

Magdalena SIKORSKA

Petrografia osadów kambru środkowego w syneklizie perybałtyckiej

Na podstawie szczegółowych badań petrograficznych opisano skład mineralny badanych skał i wyróżniono cztery litofacje w obrębie syneklizy perybałtyckiej. Określono stopień dojrzałości strukturalnej i mineralogicznej osadów oraz źródła i kierunki transportu materiału okrucowego. Przedstawiono również zagadnienie procesów postsedymentacyjnych w powiązaniu z porowatością skał.

WSTĘP

Przedmiotem opracowania są utwory kambru środkowego występujące w polskiej części syneklizy perybałtyckiej. Celem wykonanych badań było przedstawienie charakterystyki petrograficznej skał środkowokambryjskich oraz próba określenia warunków sedymentacji i źródeł materiału klastycznego.

Na wspomnianym obszarze kambur środkowy reprezentują poziomy: *Paradoxides oelandicus* i *Paradoxides paradoxissimus*. Utwory środkowokambryjskie spoczywają na dolnokambryjskich, a przykryte są osadami różnego wieku: górnokambryjskimi (w otworach wiertniczych Żarnowiec IG 1, Żarnowiec IG 4, Hel IG 1, Gdańsk IG 1, Kościerzyna IG 1, Prabuty IG 1, Olsztyn IG 2) lub ordowickimi (Stupsk IG 1, Kętrzyn IG 1, Bartoszyce IG 1, Gołdap IG 1). Wszystkie wydzielenia stratygraficzne podano według K. Lendzion, zajmującej się zagadnieniami stratygrafii i paleogeografii kamburu. Wyniki badań petrograficznych osadów kambryjskich Polski północno-wschodniej można znaleźć w pracach W. Kieźel (1974) oraz W. K. Rydzewskiej (1974, 1975 a, b).

W artykule wykorzystano materiał skalny pochodzący z 12 otworów wiertniczych, których lokalizację przedstawiono na figurze 1. Badania oparto na studiach mikroskopowych 500 płytek cienkich, 170 preparatów proszkowych frakcji ciężkiej i 27 analiz rentgenowskich frakcji ilastej ($< 2 \mu\text{m}$).

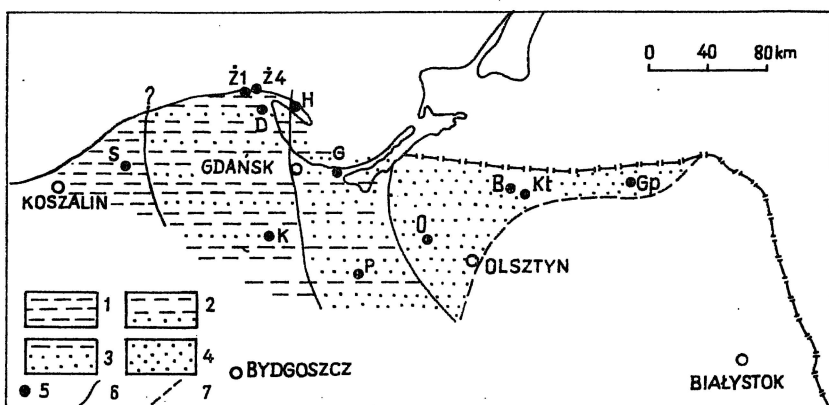


Fig. 1. Szkic litofacjalny kambru środkowego w syneklizie perybaltyckiej

Lithofacies sketch of the Middle Cambrian in the Peribaltic Syncline
 1 — litofacja ilasta; 2 — litofacja ilasto-piaszczysta; 3 — litofacja piaszczysto-ilasta; 4 — litofacja piaszczysta; 5 — otwory wiertnicze: S — Słupsk IG 1, Ż1 — Żarnowiec IG 1, Ż4 — Żarnowiec IG 4, D — Darżlubie IG 1, H — Hel IG 1, G — Gdańsk IG 1, K — Kościerzyna IG 1, P — Prabuty IG 1, O — Olsztyn IG 2, B — Bartoszyce IG 1, Kt — Kętrzyn IG 1, Gp — Gołdap IG 1; 6 — granica rozprzestrzenienia litofacji; 7 — obecny zasięg osadów kambru środkowego i górnego według K. Lendzion (1974a)

1 — clay lithofacies; 2 — clay-sandy lithofacies; 3 — sandy-clay lithofacies; 4 — sandy lithofacies; 5 — boreholes; S — Słupsk IG 1, Ż1 — Żarnowiec IG 1, Ż4 — Żarnowiec IG 4, D — Darżlubie IG 1, H — Hel IG 1, G — Gdańsk IG 1, K — Kościerzyna IG 1, P — Prabuty IG 1, O — Olsztyn IG 2, B — Bartoszyce IG 1, Kt — Kętrzyn IG 1, Gp — Gołdap IG 1; 6 — extent of lithofacies; 7 — present extent of Middle and Upper Cambrian (after K. Lendzion, 1974a)

Skład mineralny skał i frakcji ciężkiej (wydzielonej w bromoformie po uprzednim trawieniu próbek w rozcieńczonym HCl) obliczono na podstawie punktowej analizy planimetrycznej.

W klasyfikacji piaskowców posłużono się nomenklaturą R. L. Dotta w modyfikacji F. J. Pettijohna, P. E. Pottera i R. Sievera (1972), przy czym przyjęto niższą górną granicę wielkości ziarn dla *matrix*. Spośród kilku wielkości, podawanych przez wyżej wymienionych autorów jako powszechnie stosowane, zamiast 30 μm przyjęto w opracowaniu za górną granicę 4 μm . Wobec tego *matrix* oznaczać tu będzie przede wszystkim spoiwo ilaste.

Pani doc. dr hab. A. Maliszewskiej serdecznie dziękuję za cenne wskazówki i pomoc w przygotowaniu pracy. Składam również podziękowanie Panu prof. dr hab. W. Ryce za pomocne uwagi dotyczące niniejszej pracy.

POZYCJA STRATYGRAFICZNA BADANYCH OSADÓW

W polskiej części syneklizy perybaltyckiej występuje niepełny profil kambru środkowego. Poziom *Paradoxides oelandicus* nawiercony został we wszystkich otworach (wiercenie otworu Żarnowiec 4 zatrzymano w stropie poziomu *Paradoxides oelandicus*), natomiast poziom *Paradoxides*

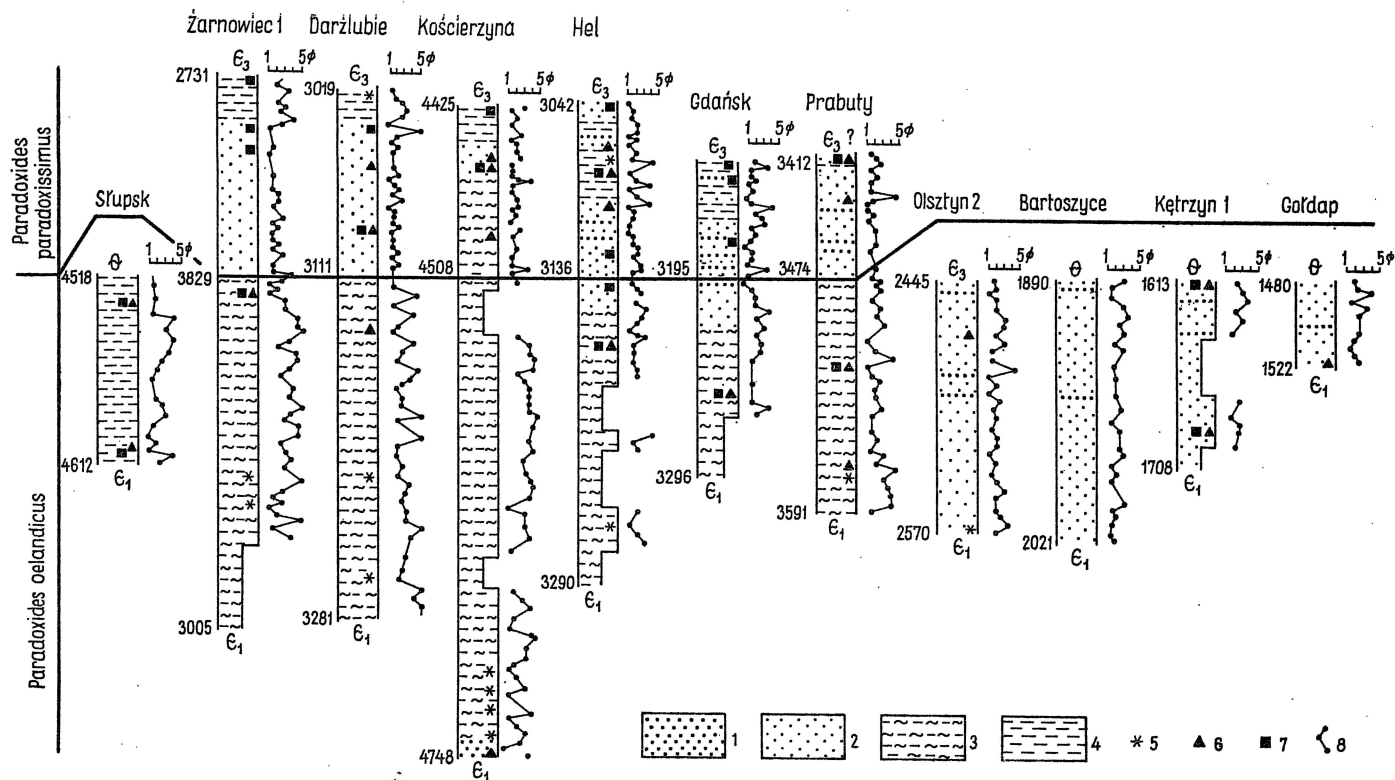


Fig. 2. Zestawienie profili litologicznych kambru środkowego z syneklizy perybaltyckiej
Correlation of lithological sections of the Middle Cambrian of the Peribaltic Syneclise

