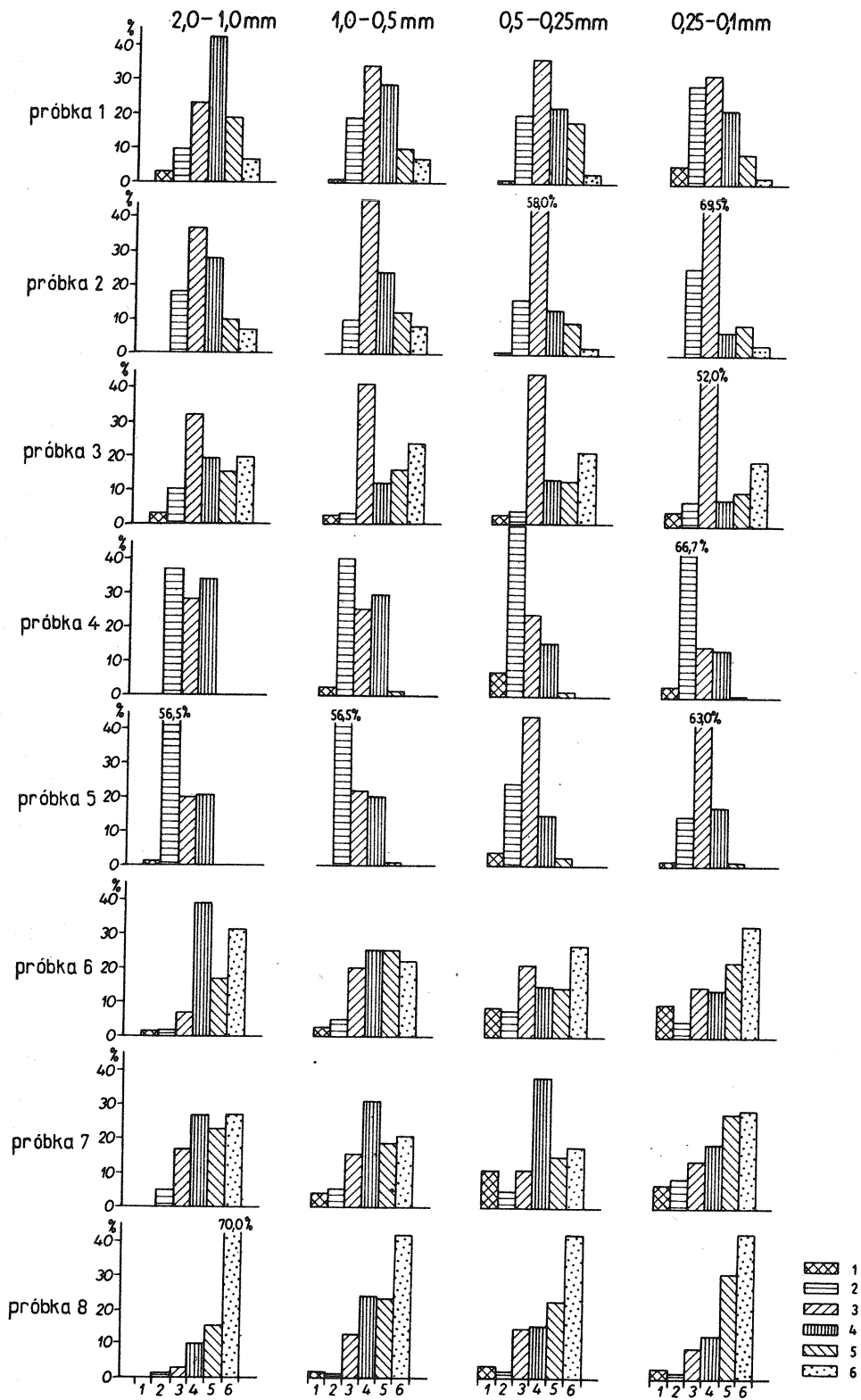
Parametry uziarnienia według R.L. Folka i W.C. Warda (1957)

Numer próbki	Centyle w skali phi		Parametry uziarnienia				
	1	50	M_z	σ_1	Sk_1	K_G	K_G
1	-3,89	1,56	1,16	2,18	-0,16	1,29	0,56
2	-3,93	1,00	0,98	2,21	0,04	1,15	0,54
3	-4,12	1,65	1,91	3,42	0,14	0,86	0,46
4	-4,10	3,84	3,37	4,01	-0,17	0,60	0,38
5	-4,21	3,41	3,12	4,09	-0,11	0,62	0,38
6	-3,69	0,50	0,47	1,42	0,01	1,46	0,59
7	-3,88	0,04	0,01	1,18	-0,07	1,39	0,58
8	0,74	2,39	2,42	0,83	0,17	1,19	0,54

sunkowo jednorodny osad piaszczysty stanowi próbka nr 8, zawierająca głównie piasek średnio- i drobnoziarnisty (*Instrukcja w sprawie opracowania i wydania szczegółowej mapy geologicznej Polski ...*, 1977).

Parametry uziarnienia obliczono według wzorów R.L. Folka i W.C. Warda (1957) w skali phi. Średni wymiar ziarn (M_z) dla próbek nr 1, 2, 6 i 7 świadczy o przewadze materiału gruboziarnistego. Wyszortowanie (σ_1) we wszystkich próbkach jest bardzo słabe, jedynie próbka nr 8 ma wartości σ_1 poniżej 1, co świadczy o wysortowaniu średnim. Krzywe rozsiewu ziarn są znacznie zróżnicowane, skośnie ujemnie, dodatnio lub prawie symetryczne. Krzywe te są łagodnie nachylone, mają szerokie i niskie maksima, o czym świadczą niewielkie wartości kurtozy.

Analizę składu mineralnego wykonano dla frakcji piaszczystych (fig. 2, tab. 1). Główny udział mają tu okruchy skał osadowych, tj.: kalcyt, wapienie białe i czarne. Dużo mniejszą zawartość wykazują skały metamorficzne – fyllity czarne, łupki i sporadycznie tylko kwarcyty. Skały krystaliczne są niezmiernie rzadkie, w związku z czym niewielka jest ilość kwarcu pochodzącego z rozpadu tych skał. W osadach morenowych współczesnego lodowca Gås w większości zbadanych próbek nieco inaczej zachowują się kalcyt i wapienie białe, a inaczej wapienie czarne. Ilość kalcytu i wapieni białych stopniowo wzrasta i to dość znacznie w kierunku frakcji drobniejszej w stosunku do ilości tych składników we frakcji grubszej (2,0–1,0 mm). Zawartość wapieni czarnych natomiast konsekwentnie zmniejsza się wraz ze zmniejszaniem frakcji. Jedynie próbki pobrane z części znajdującej się bliżej czoła lodowca mają mniej wapieni czarnych w najgrubszej badanej frakcji, lecz we frakcjach drobniejszych kierunek zmian jest podobny. Zmiany te wynikają najprawdopodobniej z pierwotnego składu mineralnego, a nie zaś z wielkości frakcji.



W przypadku skał metamorficznych można zaobserwować interesujące i nieznanne dotychczas (?) stosunki ilościowe czarnych fyllitów i zielonych łupków na linii badanego profilu powierzchniowego. W próbkach pobranych z pobliza czoła lodowca daje się zauważyć znaczny udział fyllitów, a także łupków. Ilość tych okruchów zwiększa się stopniowo we frakcjach mniejszych (oprócz łupków w ostatniej próbce, w której ilość ich wyjątkowo maleje). Duża zawartość fyllitów i łupków we frakcjach drobniejszych świadczyć może, że morena została zasilona takim właśnie materiałem skalnym i nie zaistniały jeszcze warunki do odprowadzenia najdrobniejszego materiału. W próbkach ze środkowej części wału morenowego zawartość fyllitów raptownie maleje do ok. 1%, a łupków do 0% na korzyść zwiększonego udziału kalcytu. Natomiast w próbkach pobranych z miejsc bardziej odległych od czoła lodowca procentowa zawartość fyllitów i łupków maleje we frakcjach drobniejszych, co jest zrozumiałe, zważywszy na małą ich odporność.

Fracja powyżej 2 mm zawiera głównie fragmenty skał osadowych. Są to ostrokrawędziste okruchy czarnych, dość miękkich wapieni z żyłkami białego kalcytu oraz kryształły półprzezroczystego kalcytu. Częste są także okruchy białego wapienia. Na ogół okruchy większe, najczęściej czarnego wapienia, są wyraźnie ostrokrawędziste, natomiast mniejsze mają krawędzie nieco złagodzone. Prawie we wszystkich próbkach znajdują się łupki o pokroju blaszkowatym i wydłużonym, zawierające muskowit.

Fyllity o pokroju łupkowatym są błyszczące, niektóre z nich węglanowe i niekiedy można zaobserwować w nich wtrącenia różowych minerałów węglanowych. Bardzo rzadko w składzie mineralnym tej frakcji występuje kwarc, a wtedy są to jedynie pojedyncze ziarna, często ostrokrawędziste, o świeżych przełamach. We frakcji piaszczystej okruchy skalne zachowują podobną frekwencję i nadal utrzymują swój charakterystyczny pokrój uwarunkowany składem mineralnym.

Zawartość węglanu wapnia we frakcji poniżej 0,1 mm wszystkich próbek jest znaczna.

ANALIZA POWIERZCHNI ZIARN KWARCU W ELEKTRONOWYM MIKROSKOPIE SKANNINGOWYM

Badania powierzchni ziarn kwarcu wykonano za pomocą elektronowego mikroskopu skanningowego *JSM-P15*. Stosowanie takiego właśnie mikroskopu w odróżnieniu od mikroskopu transmisyjnego (prześwietleniowego) pozwala na łatwą i jednoznaczną interpretację uzyskanego obrazu. Badania wykonano przy współpracy K. Kujawskiego.

Przygotowanie preparatu polegało na oczyszczeniu wybranych ziarn kwarcu z zanieczyszczeń węglanowo-ilastych i żelazistych, a następnie przemyciu ich HCl, wypłukaniu alkoholem oraz napyłaniu w próżni złotem w obecności elektrody węglowej. Ze względu na nieliczne występowanie tych ziarn, brano do analizy oprócz frakcji 1,0–0,5 mm, zwykle badanej, także ziarna frakcji 0,5–0,25 mm. Z każdej próbki przeglądano wszystkie ziarna (ok. 10) w różnych powiększeniach,

Fig. 2. Histogramy składu mineralnego frakcji piaszczystych
Histograms of mineral composition of sandy fractions

1 – kwarc; 2 – kalcyt; 3 – wapień biały; 4 – wapień czarny; 5 – fyllity; 6 – łupki zielone
1 – quartz; 2 – calcite; 3 – white limestones; 4 – black limestones; 5 – phyllites; 6 – green schists

rejestrując fotograficznie formy powierzchni zarówno typowe, jak i rzadko występujące. Okazało się, że najkorzystniejsze jest powiększenie 800–2000 razy. Stosowanie znacznie większych powiększeń nie jest celowe, ze względu na małą zdolność rozdzielczą mikroskopu skaningowego.

Opracowaniem powierzchni ziarn kwarcu z różnych środowisk, w tym i ze środowiska glacialnego, zajmowali się dotychczas w Polsce S. Kozarski (1972), H. Klatkova (1976), E. Mycielska-Dowgiało, R. Krzywobłocka-Laurow (1976a, b), M. Wichrowska (1977) oraz K. Kenig (1978). Zbadanie ilościowego – choćby szacunkowo – pokrycia powierzchni ziarna w danej próbce elementami rzeźbotwórczymi może świadczyć o intensywności procesów, ich sile lub tylko o przypadkowym zdarzeniu. Dlatego też niniejsze badania przedstawiono w nieco inny sposób stosowany już przez autorkę w 1977 r. przy opracowaniu litologicznym poziomów glin zwałowych międzyrzecza Bugu i Narwi (K. Kenig, 1977). Analizę urzeźbienia powierzchni ziarn kwarcu (egzoskopię, jak proponuje L. Le Ribault, 1977a, b), przedstawiono w kolejności występowania pobranych próbek. Metodę badania powierzchni ziarn kwarcu potraktowano jako jedną z metod badań litologicznych. Opisy próbek stanowią sumę informacji, uzyskanych na podstawie analizy większej liczby (ponad 100) zdjęć mikroskopowych oraz dokładnych obserwacji prowadzonych w trakcie ich wykonywania na mikroskopie skanningowym.

Ziarna kwarcu są często ostrokrawędziste, mają świeże przełamy. Jednak stosunkowo mało obserwuje się tu wielkoskalowych przełamów muszlowych, uważanych za charakterystyczny wytwór środowiska glacialnego (D.H. Krinsley, J.J. Smalley, 1972; D.H. Krinsley, J.C. Doornkamp, 1973; W.B. Whalley, D.H. Krinsley, 1974).

Próbka nr 1 zawiera ziarna nieco obtoczone, o zaokrąglonych kształtach, z umiarkowanym reliefem powierzchni. Tablica II, fig. 4, 5 i tablica III, fig. 6 przedstawiają fragmenty powierzchni tego samego ziarna (frakcja 1,0–0,5 mm), na którego przeważającej części powierzchni widoczne są drobne dziurki (tabl. II, fig. 4) – ślady odprysków na skutek kolizji mechanicznych. Niektóre z nich są V-kształtne i nieregularnie rozmieszczone. Duże nasilenie uderzeń doprowadziło do powstania półkolistych odłupań powiększanych sukcesywnie. Można też zauważyć, wąskie, wydłużone szczeliny, wzdłuż których nastąpi kolejne odkucie partii powierzchni. Przy większym powiększeniu (2000 ×) wyraźnie uwidaczniają się drobne pyły krzemionkowe, rozmieszczone na całej powierzchni ziarna. Środkową partię ziarna zajmuje rozległa forma wytrawiania, a prawdopodobnie rozpuszczania powierzchni (tabl. II, fig. 4) i wtórnego wytrącania na niej krzemionki w postaci skupień i nacieków. Forma ta ma kontur wyraźnie ograniczony. Jednocześnie (tabl. II, fig. 4 – górny fragment zdjęcia) dają się obserwować trójkątne zagłębienia, będące figurami wytrawień. W dolnej części ziarna wśród nierównej pokrytej krzemionką powierzchni zachowały się dość wyraźne kryształy kwarcu w postaci krótkich słupów zakończonych piramidami. Na ścianach słupów w kilku miejscach widoczne są także trójkątne figury wytrawień, zorientowane wzdłuż dłuższej osi słupa. Omawiane kryształy są usytuowane nieco niżej w stosunku do ogólnej powierzchni ziarna. Analizując kontakt kryształów z powierzchnią krzemionkową można sądzić, że kryształy były wykształcone pierwotnie, a dopiero później zaczęły działać procesy niszczenia powierzchniowego, które nie zdołały objąć całego ziarna, zachowującego ślady uprzednich zdarzeń (pierwotnej struktury).

Próbka nr 3 we frakcji 1–0,5 mm zawiera ziarna o całkowicie zmienionej powierzchni wykazującej niewielki relief (tabl. III, fig. 7; tabl. IV, fig. 8). Powierzchnia ta jest pierwotna w stosunku do nielicznych większych śladów mecha-

nicznych odłamów widocznych na tabl. III, fig. 7, które to ślady są czyste, a więc najmłodsze. W niektórych partiach powierzchni (tabl. IV, fig. 8 – dolna część zdjęcia) zaznaczają się początkowe stadia dezintegracji, do której doprowadzają mechaniczne odkłucia drobnych części powierzchniowych. Ziarna kwarcu w próbie nr 3 wykazują jednolity typ urzeźbienia, nawet jeśli mają bardziej ostrokrawędzisty pokrój. We frakcji 0,5–0,25 mm są raczej zaokrąglone. Część z nich ma powierzchnię silnie zniszczoną wskutek działania procesów mechanicznych, co przejawia się w postaci licznych drobnych odprysków, czasem V-kształtnych, niezorientowanych. Nawet stare przełamy muszlowe są całkowicie ospowate (tabl. V, fig. 10) w odróżnieniu od przełamów stosunkowo młodszych – gładkich i czystych (tabl. IV, fig. 9 – lewa partia ziarna).

W części ziarn po wytrawieniu utworzyły się głębokie zagłębienia, na brzegach których widoczne są zarysy uporządkowanych form o równoległych narożach. Prawdopodobnie są one zgodne z orientacją krystalograficzną kwarcu. Wydaje się, że proces trawienia powierzchni ziarn nie przebiegał równomiernie, lecz był bardziej intensywny wzdłuż uprzywilejowanego kierunku. Występowanie takich form wiąże się najczęściej z powierzchnią krzemionkową o tendencji do tworzenia się drobnych plastrowatych odłupków. W omawianej próbce jedno tylko ziarno charakteryzuje się gładkimi, dużymi przełamami ułożonymi schodkowato. Pozostała powierzchnia ma podobny typ rzeźby do podanych poprzednio.

Z próbki nr 4 została zbadana jedynie frakcja 0,5–0,25 mm. Przeważają tu ziarna zaokrąglone, przy czym powierzchnia ich jest w większości przypadków wynikiem rozpuszczania i wytrącania krzemionki niż kolizji mechanicznych. Rzadkie ślady odłupań dają wyraźne przełamy muszlowe, żeberkowane, miejscami z poprzecznymi prążkami (tabl. VI, fig. 13). Są to formy młode typowe dla erozji glacialnej. Oglądane nawet w dużych powiększeniach nie ukazują śladów wtórnych odkształceń. Rzeźba pozostałych ziarn spowodowana jest rozpuszczaniem krzemionki (tabl. VII, fig. 14, 15).

Próbka nr 7 zawiera przeważnie ziarna nieregularne, ostrokrawędziste frakcji 1,0–0,5 mm. Oprócz wyraźnych przełamów muszlowych (tabl. VIII, fig. 17) stosunkowo młodych pokrytych drobnym pyłem krzemionkowym, występują inne formy powstałe pod wpływem procesów mechanicznych i chemicznych. Są to większe spękania powodujące jakby eksfoliację partii ziarn. Prawdopodobnie pod wpływem zespołu procesów mechanicznych, wspomaganych procesami chemicznymi, powstają formy blaszkowate, czasem ułożone rozetkowato. Stanowią one, być może, wynik zmian powierzchni krzemionkowo-ilastej (tabl. VIII, fig. 18). Przykładem najczęstszej równomiernie zniszczonej powierzchni, właściwej dla większości ziarn z próbki nr 7, jest ziarno przedstawione na tabl. IX, fig. 19. Widać tu niemal mechanizm powstawania tych form. Wzdłuż pewnych kierunków tworzą się bardzo liczne spękania, które są predysponowanym miejscem do podziału kwarcu na okruchy pokrywające całe prawie ziarna.