1 — piaskowce średnioziarniste; 2 — piaskowce drobnoziarniste, 3 — osady mułowcowo-łłowcowo-piaskowcowe; 4 — osady łłowcowo-mułowcowe; 5 — glaukonit; 6 — sfaleryt; 7 — siarczany; 8 — różnica między wielkością maksymalnego i najczęstszego ziarna kwarcu (w skali phi)
1 — medium-grained sandstones; 2 — fine-grained sandstones; 3 — mudstone-claystone-sandstone deposits; 4 — claystone-mudstone deposits; 5 — glauconite; 6 — sphalerite; 7 — sulphates; 8 — difference between the maximum and dominant grain-size of quartz (in phi scale)

paradoxissimus, i to bez najwyższego podpoziomu, tylko w zachodniej części syneklizy (Żarnowiec 1, Darżlubie, Hel, Gdańsk, Kościerzyna, Prabuty). Na całym obszarze w badanych otworach wiertniczych brak najwyższego poziomu *Paradoxides forchhammeri*.

Zbiornik środkowokambryjski miał charakter regresywny (K. Lendzion, 1974 a) i na skutek dźwigających ruchów tarczy bałtyckiej oraz platformy wschodnioeuropejskiej morze wycofywało się w kierunku zachodnim. Podobna tendencja utrzymała się w kambrze górnym, powodując powiększenie się obszaru lądowego.

Luźna stratygraficzna występująca w kambrze środkowym prawdopodobnie spowodowana była (A. Witkowski, 1974; K. Lendzion, 1976) wydźwignięciem części platformy wschodnioeuropejskiej, przy czym część wschodnia syneklizy perybałtyckiej uległa intensywniejszym ruchom epejrogenicznym, czym tłumaczy się brak dwóch najwyższych poziomów kambru środkowego oraz brak kambru górnego. W części zachodniej syneklizy na poziomie *Paradoxides paradoxissimus* leży bezpośrednio kambr górny.

Nie należy wykluczyć możliwości usunięcia przez erozję osadów poziomu *Paradoxides forchhammeri* oraz dolnych ogniów kambru górnego w zachodniej części syneklizy (W. Bednarczyk, 1972; K. Lendzion, 1974a). W rejonie Łeby (otwory wiertnicze Smołdzino 1, Łeba 8, Białogóra 1, Dębki 2) stwierdzono (W. Bednarczyk, M. Turnau-Morawska, 1975) występowanie najwyższych ogniów poziomu *Paradoxides paradoxissimus*, całego poziomu *Paradoxides forchhammeri* oraz kambru górnego (z niewielką luką stratygraficzną).

Miąszość osadów poziomu *Paradoxides oelandicus* waha się od 52 m (Gołdap) do 240 m (Kościerzyna) z ogólną tendencją wzrostu miąszości w kierunku E—W. W utworach poziomu *Paradoxides paradoxissimus* miąszość jest mniej zróżnicowana, a zmienia się od 52 m (Gdańsk) do 98 m (Żarnowiec 1) i wzrasta również w kierunku zachodnim.

CHARAKTERYSTYKA LITOLOGICZNO-PETROGRAFICZNA SKAŁ

Utwory kambru środkowego w syneklizie perybałtyckiej reprezentowane są przez kompleks osadów klastycznych, na które składają się piaskowce drobno- rzadziej średnioziarniste, mułowce, iłowce oraz serie gęsto laminowanych skał ilasto-piaszczystych.

POZIOM PARADOXIDES OELANDICUS

Osady poziomu *Paradoxides oelandicus* na badanym obszarze charakteryzują się dużym zróżnicowaniem litologicznym. W części wschodniej (Olsztyn 2, Kętrzyn 1, Bartoszyce, Gołdap) występuje monotonna seria jasnoszarych, słabo zwięzłych piaskowców drobnoziarnistych z pojedynczymi drobnymi żwinkami kwarcu (2—4 mm). W piaskowcach sporadycznie spotyka się cienkie wkładki ciemnoszarych mułowców lub iłowców z dużą ilością łyszczyków. Piaskowce charakteryzują się najczęściej

teksturą¹ bezładną. Niekiedy spotyka się teksturę kierunkową, podkreśloną przez laminację równoległą lub lekko przekątną. W części wschodniej syneklizy jedynie w otworze Olsztyn IG 2 stwierdzono występowanie tekstur sedymentacyjnych, takich jak: bioturbacje, hieroglify prądowe, sedymentacyjne tekstury deformacyjne. Opisywane piaskowce są zwykle słabo wysortowane, co wyraża się znaczną różnicą między wielkością maksymalnego i najczęstszego ziarna kwarcu. Na fig. 2 obok profilu naniesiono w postaci krzywej wartości tej różnicy w skali phi (od 1 do 5). Przyjmując, że jest to wskaźnik wysortowania, należy łączyć wyższe wartości phi z gorszym wysortowaniem osadu, i odwrotnie.

Omawiane piaskowce, to przede wszystkim drobno- i średnioziarniste arenity kwarcowe, rzadziej waki kwarcowe. Na trójkącie klasyfikacyjnym według F. L. Schwaba (1977) przedstawiono charakterystykę strukturalną piaskowców i mułowców (fig. 3 A—C). Dodatkowo linią przerywaną zaznaczono granicę między wakami i mułowcami, wyrażoną zawartością 75% *matrix* według klasyfikacji R. L. Dotta zmodyfikowanej przez F. J. Pettijohna, P. E. Pottera i R. Sievera (1972). W niniejszym artykule zrezygnowano z przedstawienia tradycyjnych trójkątów klasyfikacyjnych: kwarc — skalenie — litoklasty, ze względu na wyjątkowo mało zróżnicowany skład materiału okruchowego w badanych skałach. Trójkąt o narożach: materiał okruchowy — *matrix* — cement (spoiwo chemiczne) doskonale odzwierciedla skład mineralny piaskowców i mułowców środkowokambryjskich.

Średnią zawartość kwarcu w poszczególnych profilach ze wschodniej części syneklizy perybałtyckiej jest znaczna i zmienia się od 72,2% (Gołdap) do 91,6% (Olsztyn 2). Kwarc występuje w postaci bardzo dobrze obtoczonych, często kulistych ziarn. Wartość phi określająca wielkość najczęstszych ziarn kwarcu jest niska i waha się od 2,95 do 2,65, co w mm wynosi odpowiednio 0,13 i 0,16. W otworze Olsztyn 2 występują kwarcowe obwódki regeneracyjne, które często nie pozwalają określić pierwotnego kształtu i obtoczenia ziarn. W piaskowcach wapnistych natomiast obserwuje się korozję ziarn kwarcu, która w efekcie także zmienia ich kształt. Osobniki kwarcu wykazują najczęściej wygaszanie światła zwyczajne, tylko sporadycznie faliste lub mozaikowe; niekiedy zawierają one drobne wrostki mineralne.

Materiał detrytyczny opisywanych skał oprócz kwarcu zawiera bardzo drobne ilości blaszek muskowitu (< 1%) oraz ziarn skaleni (< 0,5%), wśród których wyróżniono plagioklasy i mikroklin. Glaukonit w postaci kulistych skupień o budowie agregatowej występuje tylko w przyspągowej części otworu Olsztyn 2 (1—2%). Udział minerałów ciężkich jest nieznaczny i średnio waha się od 0,3 do 1%. Wśród nich przeważają minerały nieprzezroczyste (piryt, leukoksen), a przezroczyste reprezentowane są głównie przez cyrkon, turmalin i rutil (fig. 4) w postaci bardzo dobrze obtoczonych ziarn.

Najczęściej występującym typem spoiwa jest węglanowe wypełniające lub porowe, którego średnia zawartość w osadach z poszczególnych profili waha się od 5,5% (Olsztyn 2) do 17,5% (Gołdap). W otworze Ol-

¹ Terminy „tekstura” i „struktura” przyjęto w znaczeniu podanym przez A. Bolewskiego i W. Parachoniaka (1974).