Z próbki nr 8 zbadano frakcje: 1,0–0,5 mm i 0,5–0,25 mm, w których nie zaznaczają się różnice w urzeźbieniu powierzchni ziarn. Ogólnie biorąc można tu zauważyć następującą zależność. W przypadku ziarn nieco zaokrąglonych powierzchnia ich jest niezmiernie zniszczona, z naskorupioną krzemionką i odpadającym pyłem kwarcowym, natomiast w przypadku ziarn ostrokrawędzistych występują liczne, różnej skali przełamy muszlowe ułożone schodkowato z prążkowaniem (tabl. X, fig. 20). Powierzchnia tych najczęściej wielkoskalowych form oglądana w większym powiększeniu jest gładka, czysta, bez śladów uderzeń mechanicznych. Byłby to więc zapis najświeższych zdarzeń na powierzchni ziarna kwarcu.

Jak wynika z omówionego charakteru urzeźbienia powierzchni ziarn kwarcu,

formy wielkoskalowe, takie jak przełamy muszlowe nie są tak powszechne, jak można by oczekiwać po kwarcu pobranym ze świeżego osadu pochodzenia niewątpliwie glacialnego. Właściwie przeważają ziarna o nierównej powierzchni, urozmaiconej wyraźnym reliefem spowodowanym wytrącaniem się bądź rozpuszczaniem krzemionki. Otoczka utworzona z bezpostaciowej krzemionki, dobrze widoczna na przekroju poprzecznym ziarna, łatwo ulega rozpuszczeniu, co wiąże się najczęściej ze wzrostem pH (>9) wód gruntowych, spowodowanym ich reakcją z minerałami maficznymi. Na powierzchniach większości obserwowanych ziarn rejestrowano efekty procesów zarówno naskorupiania krzemionki, jak i jej rozpuszczania. Z tego można sądzić, że ziarna te przez długi czas przebywały w zmiennych warunkach pH, wpływających na przebieg procesów akrecji, bądź umożliwiających wytrawianie. Wydaje się, że w tym okresie ziarna nie podlegały działaniu procesów mechanicznych.

Formy wielkoskalowe są na ogół czyste, bez dodatkowej rzeźby. Potwierdzają to obserwacje przy dużych powiększeniach, ukazujące jedynie powszechnie występujący pył krzemionkowy, rozmieszczony na całej powierzchni ziarna.

Najczęściej procesy chemiczne działają na przemian z procesami mechanicznymi. W przypadku omawianego materiału glacialnego procesy chemiczne były wcześniejsze niż mechaniczne. Wynikiem tego są urozmaicone powierzchnie wytrącenia krzemionki, sieć spękań oraz dezintegracja ziarn. W zależności od ściany (pryzmatyczna, romboedryczna lub słupowa) mają różny kształt tzw. akcesoria wzrostu kryształu opisywane przez A. Łaszkiwicza (1957) według V. Goldschmidta. W omawianym przypadku są to formy negatywne, o regularnych zarysach, powstające podczas wzrostu lub rozpuszczania kryształów kwarcu (tabl. III, fig. 6).

Mikrostruktury obserwowane na powierzchni ziarn kwarcu są formami zniszczonej powierzchni wskutek procesów diagenetycznych. Mniej liczne są formy przełamów i odprysków, przyjmowane na ogół za typowe dla środowiska glacialnego (D.H. Krinsley, J.C. Doornkamp, 1973; W.B. Whalley, D.H. Krinsley, 1974; E. Mycielska-Dowgiałło, R. Krzywobłocka-Laurow, 1976a, b; P.J. Vincent, 1975).

Obserwacje całej możliwej do wglądu elektronowym mikroskopem skanninowym powierzchni ziarna kwarcu pozwalają na stwierdzenie jakiego typu formy dominują na tym ziarnie. Przewaga identycznych form zarówno na jednym ziarnie, jak i wielu innych, może sugerować konsekwentne istnienie długotrwałych warunków sprzyjających powstawaniu tych form.

W przypadku ziarn kwarcu pochodzących ze strefy marginalnej lodowca Gås przeważa typ rzeźby predysponowany wytrąceniami krzemionkowymi i innymi procesami diagenetycznymi. Procesy te są wcześniejsze niż nakładające się na nie późniejsze przełamy muszlowe i inne formy powstałe niewątpliwie w środowisku glacialnym. Nawet ziarna pokryte niemal całkowicie wytrąceniami krzemionki wykazują w pewnych częściach świeże przełamy muszlowe.

Z obserwacji tych nasuwa się wniosek, że w rejonie lodowca Gås dłużej istniały warunki sprzyjające powstawaniu i rozwijaniu się form diagenetycznych. Procesy mechaniczne oddziaływały krócej, były mniej intensywne i dlatego dużo słabiej zaznaczyły się w morfologii ziarn kwarcu. Wynikiem ich są formy wielkoskalowych przełamów muszlowych, często żeberkowanych i prążkowanych.

PIŚMIENICTWO

- BIRKENMAJER K. (1958) – Z badań nad stratygrafią i tektoniką formacji Hecla Hoek w Ziemi Wedel-Jarlsberg. *Prz. Geofiz.*, **3**(11), p. 163–170, z. 2. Warszawa.
- DYLIK J. (1958) – Problematyka badań peryglacialnych łódzkiej grupy Polskiej Wyprawy na Spitsbergen w 1957 roku. *Prz. Geofiz.*, **3**(11), p. 131–141, z. 2. Warszawa.
- FOLK R.L., WARD W.C. (1957) – The Brazos River Bar, a study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sediment. Petrol.*, **27**, p. 3–26. Tulsa, Oklahoma.
- INSTRUKCJA W SPRAWIE OPRACOWANIA I WYDANIA SZCZEGÓŁOWEJ MAPY GEOLOGICZNEJ POLSKI W SKALI 1:50000 (1977) – CUG. Warszawa.
- LE RIBAULT L. (1977a) – Egzoskopia – metoda określenia geologicznej przeszłości kwarców detrytycznych. *Kwart. Geol.*, **21**, p. 175–193, nr 1. Warszawa.
- LE RIBAULT L. (1977b) – L'exoscopie des quartz. Paris.
- ŁASZKIEWICZ A. (1957) – Akcesoria wzrostu. *Kosmos (B)*, **3**, p. 155–161, nr 2. Warszawa.
- KENIG K. (1977) – Litologia glin zwałowych w profilach wiertniczych międzyczecza dolnego Bugu i Narwi. *Arch. Inst. Geol. Warszawa*.
- KENIG K. (1978) – SEM-studies of quartz sand surface textures from the Gås Glacier, Spitsbergen. Abstracts – INQUA 1978, Symposium on moraines and varves, ETH Zurich, p. 34. Zurich.
- KLATKOWA H. (1976) – Ślady środowiska eolicznego w rzeźbie powierzchni ziarn kwarcowych; wyniki analizy w elektronowym mikroskopie skaningowym. *Acta Geogr. Lodz.*, **37**, p. 93–112. Łódź.
- KOZARSKI S. (1972) – Mikroskopia elektronowa w badaniu morfologicznych cech powierzchni kwarcowych ziarn piasku wybranych środowisk sedimentacyjnych. *Pr. Komis. Geogr. Geol. Wyzd. Mat.-Przyr. Pozn. Tow. Przyj. Nauk*, **13**, p. 179–189, z. 1. Poznań.
- KRINSLEY D.H., SMALLEY J.J. (1972) – Sand. The study of quartz in sediments provides much information about ancient geological environments. *Amer. Scient.*, **60**, p. 286–291, nr 3. New Haven, Conn.
- KRINSLEY D.H., DOORNKAMP J.C. (1973) – Atlas of quartz sand surface textures. Cambridge, University Press, England.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., KRZYWOBŁOCKA-LAUROW R. (1976a) – Elektron microscopic analysis of surface textures of quartz grains from boulder clays. Till – its genesis and diagenesis. *Zesz. Nauk. UAM, Ser. Geogr.*, **12**, p. 167–173. Poznań.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., KRZYWOBŁOCKA-LAUROW R. (1976b) – Cechy morfologiczne powierzchni ziarn kwarcowych piasku w badaniach za pomocą mikroskopii elektronowej. *Post. Nauk Geol.*, **7**, p. 47–66. Warszawa.
- SZUPRYCZYŃSKI J. (1960) – The marginal zone of the Gås Glacier (Sörkappland – Southern Spitsbergen). *Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. Geól. Geógr.*, **8**, p. 313–319, nr 4. Warszawa.
- SZUPRYCZYŃSKI J. (1963) – Rzeźba strefy marginalnej i typy deglacjacji lodowca południowego Spitsbergenu. *Pr. Geogr. Inst. Geogr. PAN*, **39**. Warszawa.
- VINCENT P.J. (1975) – Urzeźbienie powierzchni ziarn kwarcowych z osadów morenowych różnego wieku oraz wynikające z tego ogólne wnioski geomorfologiczne. *Prz. Geogr.*, **47**, p. 577–582, z. 3. Warszawa.
- WHALLEY W.B., KRINSLEY D.H. (1974) – A scanning electron microscope study of surface textures of quartz grains from glacial environments. *Sedimentology*, **21**, p. 87–105, nr 1. Oxford.
- WICHROWSKA M. (1977) – Wpływ procesów fizycznych i chemicznych na ukształtowanie powierzchni ziarn kwarcu w oparciu o analizę w mikroskopie elektronowym. *Kwart. Geol.*, **21**, p. 649–654, nr 3. Warszawa.