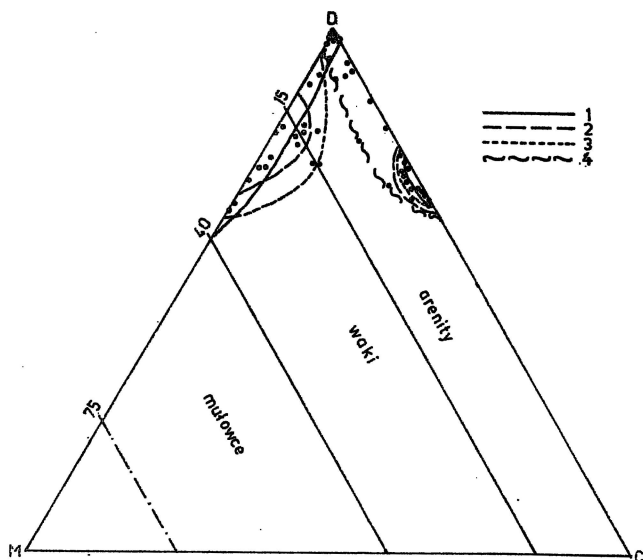


Fig. 3A. Skład petrograficzny piaskowców i mułowców kambriu środkowego z otworów Kętrzyn, Góldap, Bartoszyce, Olsztyn
 Petrographic composition of Middle Cambrian sandstones and mudstones from Kętrzyn, Góldap, Bartoszyce and Olsztyn boreholes

Zasięg pola punktów skał z otworów: 1 — Kętrzyn IG 1; 2 — Góldap IG 1; 3 — Bartoszyce IG 1; 4 — Olsztyn IG 2; trójkąt klasyfikacyjny według F. L. Schwaba (1977): C — cement (spoiwo chemiczne); D — materiał detrytyczny; M — matrix
 Extent of field of points for rocks from borehole: 1 — Kętrzyn IG 1; 2 — Góldap IG 1; 3 — Bartoszyce IG 1; 4 — Olsztyn IG 2; classification triangle after F. L. Schwab (1977): C — cement (chemical cement); D — detrital material; M — matrix

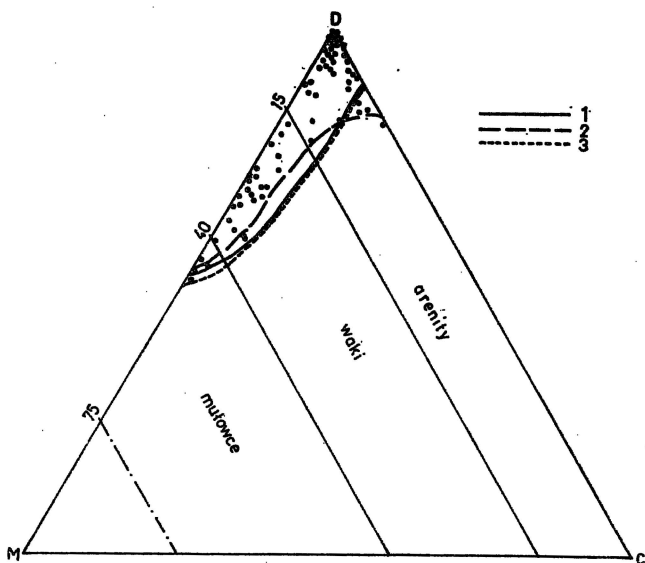


Fig. 3B. Skład petrograficzny piaskowców i mułowców kambriu środkowego z otworów Gdańsk, Prabuty, Hel
 Petrographic composition of Middle Cambrian sandstones and mudstones from Gdańsk, Prabuty and Hel boreholes

Zasięg pola punktów skał z otworów: 1 — Gdańsk IG 1; 2 — Prabuty IG 1; 3 — Hel IG 1; pozostałe objaśnienia jak przy fig. 3A
 Extent of field of points for rocks from borehole: 1 — Gdańsk IG 1; 2 — Prabuty IG 1; 3 — Hel IG 1; other explanations as in Fig. 3A

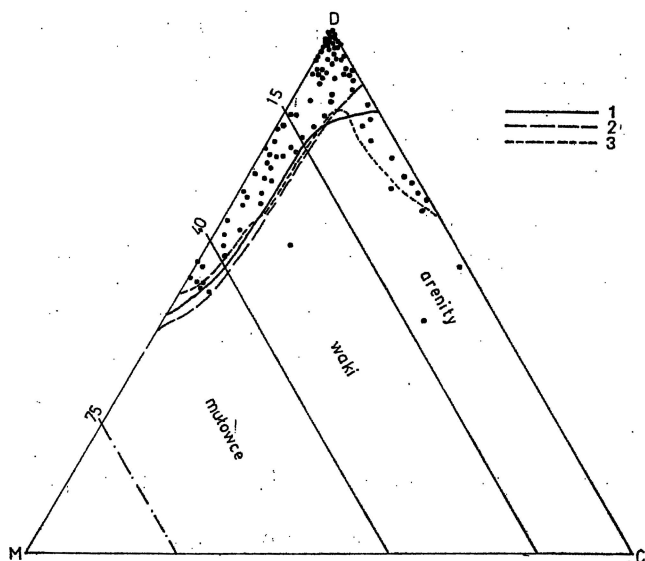


Fig. 3C. Skład petrograficzny piaskowców i mułowców kambru środkowego z otworów Żarnowiec, Darżlubie, Kościerzyna

Petrographic composition of Middle Cambrian sandstones and mudstones from Żarnowiec, Darżlubie and Kościerzyna boreholes

Zasięg pola punktów skał w otworach: 1 — Żarnowiec IG 1; 2 — Darżlubie IG 1; 3 — Kościerzyna IG 1; pozostałe objaśnienia jak przy fig. 3A

Extent of field of points for rocks from borehole: 1 — Żarnowiec IG 1; 2 — Darżlubie IG 1; 3 — Kościerzyna IG 1; other explanations as in Fig. 3A

sztyn 2 dominuje kwarcowe spoiwo regeneracyjne w postaci obwódek wokół ziarn kwarcu, a towarzyszy mu spoiwo krzemionkowe. W otworach Bartoszyce, Kętrzyn 1, Gołdap w znacznych ilościach występuje w spoiwie zleukoksenizowana substancja ilasto-żelazista, której zawartość wyjątkowo dochodzi do 30%. Minerale ilaste występują bardzo rzadko, a ich ilość zwykle nie przekracza 1% i tylko sporadycznie osiąga wartość ok. 30%. Jest to przede wszystkim illit w postaci drobnołuseczkowych agregatów. Często jest on trudny do zidentyfikowania pod mikroskopem ze względu na obecność rozproszonego ciemnego pigmentu złożonego z pirytu, leukoksenu lub wodorotlenków żelaza. Substancję bitumiczną notowano w kilku próbkach w ilościach śladowych.

W części zachodniej syneklizy perybałtyckiej w poziomie *Paradoxides oelandicus* występują osady ilasto-piaszczyste ze znacznym udziałem skał mułowcowych. Są to nieregularnie przewarstwiewające się, bardzo drobnoziarniste, silnie scementowane (szczególnie ortokwarcyty) piaskowce typu arenitów kwarcowych i wak kwarcowych, mułowce kwarcowe i ilaste oraz iłowce. W przyspągowej części poziomu występują osady piaskowcowe barwy jasnoszarej i ciemniejsze mułowce zwykle z dużą ilością glaukonitu (tabl. I, fig. 9). Wyżej wzrasta udział ciemnoszarych mułowców ilastych i prawie czarnych iłowców z różną zawartością materiału okrucowego.

Średnia wielkość najczęstszych ziarn kwarcu w poszczególnych pro-

filach zmienia się od 5,65 phi (Żarnowiec 1) do 3,65 phi (Gdańsk), co odpowiada wielkościom 0,02 i 0,08 mm. Średnia wielkość ziarna maksymalnego kwarcu nie przekracza 1,48 phi (0,36 mm). Wysortowanie tych skał jest bardzo dobre, co widać na krzywych (fig. 2), gdzie osadom tym odpowiadają najniższe wartości phi. Natomiast wysokie wielkości phi odnoszą się do iłowców, które przewarstwiają utwory piaszczyste. Materiał detrytyczny piaskowców jest na ogół dobrze obtoczony, ziarna często mają kształt kulisty. Głównym składnikiem okrucuchowym jest kwarc, zawartość którego jest wysoka i w piaskowcach kwarcytowych przekracza 95%. W stosunku do piaskowców ze wschodnich obszarów syneklizy perybałtyckiej, w tych częściej spotykany jest glaukonit, i to w ilościach dochodzących do 21,4 i 26,6% (Kościerzyna, Darżlubie), oraz substancja bitumiczna. W ilości $< 1\%$ notowano plagioklasy, mikroklin oraz muskowitz. Stwierdzono także obecność okrucuchów skał krzemionkowych (czerty).

Obok regeneracyjnego spoiwa kwarcowego, które w piaskowcach dominuje, występuje spoiwo węglanowe typu wypełniającego i porowego oraz ilaste bazalne, porowe, rzadziej typu masy wypełniającej. To ostatnie jest częstsze w mułowcach, które towarzyszą tu piaskowcom i iłowcom.

Mułowce kwarcowe od opisanych wyżej piaskowców różnią się głównie wielkością ziarna kwarcu, niekiedy także większą zawartością łyśczyków i minerałów ilastych. Mułowce ilaste natomiast zawierają znacznie więcej pelitu ilastego, stanowiącego spoiwo typu masy wypełniającej (tabl. I, fig. 10). Pelit ten jest przyczyną mniejszej zwięzłości mułowców ilastych niż mułowców kwarcowych czy piaskowców.

W części zachodniej syneklizy perybałtyckiej dużą rolę odgrywają iłowce, których udział wzrasta w kierunku zachodnim. Występują one wraz z piaskowcami (podrzędnie mułowcami) w formie gęsto laminowanych skał ilasto-piaszczystych, a w Słupsku dominuje monotonna seria iłowców rzadko przewarstwionych cienkimi wkładkami piaszczystymi. W iłowcach często obserwuje się tekstury kierunkowe podkreślone równoległym ułożeniem minerałów łuseczkowych oraz cienkie laminy i drobne soczewki materiału pyłowego lub piaszczystego (tabl. II, fig. 11). Poza tym bardzo licznie występują tekstury sedymentacyjne, a mianowicie: bioturbacje, hieroglify prądowe oraz sedymentacyjne tekstury deformacyjne. W iłowcach z otworu Słupsk, gdzie między kambrem i ordowikiem obserwuje się kontakt tektoniczny, często występują lustra tektoniczne.

Badania rentgenowskie frakcji ilastej ($< 2 \mu\text{m}$) wykazały, że podstawową masę iłowców stanowią illit oraz chloryt, którym towarzyszą niekiedy kaolinit i minerały o pakietach mieszanych. Iłowce zawierają różne ilości materiału detrytycznego (kwarc, łyśczyki, minerały akcesoryczne), substancję bitumiczną, niekiedy także glaukonit.

POZIOM PARADOXIDES PARADOXISSIMUS

W osadach wymienionego poziomu, występującego w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej, stwierdzono analogiczne typy skał jak w poziomie *Paradoxides oelandicus*, z tym że dominują tu piaskowce i tyl-

ko w części stropowej badanych profili spotyka się iłowce, rzadziej mułowce. Znaczny udział gęsto laminowanych skał ilasto-piaszczystych stwierdzono jedynie w Kościerzynie.

Skład mineralny piaskowców, mułowców oraz iłowców jest bardzo zbliżony do składu skał opisanych powyżej, występujących w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej w poziomie *Paradoxides oelandicus*. Z uwagi na istotną przewagę piaskowców w tych osadach, średnie wielkości najczęstszego i maksymalnego ziarna kwarcu dla poszczególnych profili są znacznie większe niż w poziomie niższym (fig. 7). Dla ziarna najczęstszego wartość ϕ zmienia się od 2,85 (0,07 mm) w Kościerzynie do 2,65 (0,16 mm) w Prabutach, natomiast dla ziarna maksymalnego od 0,95 (0,52 mm) w Prabutach do 2,00 (0,25 mm) w Kościerzynie. Różnica między omawianymi charakterystycznymi wielkościami ziarn kwarcu jest tu większa (z wyjątkiem Kościerzyny) niż w poziomie *Paradoxides oelandicus*, co wskazuje na ogólne pogorszenie wysortowania osadów. Jest ona natomiast bardzo mało zmienna w obrębie poszczególnych profili (fig. 2), a szczególnie w monotonnych seriach piaszczystych. W utworach tych ziarna detrytyczne są słabo obtoczone, a dobrym obtoczeniem wyróżniają się ziarna piaskowców z otworów Gdańsk i Prabuty.

Opisywane piaskowce odznaczają się strukturą drobnoziarnistą; są to arenity kwarcowe, często kwarcytowe, rzadziej waki kwarcowe (fig. 3 A—C). Cienkie przewarstwienia i smugi materiału ilastego (tabl. II, fig. 12) podkreślają poziome, czasem lekko przekątne warstwowanie. Obserwuje się także tekstury sedimentacyjne typu hieroglifów prądowych, bioturbacji czy tekstur deformacyjnych. Występują one jednak rzadziej niż w osadach poziomu *Paradoxides oelandicus* z tych samych otworów.

Podsumowując opis petrograficzny badanych typów skał kambru środkowego warto zwrócić uwagę na ich projekcję w trójkątach klasyfikacyjnych F. L. Schwaba (fig. 3). Jak widać, większość badanych osadów piaszczystych i mułowcowych stanowią skały o składzie mineralnym arenitów, a znacznie mniej odpowiada wakom i mułowcom. Na poszczególne trójkąty naniesiono skład osadów z otworów, których punkty projekcyjne zajmują zbliżone zasięgiem pola. Tak więc badane profile połączyły się w następujące grupy: fig. 3A — Olsztyn 2, Bartoszyce, Kętrzyn 1, Gołdap; fig. 3B — Hel, Gdańsk, Prabuty; fig. 3C — Żarnowiec 1, Darżlubie, Kościerzyna. Fakt ten znajduje swoje uzasadnienie w rozkładzie litofacji w syneklizie. Na trójkątach brak osadów z otworu Słupsk, gdyż są one reprezentowane głównie przez iłowce.

ANALIZA MINERAŁÓW CIĘŻKICH

Zawartość minerałów ciężkich we frakcji 0,06—0,20 mm jest niewielka i tylko w próbkach bardzo bogatych w piryt lub siarczany przekracza 1% wag.

W grupie minerałów allogenicznych przezroczystych (fig. 4) najczęściej i najliczniej reprezentowane są cyrkon oraz turmalin i rutyl. Minerale te wykazują zwykle bardzo dobre obtoczenie, jedynie cyrkon ma

ko w części stropowej badanych profili spotyka się iłowce, rzadziej mułowce. Znaczny udział gęsto laminowanych skał ilasto-piaszczystych stwierdzono jedynie w Kościerzynie.

Skład mineralny piaskowców, mułowców oraz iłowców jest bardzo zbliżony do składu skał opisanych powyżej, występujących w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej w poziomie *Paradoxides oelandicus*. Z uwagi na istotną przewagę piaskowców w tych osadach, średnie wielkości najczęstszego i maksymalnego ziarna kwarcu dla poszczególnych profili są znacznie większe niż w poziomie niższym (fig. 7). Dla ziarna najczęstszego wartość ϕ zmienia się od 2,85 (0,07 mm) w Kościerzynie do 2,65 (0,16 mm) w Prabutach, natomiast dla ziarna maksymalnego od 0,95 (0,52 mm) w Prabutach do 2,00 (0,25 mm) w Kościerzynie. Różnica między omawianymi charakterystycznymi wielkościami ziarn kwarcu jest tu większa (z wyjątkiem Kościerzyny) niż w poziomie *Paradoxides oelandicus*, co wskazuje na ogólne pogorszenie wysortowania osadów. Jest ona natomiast bardzo mało zmienna w obrębie poszczególnych profili (fig. 2), a szczególnie w monotonicznych seriach piaszczystych. W utworach tych ziarna detrytyczne są słabo obtoczone, a dobrym obtoczeniem wyróżniają się ziarna piaskowców z otworów Gdańsk i Prabuty.

Opisywane piaskowce odznaczają się strukturą drobnoziarnistą; są to arenity kwarcowe, często kwarcytowe, rzadziej waki kwarcowe (fig. 3 A—C). Cienkie przewarstwienia i smugi materiału ilastego (tabl. II, fig. 12) podkreślają poziome, czasem lekko przekątne warstwowanie. Obserwuje się także tekstury sedimentacyjne typu hieroglifów prądowych, bioturbacji czy tekstur deformacyjnych. Występują one jednak rzadziej niż w osadach poziomu *Paradoxides oelandicus* z tych samych otworów.

Podsumowując opis petrograficzny badanych typów skał kambru środkowego warto zwrócić uwagę na ich projekcję w trójkątach klasyfikacyjnych F. L. Schwaba (fig. 3). Jak widać, większość badanych osadów piaszczystych i mułowcowych stanowią skały o składzie mineralnym arenitów, a znacznie mniej odpowiada wakom i mułowcom. Na poszczególne trójkąty naniesiono skład osadów z otworów, których punkty projekcyjne zajmują zbliżone zasięgiem pola. Tak więc badane profile połączyły się w następujące grupy: fig. 3A — Olsztyn 2, Bartoszyce, Kętrzyn 1, Gołdap; fig. 3B — Hel, Gdańsk, Prabuty; fig. 3C — Żarnowiec 1, Darżlubie, Kościerzyna. Fakt ten znajduje swoje uzasadnienie w rozkładzie litofacji w syneklizie. Na trójkątach brak osadów z otworu Słupsk, gdyż są one reprezentowane głównie przez iłowce.

ANALIZA MINERAŁÓW CIĘŻKICH

Zawartość minerałów ciężkich we frakcji 0,06—0,20 mm jest niewielka i tylko w próbkach bardzo bogatych w piryt lub siarczany przekracza 1% wag.

W grupie minerałów allogenicznych przezroczystych (fig. 4) najczęściej i najliczniej reprezentowane są cyrkon oraz turmalin i rutil. Minerale te wykazują zwykle bardzo dobre obtoczenie, jedynie cyrkon ma

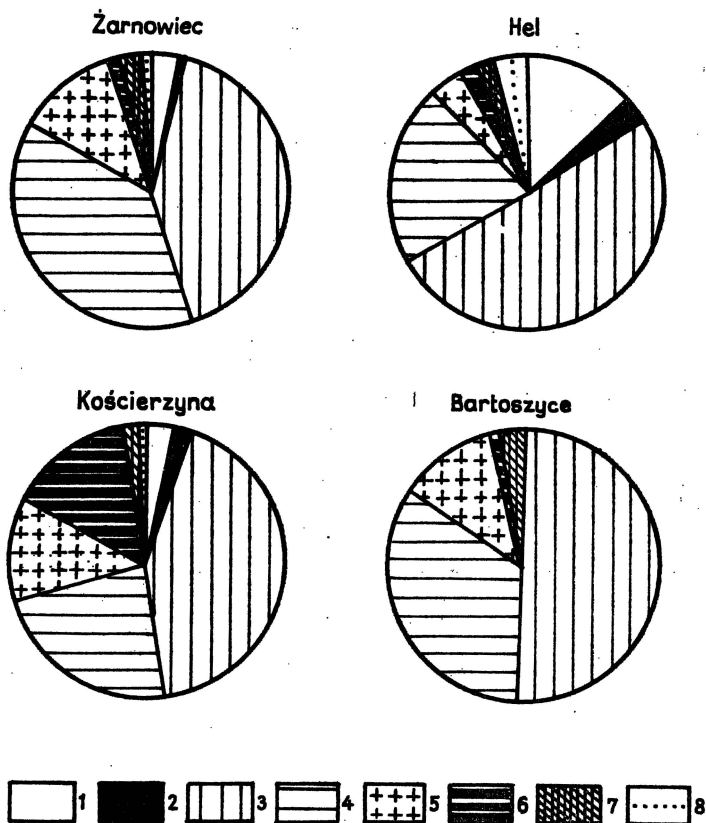


Fig. 4. Skład zespołu minerałów allogenicznych przezroczystych frakcji ciężkiej w przeliczeniu na 100% obj.