Крыстына КЕНИГ

**МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ОТЛОЖЕНИЙ КОНЕЧНОЙ МОРЕНЫ
ЛЕДНИКА ГАС (ШПИЦБЕРГЕН) С УЧЕТОМ АНАЛИЗА
ПОВЕРХНОСТИ КВАРЦЕВЫХ ЗЁРЕН ПОД СЭМ**

Резюме

Минеральный состав, изученный по 8 образцам из морены ледника Гас, обусловлен составом окружающих пород. Поэтому в нём преобладают обломки осадочных пород: белых и чёрных известняков и кальцита. Меньше встречается обломков метаморфических пород: чёрных филлитов, зелёных сланцев и редко кварцитов. Минимально содержание кварца, источником которого служат кристаллические породы. Обломки песчаной фракции имеют характерную форму, обусловленную минеральным составом. Обычно большие обломки, главным образом чёрного известняка, имеют более острые края, чем меньшие по размерам обломки со сглаженными краями.

Зернистость свидетельствует, обычно, о разном зернистости осадка, главным образом встречаются крупнозернистые отложения. Образцы 3, 4 и 5 представляют породы, схожие с валунной глиной с большим содержанием крупной фракции и наличием глинистой и суглинистой фракций. Образцы 1, 2, 6, 7 содержат песчано-гравиевый материал с небольшим содержанием пылюстой фракции. Наиболее однородная песчаная порода, содержащая в основном мелко и среднекристаллический песок, представлена образцом 8. Под сканингвым электронным микроскопом изучались зёрна кварца фракции 1,0—0,5 мм, а в случае малого их содержания, фракции 0,5—0,25 мм, по 10 зёрен из каждого образца. Как видно в табл. I—X, фиг. 4—21 наблюдается сравнительно мало больших раковистых изломов, считающихся характерными для ледниковой среды. Многие зёрна имеют закруглённую форму, их поверхность сильно разрушена, вследствие химического воздействия. Из-под такой поверхности появляются приросты кристаллов кварца, с пирамидальным концом (табл. III, фиг. 6). Часто на закруглённых зёрнах кроме стёртых старых следов обламывания наблюдаются сильные разрушения от механических столкновений. В таком случае она покрыта V-образными углублениями. В то же время, в других частях тех же зёрен поверхность может носить следы процессов растворения и осаждения кремнезёма. Наблюдаются также разрушения поверхности зёрен типа эксфолиации. Вероятно под влиянием замерзания в совокупности с химическими процессами от зерна откалываются разной величины стружки и кусочки кварца. Эти обломки торчат во многих местах на поверхности зёрен.

Чаще всего для остроугольных зёрен характерны многочисленные, разной величины, раковистые изломы. Им сопутствуют различного рода ступени, морщины с гладкой поверхностью. Вероятно, ледниковая среда отличалась усиленной диагенетической деятельностью, сильнее всего отразившейся на исследуемых зёрнах.

Krystyna KENIG

**MINERAL COMPOSITION OF DEPOSITS OF GÅS GLACIER FRONTAL MORaine
(SPITSBERGEN) WITH REFERENCE TO SEM ANALYSIS
OF QUARTZ GRAIN SURFACE**

S u m m a r y

Petrographic composition of 8 samples of moraine deposits of the Gås Glacier is determined by composition of surrounding rocks. That is why debris of sedimentary rocks (white and black limestones and calcite) predominates here and fragments of metamorphic rocks (black phyllites, green schists and especially quartzites) are much less common. The share of quartz derived from crystalline rocks is negligible. The shape of rock fragments of the sand size appears to be specific, determined by mineral composition. Large grains, especially of black limestone, are generally more angular than the small, and their margins are sharper.

Granulometric analyses showed that the deposits are generally various-grained, mostly coarse. Samples no. 3, 4 and 5 represent deposit similar to till, mainly consisting of coarse grains but also of some of the clay- and silt-size ones. Samples no. 1, 2 and 6 and 7 represent sandy-gravel with small share of silt and sample no. 8 – the most homogeneous sandy deposit, mainly consisting of fine- and medium-grained sand.

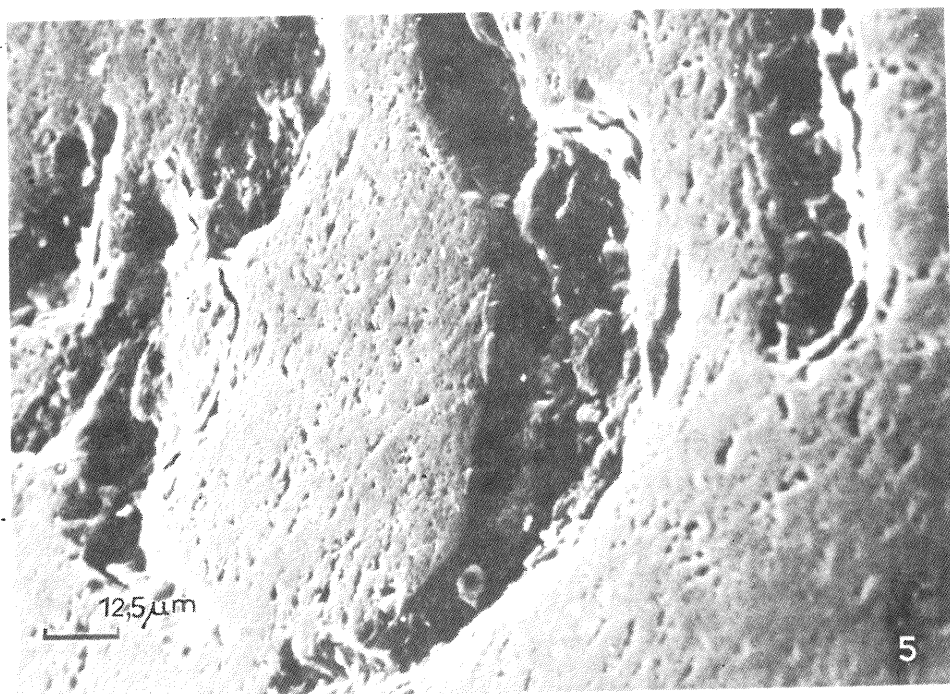
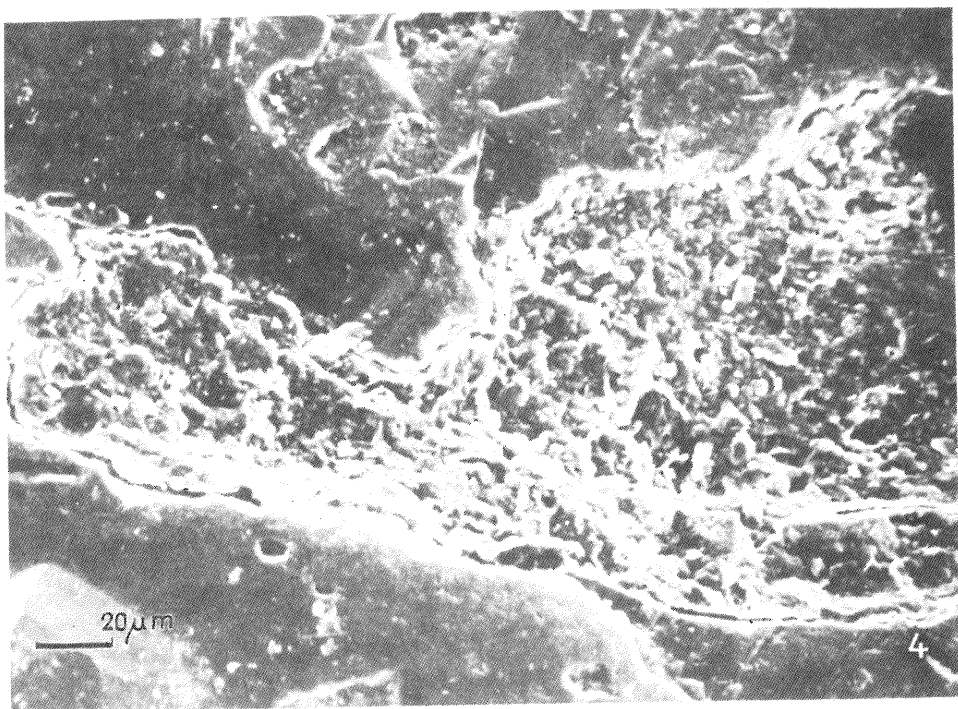
The studies carried out with the use of scanning electron microscope comprised 10 quartz grains of the fractions 1.0–0.5 and 0.5–0.25 mm. Tables I–X show that large-scale conchoidal fractures, regarded as typical of the glacial environment, are fairly rare here. The grains are often somewhat rounded, with surface strongly destroyed by chemical processes. From beneath the surface, pyramid-ended quartz growth crystals sometimes appear (Table III, Fig. 6). Rounded grains often display both obliterated traces of old fractures and surface strongly destroyed due to mechanical collisions. In the latter case, the surface is covered with V-shaped depressions. It should be noted that other parts of the same grain may display surface changed in result of silica solution or precipitation processes. Destruction of grain surface of the exfoliation type is also noted. It is connected with scaling of chips or minor fragment of quartz from grain surface presumably due to the action of frost, accompanied by some chemical processes. The resulting chips may be often found in various places throughout the surface.

Conchoidal fractures of various size are most often found on angular grains. They are often accompanied by various step- or ridge-like forms with smooth surface. The studied glacial environment was probably characterized by fairly high intensity of diagenetic processes and their quantitative predominance among those effecting the quartz grains.



Fig. 3. Lodowiec Gås z otaczającym masywem górskim. Fot. H. Szaniawski.
The Gås Glacier and surrounding mountain range. Photo by H. Szaniawski

Krystyna KENIG — Skład mineralny osadów moreny czołowej lodowca Gås (Spitsbergen) z uwzględnieniem analizy powierzchni ziarn kwarcu w SEM



Krystyna KENIG — Skład mineralny osadów czołowej lodowca Gås (Spitsbergen) z uwzględnieniem analizy powierzchni ziarn kwarcu w SEM

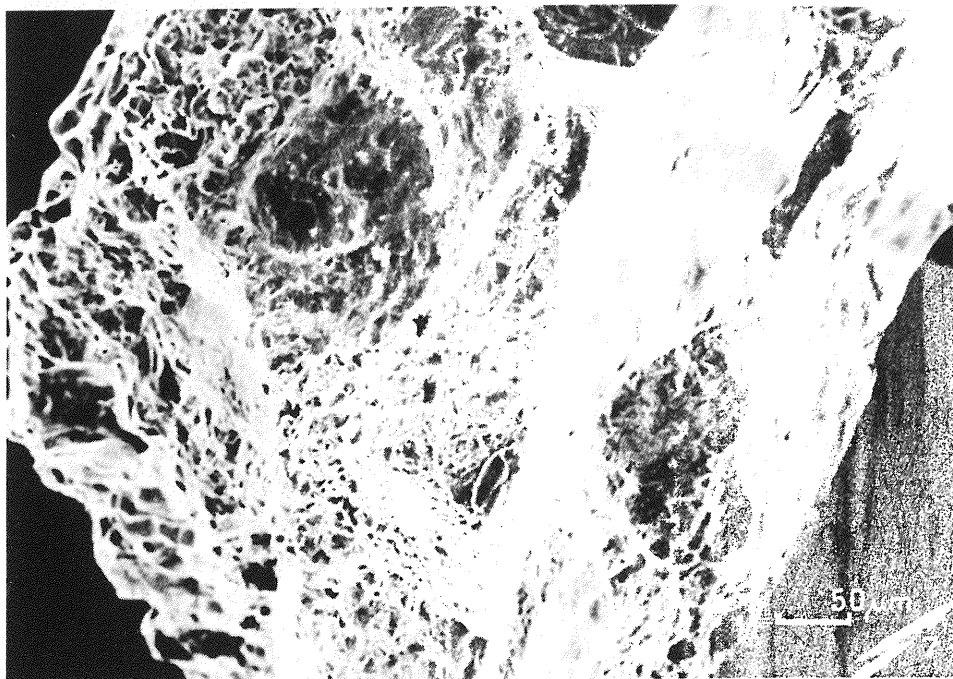
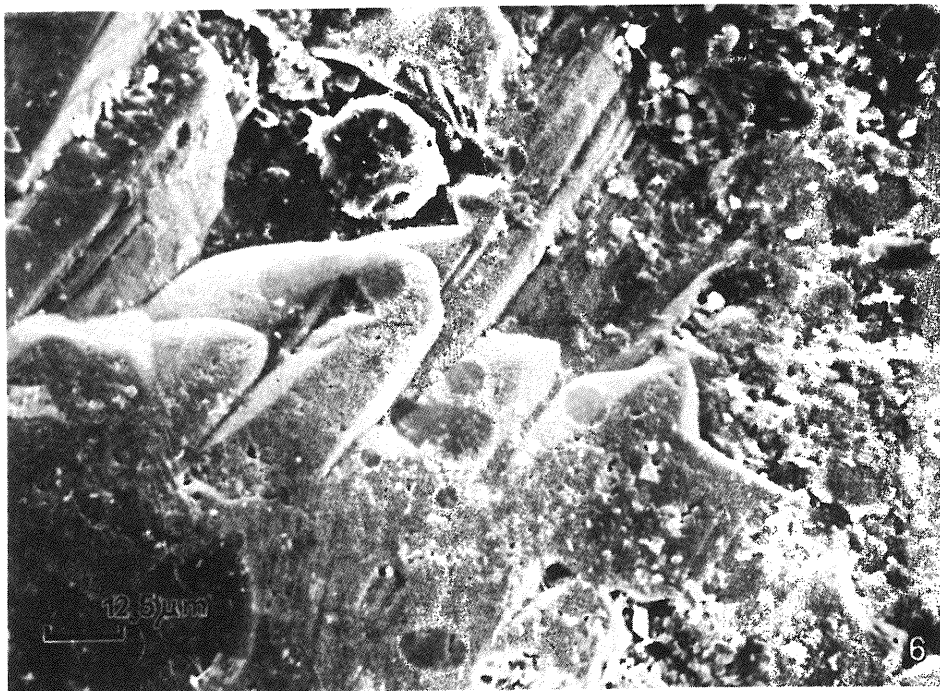
TABLICA II

Fig. 4. Rozległe nieregularne plamy spowodowane rozpuszczeniem znacznej części powierzchni ziarna.

W górnej partii zdjęcia trójkątne figury wytrawień; próbka nr 1, ziarno I
Wide irregular spots resulting from solution of large parts of grain surface. Triangular etching forms are marked in upper part of the photo; sample no. 1, grain I

Fig. 5. Na powierzchni ziarna głównie efekty uderzeń mechanicznych i odprysków o różnej wielkości, niektóre z nich V-kształtne, układające się łukowato; próbka nr 1, ziarno I

Grain surface mainly displaying the effects of mechanical strokes and chips varying in size. V-shaped chips are arranged arcuately; sample no. 1, grain I



Krystyna KENIG — Skład mineralny osadów moreny czołowej lodowca Gås (Spitsbergen) z uwzględnieniem analizy powierzchni ziarn kwarcu w SEM

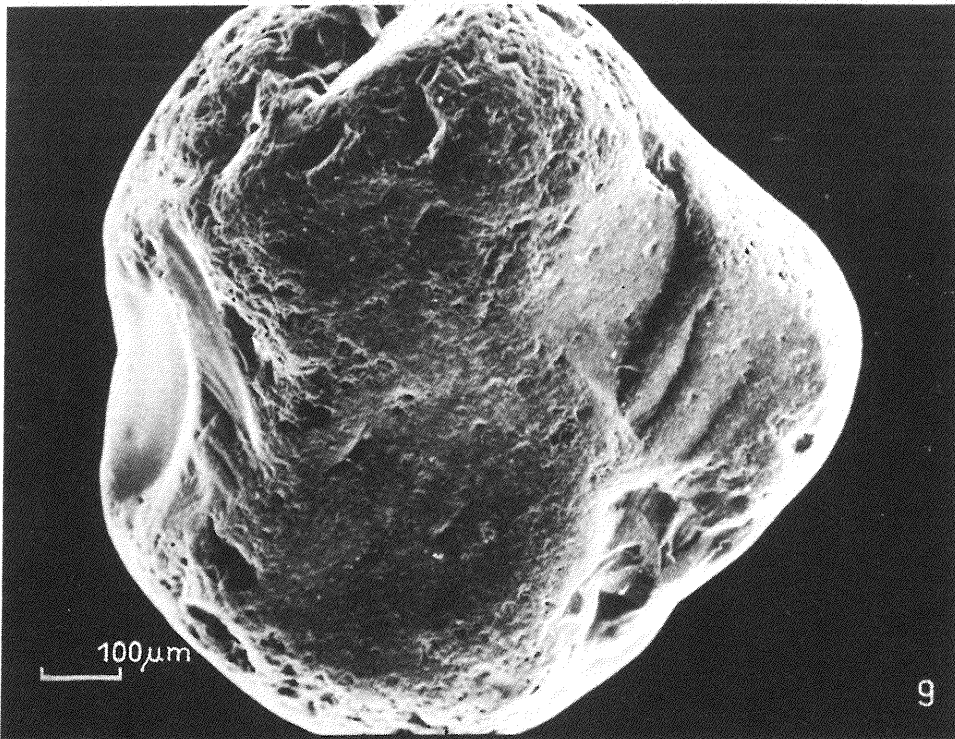
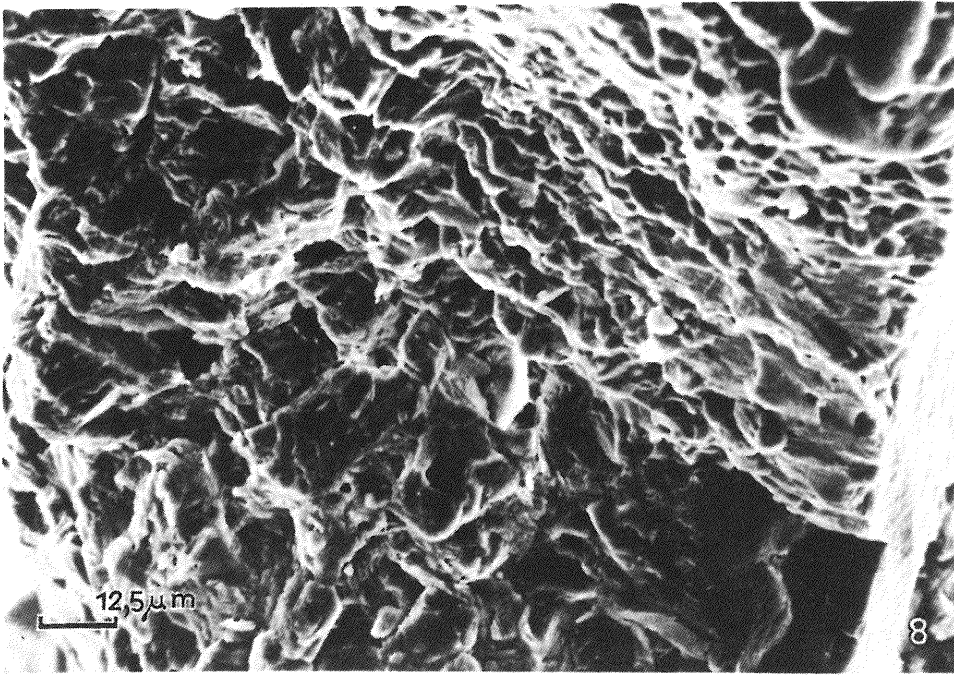
TABLICA III