Composition of transparent allogenetic mineral assemblage of the heavy fraction counted for 100 volume per cent

1 — hipersten; 2 — amfibole; 3 — cyrkon; 4 — turmalin; 5 — rutil; 6 — lyszczyki; 7 — anataz; 8 — inne

1 — hypersthene; 2 — amphiboles; 3 — zircon; 4 — tourmaline; 5 — rutile; 6 — micas; 7 — anatase; 8 — other minerals

czasem postać wyraźnych słupków. Towarzyszą im, ale już w niewielkich ilościach: hipersten, amfibole, anataz i inne minerały tytanowe, granaty, sporadycznie klinopirokseny, zielony spinel (hercynit), monocyty, epidoty. Dominują więc w osadach minerały bardzo odporne na wietrzenie i transport. Obliczono średnie wartości wskaźnika ZTR (J. Hubert, 1962), który określa procentową zawartość cyrkonu, turmalinu i rutilu w ogólnej ilości minerałów przezroczystych allogenicznych, z wyłączeniem lyszczyków. Wartości tego współczynnika (fig. 5) są bardzo wysokie i dla osadów poziomu *Paradoxides oelandicus* dochodzą nawet do 98% (Darżlubie, Gołdap), a tylko w Helu, Słupsku i Prabutach wynoszą poniżej 90%, odpowiednio: 60, 78 i 80%. Współczynnik ZTR jest również wysoki dla utworów poziomu *Paradoxides paradoxissimus*. Najniższe wartości osiąga w osadach z otworów Hel (74%) i Kościerzyna

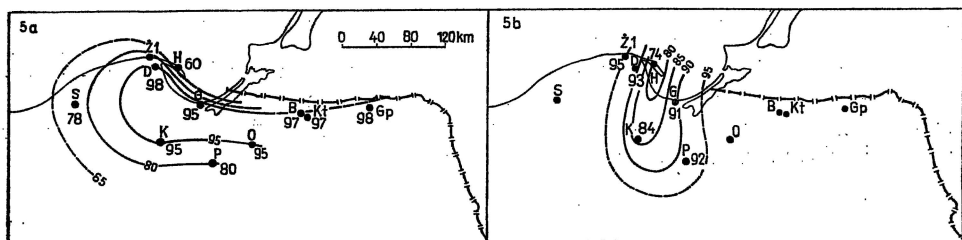


Fig. 5. Mapki średniej wartości współczynnika ZTR w poziomach: *Paradoxides oelandicus* (5a) i *Paradoxides paradoxissimus* (5b)

Maps of mean value of the ZTR index for the *Paradoxides oelandicus* (5a) and *Paradoxides paradoxissimus* (5b) zones

Oznaczenie otworów jak na fig. 1

Borehole symbols as in Fig. 1

(84%). Tak wysoki wskaźnik (powyżej 90%) charakterystyczny jest dla ortokwarcytowych piaskowców i świadczy o dużej mineralogicznej dojrzałości zarówno zespołu minerałów ciężkich, jak i samych skał.

Wśród minerałów allogenicznych szczególną uwagę zwraca ortopiroksen — hipersten, który występuje dość licznie w postaci bardzo świeżych ziarn. Wykazuje charakterystyczny pleochroizm o schemacie absorpcji: γ — jasnozielony; β — różowawy; α — czerwono-brunatny. Średnie zawartości hiperstenu (w grupie minerałów allogenicznych przezroczyстых) dla osadów z otworów Hel i Żarnowiec 1 wynoszą odpowiednio 23,2 i 13,6%, są więc bardzo wysokie w stosunku do skał, gdzie hipersten występuje sporadycznie lub wcale nie występuje (Kościerzyna, Gdańsk, Bartoszyce, Gołdap). Również amfibole (głównie hornblenda) najczęściej występują w otworach Hel i Żarnowiec 1, w pozostałych natomiast, poza śladami w Słupsku, Prabutach i Kętrzynie 1, amfiboli nie stwierdzono.

Do grupy minerałów allogenicznych zaliczono anataz i leukoksen, jako minerały powstałe z przeobrażenia pierwotnie istniejących w osadzie minerałów żelazistych i żelazisto-tytanowych pochodzenia terygenicznego. Anataz tworzy zwykle automorficzne tabliczki, leukoksen zaś występuje w formie kulistych lub owalnych ziarn bardzo dobrze obtoczonych.

Wśród minerałów autigenicznych dominuje piryty, który występuje w postaci różnej wielkości skupień, w formie spoiwa lub bardzo rozproszony jako pigment w tle skalnym. Pozostałe minerały w tej grupie — to często pojawiający się sfaleryt oraz siarczany, głównie baryt (fig. 2).

Hipersten jest minerałem mało odpornym na transport, a ponadto występuje w niewielu typach skał podłoża krystalicznego, stanowi więc dobry wskaźnik obszaru alimentacyjnego. Wydaje się, że minerał ten w badanych osadach pochodzi ze skał svekofenno-karelskiego kaszubskiego kompleksu metamorficznego, który ciągnie się w kierunku północnym pod dnem Morza Bałtyckiego (A. Dąbrowski, A. Uhrynowski, 1976). W kompleksie kaszubskim występują granulity i czarnokity zawierające znaczne ilości hiperstenu (S. Kubicki, W. Ryka, J. Znosko, 1972).

Obecność amfiboli w badanych osadach można wiązać z gnejsami występującymi także w kompleksie kaszubskim.

Minerały takie, jak: cyrkon, turmalin i rutyl pochodzą ze starszych od kambru środkowego redeponowanych skał osadowych, a jedynie niewielka część ziarn cyrkonu, o automorficznych kształtach, może mieć swoje źródło w skałach podłoża krystalicznego.

ZAGADNIENIE DOJRZAŁOŚCI OSADÓW

Piaszczyste serie w kambrze środkowym są dojrzałe strukturalnie, szczególnie litofacja piaszczysta we wschodniej części syneklizy perybałtyckiej, w której brak osadów ilastych. Piaskowce według skali R. L. Folka (1968) są dobrze wysortowane, ziarna bardzo dobrze obtoczone, często o kulistym kształcie. Dominującym typem spoiwa jest spoiwo węglanowe wypełniające oraz kwarcowe regeneracyjne (spoiwo ilaste występuje sporadycznie i to w znikomych ilościach), co także jest charakterystyczne dla osadów dojrzałych. Wymienione wyżej cechy badanych skał świadczą o wysokiej energii wód zbiornika, w którym powstały. Według R. L. Folka (1962) tylko w takich warunkach nałożyły się mogły efekty procesów wymywania substancji ilastej, wysortowania i obtoczenia, które doprowadziły do powstania skał o dużej dojrzałości strukturalnej. Tego typu osady są charakterystyczne dla środowiska przybrzeżnych płyčin, a nawet plaży. Dojrzałość wiąże się także z tektoniczną stabilnością podłoża, która w przypadku omawianych skał sprzyjała powstawaniu osadów bardzo dojrzałych strukturalnie.

Piaskowce pochodzące z zachodniej części syneklizy cechuje nieco niższy stopień dojrzałości strukturalnej. Zawierają one więcej substancji ilastej, obtoczenie jest na ogół słabsze, natomiast wysortowanie jest bardzo dobre. Piaskowce te można zaliczyć do osadów dojrzałych strukturalnie, które tworzyły się w strefie zbiornika o niższej energii wód niż w poprzednim wypadku. Była ona zbyt słaba, aby dobrze obtoczyć wysortowany już materiał okruchowy. Osady te można wiązać z płytководną partią strefy nerytycznej zbiornika.

Omawiane osady piaszczyste charakteryzują się także dojrzałością mineralogiczną (J. Hubert, 1962), gdyż są to najczęściej oligomiktyczne piaskowce kwarcowe, a nierzadko ortokwarcyty, zawierające minimalną ilość skaleni i łyszczyków, a pozbawione fragmentów łyszczykowych skał metamorficznych. O ich dojrzałości mineralogicznej świadczy także obecność okruchów rogowców oraz bardzo wysokie, powyżej 90%, wartości współczynnika ZTR.

Z pojęciem dojrzałości osadów wiąże się inwersja strukturalna. W badanych skałach najczęściej obserwowanymi typami inwersji są: drugi (ziarna obtoczone, słabo wysortowane) i szósty (ziarna dobrze wysortowane, źle obtoczone, w spoiwie ilastym). Wydaje się, że ten ostatni typ pierwotnie występował częściej, a mianowicie w skałach, gdzie było spoiwo ilaste, a w wyniku procesów diagenetycznych zastąpione zostało spoiwem krzemionkowym czy węglanowym. Oba typy inwersji strukturalnej świadczą o wymieszaniu osadów z różnych środowisk sedyment-

tacyjnych jednego zbiornika. W otworach wiertniczych Hel i Żarnowiec 4 pojawia się inwersja strukturalna typu piątego (dobrze wysortowany bimodalny osad), która wskazuje na różne źródła pochodzenia detrytu. Nastąpiło tu wymieszanie materiału pochodzącego ze zniszczenia starszych skał osadowych ze świeżym detrytem z kompleksu metamorficznego. Znajduje to potwierdzenie w składzie mineralnym skał z tych dwóch otworów.