Fig. 6. W dolnej części zdjęcia ziarna przedstawione na tabl. II, fig. 4, 5; wśród zniszczonej powierzchni widoczne krótkie słupy kryształów kwarcu, zakończone dość wyraźnymi piramidami. Na ścianach słupów trójkątne figury wytrawień. Liczne pyły krzemionkowe pokrywają całą powierzchnię ziarna; próbka nr 1, ziarno I

Lower. damaged part of grain shown in Table II, Figs. 4, 5, displaying short pillars of quartz crystals, ended with fairly distinct pyramids. Pyramid walls display triangular etching marks. The whole grain surface is covered with numerous particles of silica dust; sample no. 1, grain I

Fig. 7. Ziarno o dojrzałej rzeźbie z wytrąceń krzemionkowych, pokrywających całą jego powierzchnię, z młodą stosunkowo czystą powierzchnią przełamu; próbka nr 3, ziarno I

Grain with mature relief formed of products of silica precipitation covering its whole surface except for young, relatively clear fracture surface; sample no. 3, grain I



Krystyna KENIG — Skład mineralny osadów moreny czołowej lodowca Gås (Spitsbergen) z uwzględnieniem analizy powierzchni ziarn kwarcu w SEM

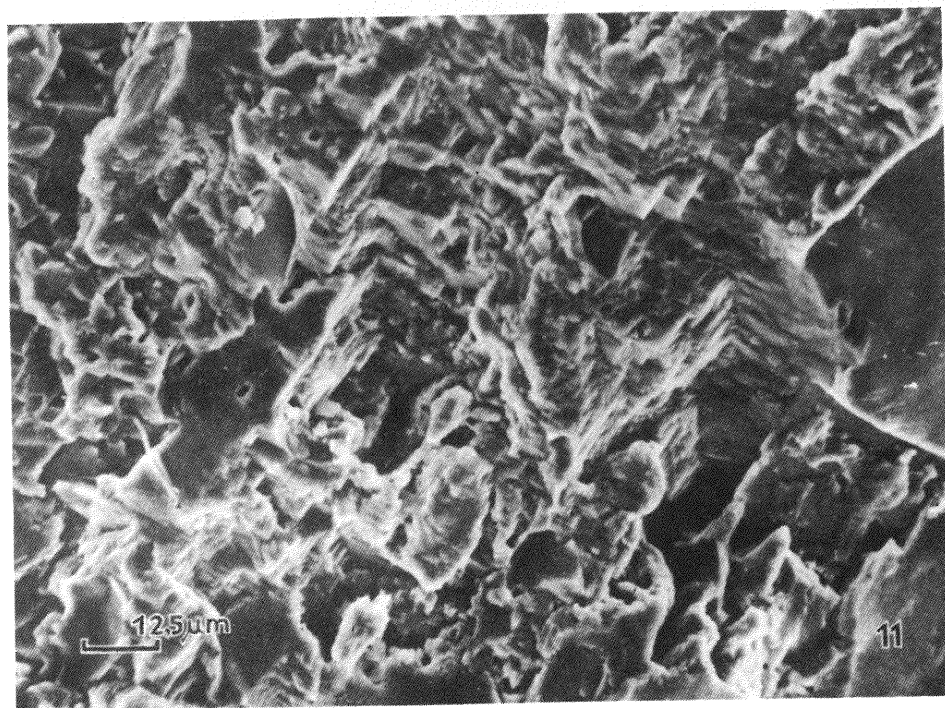
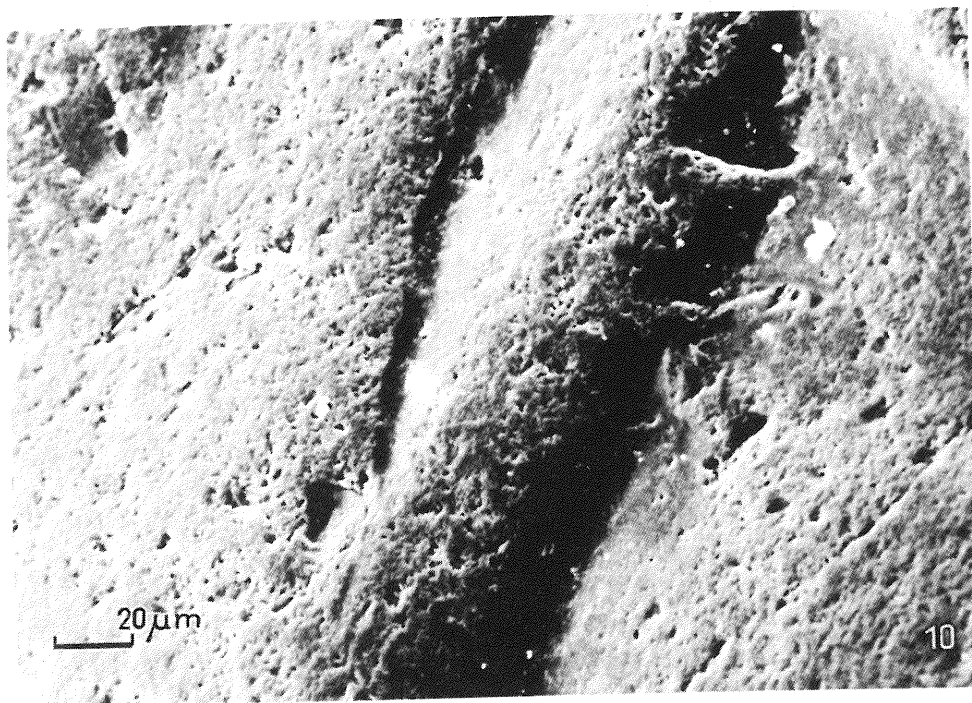
TABLICA IV

Fig. 8. Silnie urozmaicona powierzchnia z wytrąconej krzemionki oraz dezintegracja uwidaczniająca się w dolnej części ziarna; próbka nr 3, ziarno I

Strongly diversified surface formed of products of silica precipitation; lower part of the grain displays some disintegration; sample no. 3, grain I

Fig. 9. Ziarno zaokrąglone ze śladami licznych uderzeń, niektóre V-kształtne. Stare przełamy całkowicie „ospowate” oraz młody, świeży, gładki przełam muszlowy w lewej części ziarna; próbka nr 3, ziarno II

Rounded grain with numerous traces of strokes, including some V-shaped. The whole surface of old fractures is "pitted" whereas that of young one (in the left) is fresh and smooth; sample no. 3, grain II



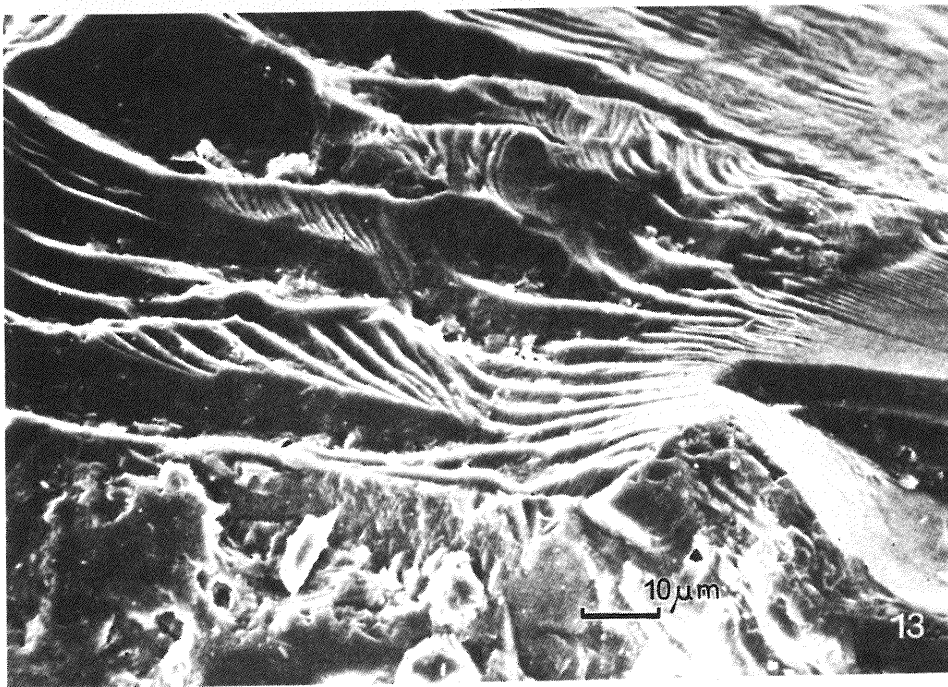
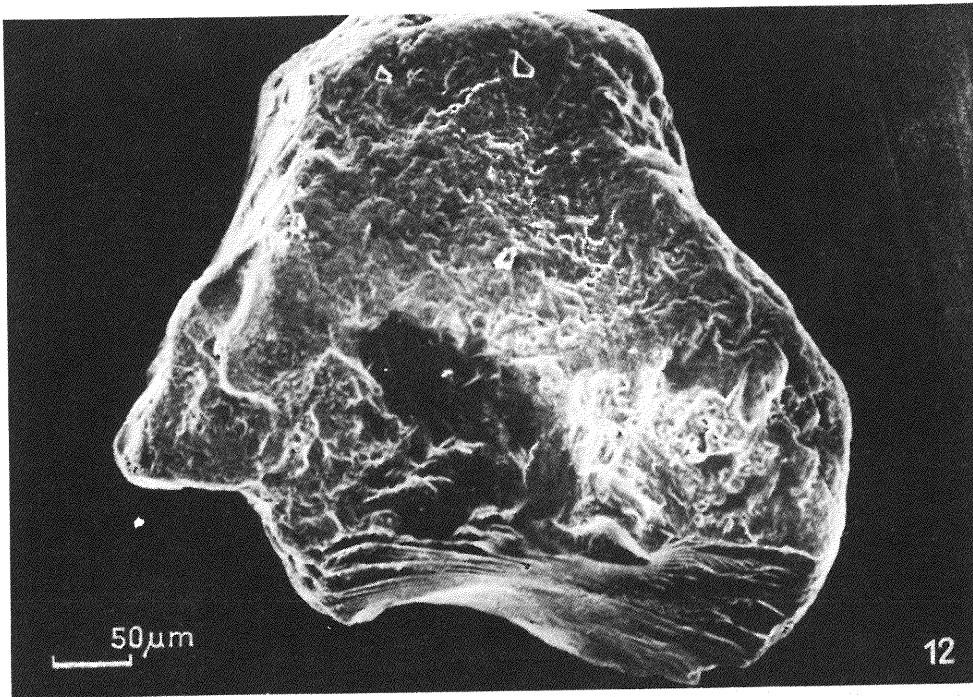
Krystyna KENIG — Skład mineralny osadów moreny czołowej lodowca Gås (Spitsbergen) z uwzględnieniem analizy powierzchni ziarn kwarcu w SEM