LITOFACJE W KAMBRZE ŚRODKOWYM I ICH ROZMIESZCZENIE

Przeprowadzone badania petrograficzne pozwalają wydzielić w profilu pionowym kambru środkowego kilka zespołów litofacjalnych (fig. 2). W osadach całego kambru zachodniej części syneklizy perybałtyckiej W. K. Rydzewska (1975b) wyróżniła sześć litofacji, z których na kambr środkowy przypadały następujące (poczynając od spągu): litofacja D — mułowcowo-iłowcowo-piaskowcowa; litofacja E — najbardziej drobnoziarnistych piaskowców kwarcowych i kwarcytowych; litofacja F — iłowcowo-mułowcowa. Przedstawione w artykule wyniki pozwalają na przyjęcie takiego wyróżnienia zespołów litofacjalnych, z tym że, zdaniem autorki, w wielu przypadkach nie można stawiać tak jednoznacznej granicy między nimi. W profilu pionowym następuje wyraźne powtarzanie się litofacji, np.: E i F w otworach Hel, Gdańsk i Prabuty. Poza tym osady w profilu Słupska autorka zaliczyła do innego zespołu litofacjalnego, a mianowicie iłowcowo-mułowcowego (F), gdyż dominują w nim iłowce, często bitumiczne, z bardzo cienkimi przewarstwieniami grubszego materiału. Utwory skalne ze wschodniej części syneklizy stanowią litofację piaskowcową, która odpowiadałaby serii E z zachodniego rejonu, z tym że jest ona wyraźnie bardziej przybrzeżna i płytkowodna.

Z rozmieszczenia zespołów litofacjalnych wynika, że utwory poziomu *Paradoxides oelandicus* w części wschodniej syneklizy perybałtyckiej osadzały się w płytkowodnej, przybrzeżnej i dobrze przewietrzanej strefie zbiornika. Okresowo na obszarze tym panowały warunki lądowe. Świadczą o tym, stwierdzone przez K. Lenzion (1974b), ślady z wysychania w osadach z otworu Bartoszyce, a także cechy strukturalne i teksturalne występujących tu skał. Natomiast w zachodniej części syneklizy panowały warunki bardziej głębokomorskie i osadzały się gęsto laminowane utwory mułowcowo-iłowcowo-piaskowcowe. W osadach tych bardzo liczne są tekstury sedymentacyjne (bioturbacje — głównie fodinichnia) świadczące o niskim tempie sedymentacji i znacznym oddaleniu od brzegu (R. Gradziński, A. Kostecka, A. Radomski, R. Unrug, 1976). W otworze Słupsk, wysuniętym najbardziej na zachód, występują iłowce bitumiczne, świadczące o ich tworzeniu się w mniej przewietrzanej najgłębszej strefie zbiornika spośród badanych osadów.

W poziomie *Paradoxides paradoxissimus* morze prawdopodobnie wycofało się ze wschodniej części syneklizy w kierunku zachodnim, gdzie nastąpiło spłylenie zbiornika połączone z przemieszczeniem się litofacji piaszczystej z terenów wschodnich. Wydaje się, że utworzyły się tu warunki płytkowodne, lecz obszar ten odsunęty był dalej od brzegów

zbiornika niż to miało miejsce w przypadku litofacji piaszczystej na wschodzie w poziomie *Paradoxides oelandicus*. Litofacja ilasto-mułowcowa, występująca powyżej utworów piaskowcowych, może świadczyć o krótkotrwałym pogłębieniu zbiornika, lecz bez wyraźnego rozszerzenia jego zasięgu w kierunku wschodnim.

Wynikiem powyższych rozważań jest szkic litofacyjny (fig. 1), gdzie wyróżniono cztery litofacje: najdalej na wschodzie piaszczystą, następnie — idąc dalej w kierunku zachodnim — piaszczysto-ilastą, ilasto-piaszczystą (z większym udziałem osadów ilastych) i na zachodzie — litofację ilastą. Granicę zasięgu tej ostatniej opatrzone znakiem zapytania ze względu na niską ilość materiałów wiertniczych w rejonie Słupska. Na taki przebieg litofacji ilastej wskazywać może występowanie w rejonie Łeby osadów pochodzących z głębszej strefy zbiornika niż ma to miejsce w rejonie Żarnowca, Darżlubia i Helu (K. Lendzion, 1974). Według wymienionej autorki obszar wschodni (na fig. 1 nie pokryty szrafurą) stanowił w głównej mierze płytką część szelfu, a na terenie najdalej wysuniętym na wschód rozciągały się pagórkowate równiny.

Zwraca uwagę fakt, że wydzielone na podstawie trójkątów klasyfikacyjnych F. L. Schwaba (1977), trzy grupy otworów wiertniczych ściśle odpowiadają rozprzestrzenieniu wyróżnionych litofacji (fig. 1, 3A—C).

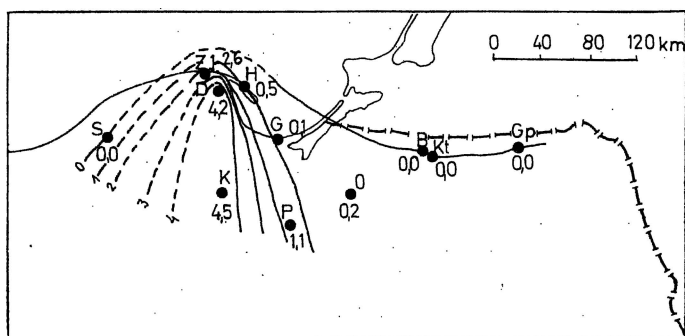


Fig. 6. Mapka średniej zawartości glaukonitu w poziomie *Paradoxides oelandicus* (w % obj.)

Map of mean content of glauconite in the *Paradoxides oelandicus* zone (in volume %)

Oznaczenie otworów jak na fig. 1

Borehole symbols as in Fig. 1

Zasięg występowania glaukonitu w badanych utworach (fig. 6) ma wyraźny związek z poszczególnymi litofacjami. Najbardziej dogodne warunki do jego tworzenia się (głębokość, oddalenie od brzegów, wartość Eh i pH środowiska) panowały w obrębie litofacji ilasto-piaszczystej.

ŹRÓDŁA I KIERUNKI TRANSPORTU MATERIAŁU DETRYTYCZNEGO

Materiał detrytyczny badanych osadów pochodzi głównie z niszczenia starszych skał osadowych, czego dowodem jest jego monotony i ubogi skład oraz zestaw minerałów ciężkich. Tylko część materiału okrucho-

wego pochodzi bezpośrednio z podłoża krystalicznego, które dostarczyło znacznej ilości świeżych ziarn hiperstenu i amfiboli. Dopływ pierwotnego materiału detrytycznego i wymieszanie go z wielokrotnie przerobionym potwierdza obserwowana inwersja strukturalna.

Analizując mapki (fig. 7) przedstawiające średnie wielkości najczęstszego i maksymalnego ziarna kwarcu oraz różnice między nimi można przypuszczać, że w poziomie *Paradoxides oelandicus* materiał okruczowy dostarczony był z północnego wschodu. Odmienny przebieg mają izoliny na analogicznych mapkach dla poziomu *Paradoxides paradoxissimus*. Można jednak przypuszczać, że materiał napływał również z NE oraz ze wschodu.

Przyjmując, iż źródłem hiperstenu i amfiboli są skały pochodzące z przedłużającego się pod dnem Bałtyku metamorficznego kompleksu kaszubskiego, należy sądzić, że transport materiału detrytycznego w rejonie Helu i Żarnowca odbywał się w kierunku NNE. Kierunek ten rysuje się wyraźnie na mapie średnich wartości współczynnika ZTR dla poziomu *Paradoxides paradoxissimus* (fig. 5). Biorąc natomiast pod uwagę analogiczną mapkę dla niższego poziomu oraz średnią zawartość hiperstenu w poszczególnych otworach, nie można wykluczyć kierunku transportu z NW. Przedstawiona na mapkach (fig. 7) druga wersja poprowadzenia izoliny świadczy na korzyść istnienia napływu materiału w NW.

Podsumowując powyższe rozważania, można stwierdzić, że w poziomie *Paradoxides oelandicus* rysują się dwa kierunki transportu z NE i NW, natomiast w poziomie *Paradoxides paradoxissimus* kierunki dostawy materiału okruczowego były bardziej do siebie zbliżone. Materiał ten prawdopodobnie napływał z E, NE i NNE.

PROCESY POSTSEDEMENTACYJNE A POROWATOŚĆ SKAŁ

Badane osady kambru środkowego, a w szczególności piaskowce i mułowce, są na ogół skałami bardzo silnie zdiagenezowanymi. Słabo związane piaskowce występują w otworze Kętrzyn 1 oraz częściowo w otworach Bartoszyce i Gołdap. Diagenеза osadów jest tu wynikiem wielu procesów, a przede wszystkim kompaktacji, sylikfikacji i karbonatyzacji.

O wysokim stopniu zdiagenezowania skał świadczą znaczne wartości współczynnika ilości kontaktów, który dla piaskowców z otworów Gdańsk i Prabuty osiąga wartość 6,5. Jest on dużo mniejszy w osadach z otworów Bartoszyce, Kętrzyn 1, Gołdap i wynosi odpowiednio: 3,2; 3,4; 3,8, co jest spowodowane występowaniem w tych skałach dużej ilości spoiwa węglanowego (fig. 8). W tym rejonie zawartość węglanów dochodzi do 17,5% (Gołdap) często kosztem zmniejszenia ilości regeneracyjnego spoiwa kwarcowego. To ostatnie dominuje w osadach piaskowcowych i mułowcowych w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej. Regeneracyjne spoiwo kwarcowe tworzące otoczki wokół ziarn kwarcu wypierało substancję ilastą i często pozostała ona tylko w postaci cienkich powłok na ziarnach (tabl. III, fig. 13). Proces ten w bardzo dużym stopniu obniżył pierwotną porowatość skał; która została dodatko-

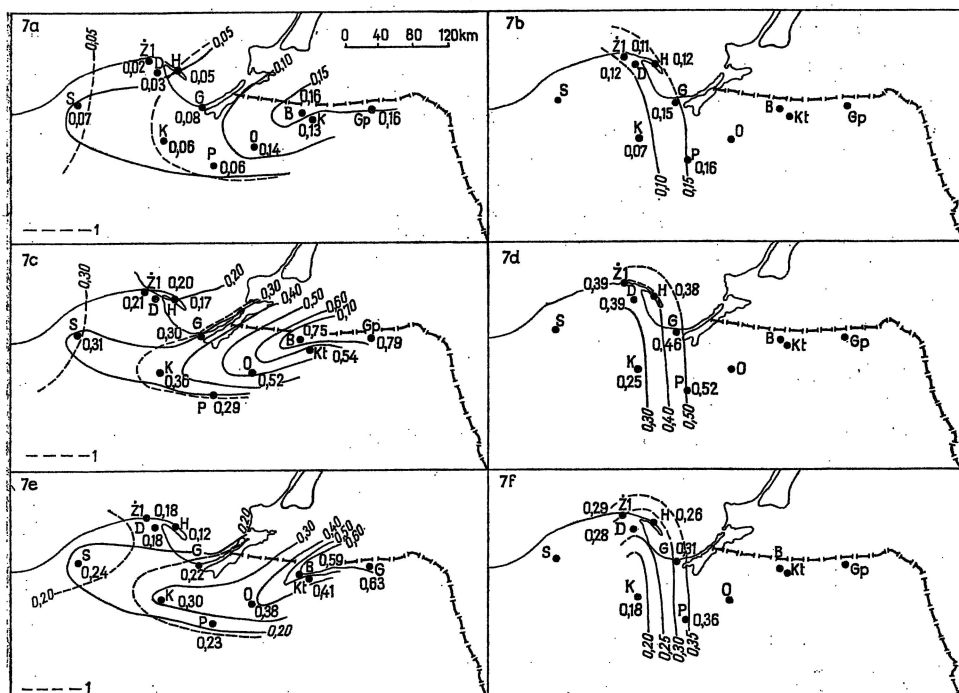


Fig. 7. Mapki średniej wielkości: najczęstszego ziarna kwarcu (7a, 7b); maksymalnego ziarna kwarcu (7c, 7d); średniej różnicy między maksymalnym i najczęstszym ziarnem kwarcu (7e, 7f) odpowiednio w poziomach *Paradoxides oelandicus* i *Paradoxides paradoxissimus* (w mm)

Average value maps of: dominant grain-size of quartz (7a, 7b); maximum grain-size of quartz (7c, 7d); difference between the maximum and dominant grain-size of quartz (7e, 7f) in the deposits of the *Paradoxides oelandicus* i *Paradoxides paradoxissimus* zons, respectively (in mm)

1 — inna wersja przebiegu izolinii; pozostałe objaśnienia jak na fig. 1

1 — other plausible course of isolines; boreholes symbols as in Fig. 1

wo zredukowana przez tworzenie się wtórnych węglanów: kalcytu i dolomitu. Wypełniają one pory w skałach, tworzą żyłki (tabl. III, fig. 14), a także zastępują materiał detrytyczny: kwarc i skalenie (tabl. IV, fig. 15) oraz minerały ilaste.

Dodatkowym czynnikiem powodującym obniżenie porowatości jest rozpuszczanie pod ciśnieniem ((M. T. Heald, G. F. Baker, 1977), a sprzyja mu znaczna ilość substancji ilastej, głównie illitu, w pierwotnym składzie skał. Również szwy stylolitowe (tabl. IV, fig. 16) są wynikiem rozpuszczania pod ciśnieniem, przy czym występują one częściej w piaskowcach o małej zawartości substancji ilastej.

W wyniku procesów diagenetycznych następowała krystalizacja siarczanów, sfalerytu i niekiedy pirytu. Krążące w skałach roztwory powodowały zmianę pH środowiska, co doprowadzało do wypierania minerałów niestabilnych w nowych warunkach i tworzenia się innych. Przykładem tego zjawiska jest zastępowanie skaleni i kwarcu węglanami oraz chlorytyzacją łyszczyków.

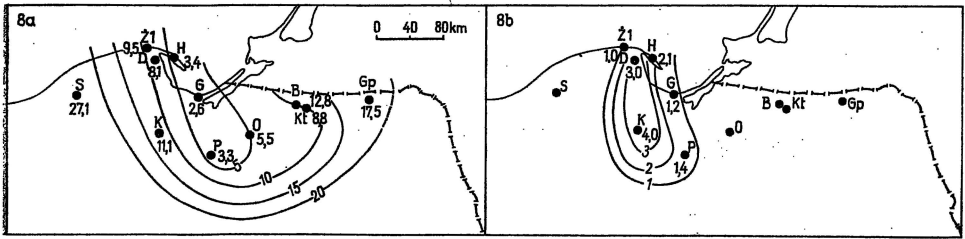


Fig. 8. Mapki średniej zawartości węglanów (w % obj.) w poziomach *Paradoxides oelandicus* (8a) i *Paradoxides paradoxissimus* (8b)

Maps of mean content of carbonates (in volume %) in the *Paradoxides oelandicus* (8a) and *Paradoxides paradoxissimus* (8b) zones

Oznaczenie otworów jak na fig. 1

Borehole symbols as in Fig. 1

Opisane przemiany reprezentują przede wszystkim lokomorficzne stadium diagenety (G. Larsen, G. V. Chilingar, 1967). Etap ten charakterystyczny jest dla procesów lityfikacji związanych z wypieraniem się minerałów.

W wyniku wyżej omawianych procesów postsedymentacyjnych pierwotna porowatość skał została bardzo mocno zredukowana, wobec czego skały kambru środkowego nie posiadają dobrych własności kolektorских.

WNIOSKI

1. Utwory kambru środkowego w syneklizie perybałtyckiej reprezentowane są przez osady klastyczne, wśród których dominują drobnoziarniste arenity kwarcowe. Obok nich występują mułowce oraz ilowce w postaci różnej miąższości wkładek — od bardzo cienkich do grubych i monottonnych serii ilastych.

2. Wśród minerałów ciężkich przeważają: cyrkon, turmalin i rutil, a rzadziej pojawiają się minerały mało odporne na wietrzenie i transport, jak: hipersten i amfibole. Te ostatnie prawdopodobnie pochodzą ze svekofenno-karelskiego metamorficznego kompleksu kaszubskiego stwierdzonego pod dnem Morza Bałtyckiego.

3. Piaskowce środkowokambryjskie są bardzo dojrzałe lub dojrzałe strukturalnie oraz mineralogicznie.

4. Na badanym obszarze syneklizy perybałtyckiej wyróżniono cztery litofacje: piaszczystą na wschodzie, następnie idąc ku zachodowi: piaszczysto-ilastą, ilasto-piaszczystą i ilastą.

5. W poziomie *Paradoxides oelandicus* prawdopodobnie istniały dwa kierunki transportu z NE i NW, natomiast w poziomie *Paradoxides paradoxissimus* materiał okrucowy mógł napływać z E, NE i NNE.

6. Badane osady są silnie zdiagenezowane w wyniku następujących procesów: kompaktacji, sylifikacji i karbonatyzacji, które spowodowały znaczne zredukowanie pierwotnej porowatości skał. Dlatego też skały

kambru środkowego posiadają słabe własności kolektorskie. Ewentualne nagromadzenie bituminów należy wiązać przede wszystkim ze złożami typu strukturalnego. Blokowy charakter budowy geologicznej podłoża krystalicznego oraz aktywność tektoniczna stref nieciągłości w kambrze (F. Stolarczyk, S. Tyski, 1972) stworzyły dogodne warunki do powstawania zamknięć złożowych.

Zakład Petrografii Mineralogii i Geochemii
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 18 stycznia 1978 r.