TABLICA V

Fig. 10. Schodowate, stare przełamy pokryte licznymi śladami uderzeń; próbka nr 3, ziarno II
Steep-like surface of old fracture, covered with numerous traces of strokes; sample no. 3, grain II

Fig. 11. Głębokie formy regularnych wytrawień pokrywające znaczną część powierzchni ziarna; próbka nr 3, ziarno III

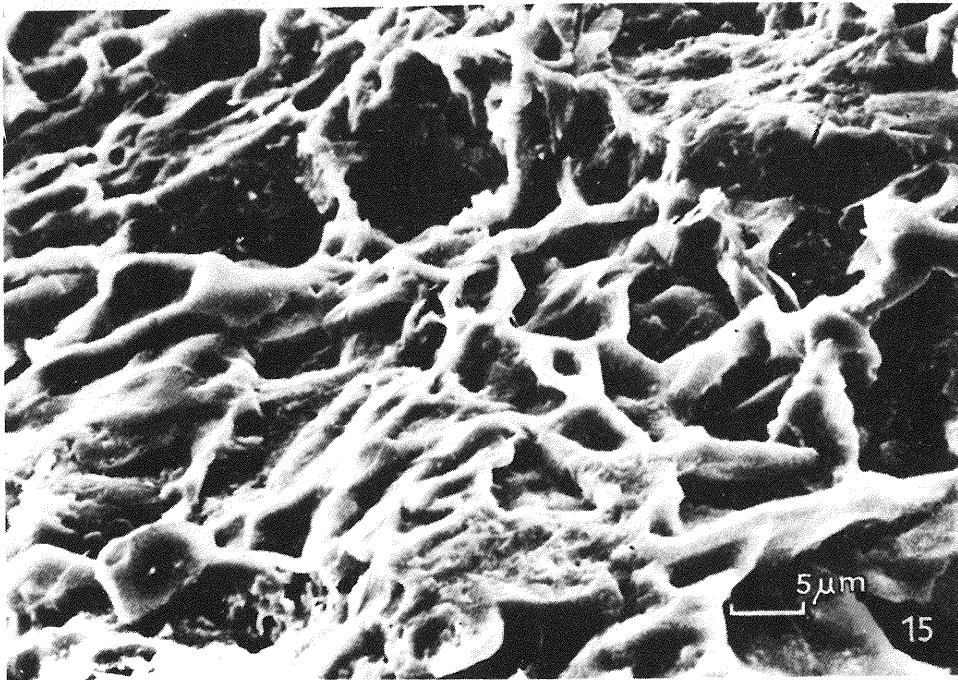
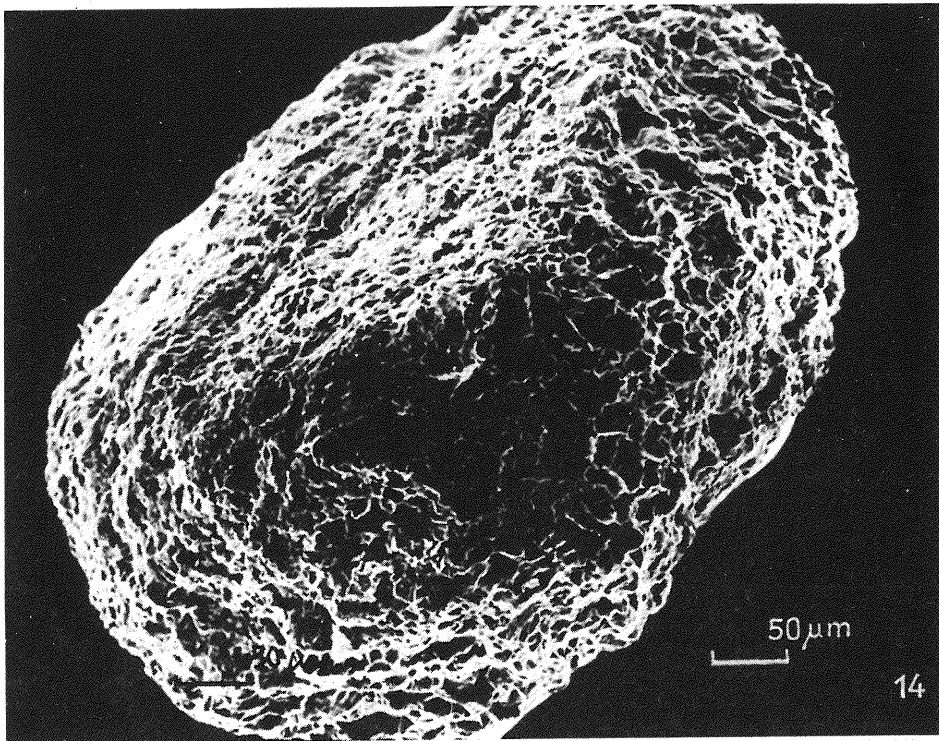
Deep regular etching forms comprising a marked part of grain surface; sample no. 3, grain III



Krystyna KENIG — Skład mineralny osadów moreny czołowej lodowca Gås (Spitsbergen) z uwzględnieniem analizy powierzchni ziarn kwarcu w SEM

TABLICA VI

- Fig. 12. Ziarno o zaokrąglonych narożach i silnie zniszczonej powierzchni. W dolnej części ziarna młodszy przełam muszlowy; próbka nr 4, ziarno I
Grain with rounded corners and strongly damaged surface; young conchoidal fracture marked in its lower part; sample no. 4, grain I
- Fig. 13. Wielkoskalowy przełam muszlowy, żeberkowany i prążkowany o czystej, gładkiej powierzchni; próbka nr 4, ziarno I
Large scale conchoidal fracture, ribbed and striated and with clear, smooth surface; sample no. 4, grain I



Krystyna KENIG — Skład mineralny osadów moreny czołowej lodowca Gås (Spitsbergen) z uwzględnieniem analizy powierzchni ziarn kwarcu w SEM

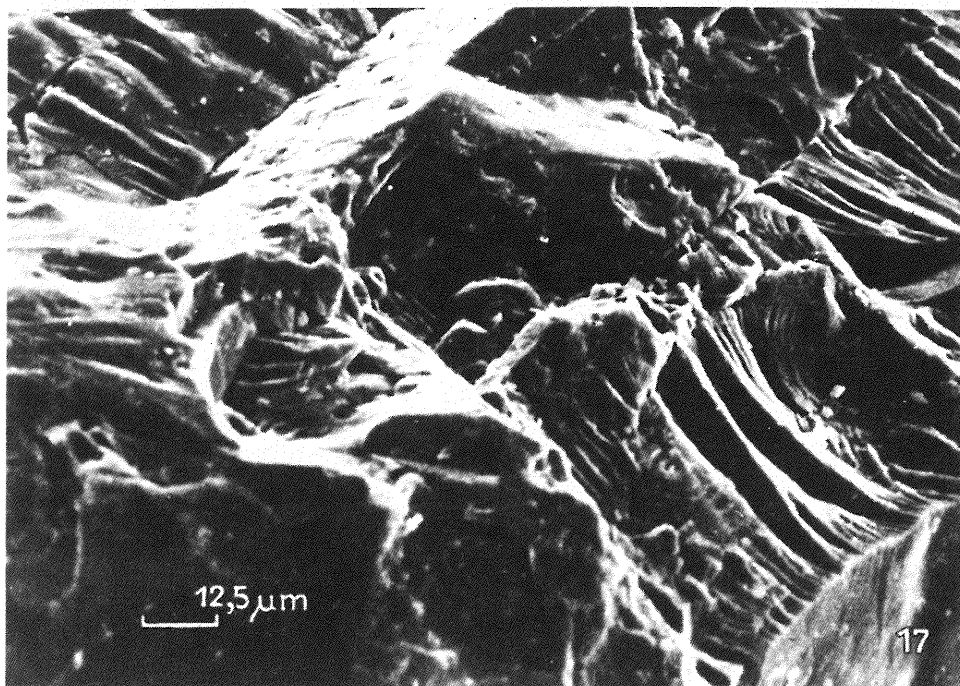
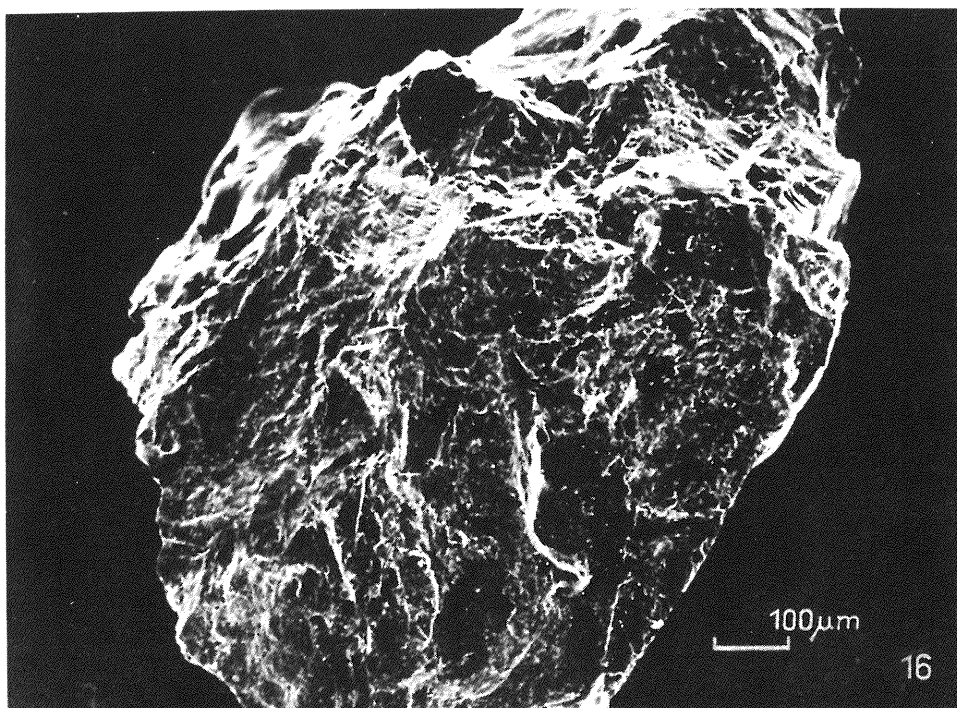
TABLICA VII

Fig. 14. Ziarno zaokrąglone, o głębokim reliefie powierzchni całkowicie ukształtowanej przez procesy rozpuszczania krzemionki; próbka nr 4, ziarno II

Rounded grain with strong relief of surface formed by silica solution processes only; sample no. 4, grain II

Fig. 15. „Komórkowa” struktura powierzchni powstałej z nierównomiernego rozpuszczania krzemionki. Powierzchnia ta jest pierwotna w stosunku do nielicznie obserwowanych późniejszych przełamów muszlowych w innych partiach ziarna; próbka 4, ziarno II

“Chambered” structure of surface, resulting from nonuniform solution of silica. The surface is primary in relation to innumerable later conchoidal fractures visible in other parts of the grain; sample no. 4, grain II

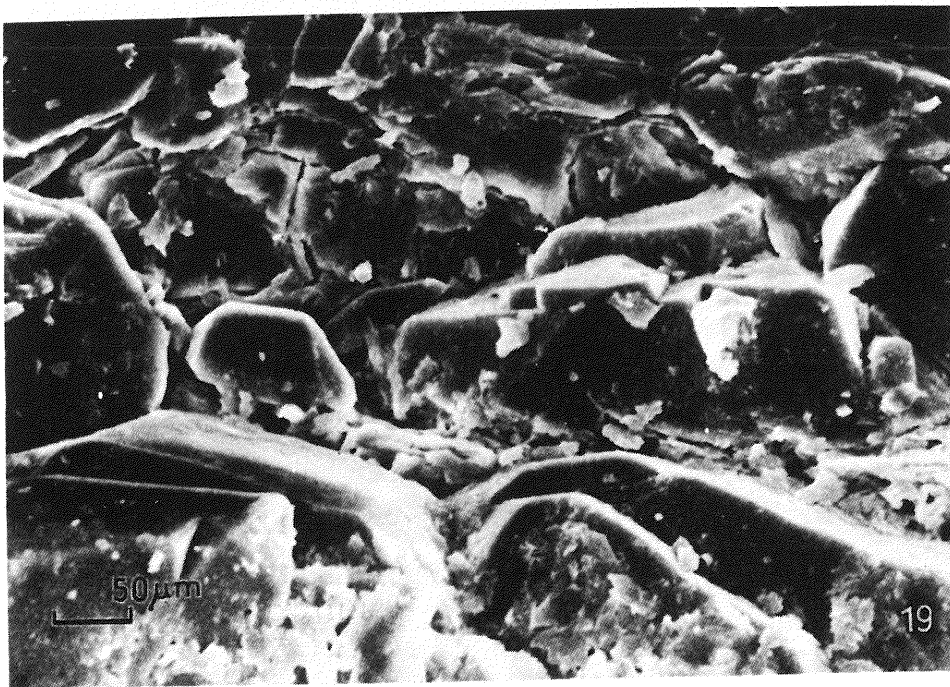


Krystyna KENIG — Skład mineralny osadów moreny czołowej lodowca Gås (Spitzbergen) z uwzględnieniem analizy powierzchni ziarn kwarcu w SEM

TABLICA VIII

Fig. 16. Ziarno ostrokrawędziste o silnie postrzępionych narożach; próbka nr 7, ziarno I
Angular grain with strongly jagged corners; sample no. 7, grain I

Fig. 17. Liczne przełamy muszlowe, o różnej wielkości, żeberkowane i prążkowane, pokryte drobnymi okrucami pyłu krzemionkowego; próbka nr 7, ziarno I
Numerous ribbed and striated conchoidal fractures varying in size and covered by fine particles of siliceous dust; sample no. 7, grain I



Krystyna KENIG — Skład mineralny osadów moreny czołowej lodowca G&as (Spitsbergen) z uwzględnieniem analizy powierzchni ziarn kwarcu w SEM

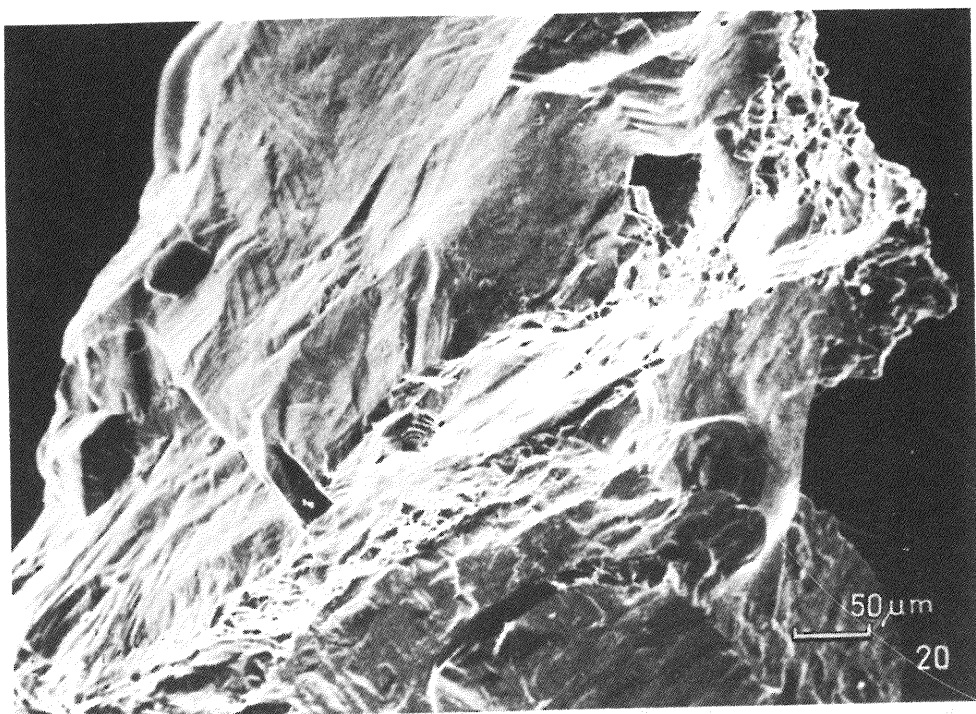
TABLICA IX

Fig. 18. Drobne spękania i odpryski powodujące częściową eksfoliację krzemionkowej powierzchni ziarna. Blaszkowato i rozetkowato ułożone fragmenty stanowią prawdopodobnie część powierzchni krzemionkowo-ilastej; próbka nr 7, ziarno II

Minor fractures and chips resulting in partial exfoliation of siliceous grain surface. Lamellar and rosette-like arranged fragments presumably represent parts of siliceous-clay surface; sample no. 7, grain II

Fig. 19. Charakterystyczny dla tej próbki typ wietrzenia powierzchni ziarn kwarcu, polegający na powstawaniu licznych spękań, które są predysponowanym miejscem do oddzielania i odpadania okruchów kwarcu; *próbka nr 7, ziarno III

The mode of weathering of quartz grain surface typical of the sample no. 7, involving origin of numerous fractures which become predisposed for separation and scaling off of quartz debris; sample no. 7, grain III



Krystyna KENIG — Skład mineralny osadów moreny czołowej lodowca Gås (Spitsbergen) z uwzględnieniem analizy powierzchni ziarn kwarcu w SEM

TABLICA X

Fig. 20. Ziarno kanciaste o postrzępionych krawędziach i młodych powierzchni przełamów wielkoskalowych; próbka nr 8, ziarno I

Angular grain with jagged corners and young surfaces of large-scale fractures; sample no. 8, grain I

Fig. 21. Stosunkowo gładkie wnętrza przełamów muszlowych z zaznaczonymi żeberkowaniami; próbka nr 8, ziarno I

Relatively smooth inner parts of conchoidal fractures with distinct ribbing; sample no. 8, grain I