PIŚMIENNICTWO

- BEDNARCZYK W. (1972) — Prekambr i kambr wyniesienia Łeby. *Acta Geol. Pol.*, 22, p. 685—710, nr 4. Warszawa.
- BEDNARCZYK W., TURNAU-MORAWSKA M. (1975) — Litostratygrafia osadów kambru i wendu w rejonie Łeby. *Acta Geol. Pol.*, 25, p. 537—566, nr 4. Warszawa.
- BOLEWSKI A., PARACHONIAK W. (1974) — Petrografia. Wyd. Geol. Warszawa.
- DĄBROWSKI A., UHRYNOWSKI A. (1976) — Budowa geologiczna podłoża krystalicznego południowego Bałtyku w świetle wyników zdjęcia magnetycznego z lat 1971—1972. *Kwart. Geol.*, 20, p. 473—481, nr 3. Warszawa.
- FOLK R. (1962) — Spectral subdivision of limestone types. Classification of carbonate rocks, a symposium. *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, p. 62—84. Tulsa.
- FOLK R. (1968) — Petrology of sedimentary rocks. The University of Texas. Austin.
- GRADZIŃSKI R., KOSTECKA A., RADOMSKI A., UNRUG R. (1976) — Sedymentologia. Wyd. Geol. Warszawa.
- HEALD M. T., BAKER G. F. (1977) — Diagenesis of the Mt. Simon and Rose Run sandstones in western West Virginia and southern Ohio. *J. Sed. Petrology*, 47, p. 66—77, nr 1. Tulsa, Oklahoma.
- HUBERT J. F. (1962) — A zircon — tourmaline — rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones. *J. Sed. Petrology*, 32, p. 440—450, nr 3. Menasha, Wisconsin.
- KIEŻEL W. (1974) — Wyniki badań petrograficznych. Kambryjskie Profile głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego, 14, Bartoszyce IG 1, Gołdap IG 1. Inst. Geol. Warszawa.
- KUBICKI S., RYKA W., ZNOSKO J. (1972) — Tektonika podłoża krystalicznego prekambryjskiej platformy w Polsce. *Kwart. Geol.*, 16, p. 523—545, nr 3. Warszawa.
- LARSEN G., CHILINGAR G. V. (1967) — Diagenesis in Sediments. Elsevier. Amsterdam—London—New York.
- LENDZION K. (1974a) — Kambr dolny. Kambr środkowy i górny. W: Atlas litologiczno-paleogeograficzny obszarów platformowych Polski. Część 1 — Proterozoik i Paleozoik (wydanie tymczasowe). Inst. Geol. Warszawa.

- LENDZION K. (1974b) — Szczegółowy profil litologiczno-stratygraficzny otworu wiertniczego Bartoszyce IG 1. Kambr. W: Profile głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego, 14, Bartoszyce IG 1, Gołdap IG 1. Inst. Geol. Warszawa.
- LENDZION K. (1976) — Stratygrafia kambru zachodniej części syneklizy perybałtyckiej. Biul. Inst. Geol., 270, p. 59—84. Warszawa.
- PETTIJOHN F. J., POTTER P. E., SIEVER R. (1972) — Sand and Sandstone. Springer—Verlag. Berlin—Heidelberg—New York.
- RYDZEWSKA W. K. (1974) — Kambr. Skały platformy prekambryjskiej w Polsce. Cz. 2. Pokrywa osadowa. Pr. Inst. Geol., 74, p. 42—48. Warszawa.
- RYDZEWSKA W. K. (1975a) — Niektóre wyniki badań diagenety i katagenety osadów kambru syneklizy perybałtyckiej. Prz. Geol., 23, p. 329—331, nr 7. Warszawa.
- RYDZEWSKA W. K. (1975b) — Charakterystyka petrograficzna osadów kambru w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej. W: Wyniki regionalnych badań geologicznych i geofizycznych obszaru syneklizy perybałtyckiej wykonanych przez Instytut Geologiczny w latach 1967—1974. Oprac. zespołowe pod kier. B. Arenia. Arch. Inst. Geol. Warszawa.
- SCHWAB F. L. (1977) — Grandfather Mountain Formation: Depositional environment, provenance, and Tectonic setting of late Precambrian alluvium in the Blue Ridge of North Carolina. J. Sed. Petrology, 47, p. 800—810, nr 2. Tulsa, Oklahoma.
- STOLARCZYK F., TYSKI S. (1972) — Geologiczne warunki występowania węglowodorów w osadach kambru we wschodniej części syneklizy perybałtyckiej. Prz. Geol., 20, p. 371—379, nr 8/9. Warszawa.
- WITKOWSKI A. (1974) — Budowa geologiczna rejonu Żarnowca. Kwart. Geol., 18, p. 564—584, nr 3. Warszawa.

Магдалена СИКОРСКА

ПЕТРОГРАФИЯ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕГО КЕМБРИЯ В ПРИБАЛТИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЕ

Резюме

Объектом изучения служили породы среднего кембрия в Прибалтийской синеклизе, представленные горизонтами *Paradoxides oelandicus* и *Paradoxides paradoxissimus*. Петрографическая характеристика дана по материалам из 12 скважин (фиг. 2). Под микроскопом изучено 500 шлифов и 170 порошковых препаратов тяжелой фракции.

Описываемые отложения среднего кембрия представлены обломочными породами, в которых преобладают мелкозернистые кварцевые аренины (фиг. 3). Наряду с ними залегают алевролиты и аргиллиты в виде пропластков разной мощности.

Основным компонентом обломочного материала является кварц, которому сопутствует небольшое количество: слюды, полевых шпатов, тяжелых минералов и глауконита. Отмечены следующие типы цементов: кварцевые цементы регенерации, карбонатные цементы

выполнения и поровые, глинистые поровые и контактовые, а также цементы выполнения остаточных пор. В группе аллогенных тяжёлых минералов преобладает циркон, турмалин и рутил, реже появляются минералы, мало отпорные на выветривание и транспорт, такие как: гиперстен и амфиболиты (фиг. 4). Последние, вероятно, связаны со свекофенно-карельским кашубским комплексом, который тянется в северном направлении под дном Балтийского моря. Изучаемые песчаники по структурному строению и минералогическому составу вполне зрелые, а иногда и весьма зрелые.

На рассматриваемой территории Прибалтийской синеклизы выделено четыре литофации: на востоке песчаная, в направлении на запад следуют: песчано-глинистая, глинисто-песчаная и глинистая (фиг. 1).

В статье сделана попытка определения направления переноса обломочного материала. В горизонте *Paradoxides oelandicus* обломки могли поступать с СВ и СЗ, а в горизонте *Paradoxides paradoxissimus* с В, СВ и ССВ.

Изучаемые породы сильно диагенезированы в результате следующих процессов: уплотнения, силификации и карбонизации, которые явились причиной редукции первичной пористости пород. Поэтому породы среднего кембрия обладают слабыми коллекторскими свойствами.

Magdalena SIKORSKA

PETROGRAPHY OF MIDDLE CAMBRIAN DEPOSITS IN THE PERIBALTIC SYNECLISE (NE POLAND)

Summary

The paper deals with deposits of the Middle Cambrian (*Paradoxides oelandicus* and *Paradoxides paradoxissimus* zones) of the Peribaltic syncline. The petrographic characteristics of these deposits is given on the basis of core material from 12 boreholes (Fig. 2). The studies included microscopic analysis of 500 thin sections and 170 samples of heavy minerals.

The Middle Cambrian is represented by clastic deposits, mainly fine-grained quartz arenites (Fig. 3), accompanied by mudstones and claystones developed as interbeddings varying in thickness.

Detrital material mainly consists of quartz, which is accompanied by micas, feldspars, heavy minerals and glauconite occurring in small amounts. Within intergranular spaces of the deposits studied there occur: quartz overgrowths (most frequently), carbonates, clay minerals and matrix. The group of allogenic heavy minerals includes primarily zircon, tourmaline and rutile, as well as some amounts of minerals less resistant to weathering and transport — hypersthene and amphiboles (Fig. 4). The latter were most probably derived from the Kaszub-Svecofeno-Karelian complex which stretches northwards beneath the Baltic Sea floor. The studied sandstones are structurally and mineralogically mature or, sometimes, super-mature.

Four lithofacies were distinguished in the studied part of the Peribaltic sy-

neclise: sandy on the east, passing westwards successively into sandy-clay, clay-sandy and clay lithofacies (Fig. 1).

The paper presents an attempt to reconstruct directions of transport of detrital material. The material was presumably coming from NE and NW in the *Paradoxides oelandicus* zone, and from E, NE and NNE in the *Paradoxides paradoxissimus* zone.

The studied deposits are strongly diagenesed in result of the following processes: compaction, silification and carbonatization, which resulted in a marked decrease in their primary porosity. That is why these rocks are characterized by low reservoir properties.

TABLICA I

- Fig. 9. Mułowiec ilasto-piaszczysty z dużą ilością glaukonitu w spoiwie. Otwór Żarnowiec IG 1, głęb. 2929,0 m, nikiel skrzyżowane, pow. 45 ×
Clay-sandy mudstone with cement rich in glauconite. Żarnowiec IG 1 borehole, depth 2929,0 m, crossed nicols, × 45
- Fig. 10. Ilasty mułowiec kwarcowy o złym wysortowaniu. Otwór Prabuty IG 1, głęb. 3570,5 m; nikiel skrzyżowane, pow. 45 ×
Quartz clay mudstone, poorly sorted. Prabuty IG 1 borehole, depth 3570.5 m, crossed nicols, × 45

TABLICA II

- Fig. 11. Iłowiec z soczewkami materiału mułowcowego. Otwór Kościerzyna IG 1, głęb. 4690,5 m; nikiel skrzyżowane, pow. 15 ×
Claystone with lenses of mudstone material. Kościerzyna IG 1 borehole, depth 4690.5 m, crossed nicols, × 45
- Fig. 12. Arenit kwarcowy różnoziarnisty, laminowany smużycie materiałem ilastym. Otwór Żarnowiec IG 4, głęb. 2774,3 m; nikiel skrzyżowane, pow. 15 ×
Various-grained quartz arenite laminated with streaks of clay material. Żarnowiec IG 4 borehole, depth 2774.3 m, crossed nicols, × 15

TABLICA III

- Fig. 13. Kwarcytowy arenit kwarcowy średnioziarnisty. Widoczne obwódki regeneracyjne wokół ziarn kwarcu. Otwór Prabuty IG 1, głęb. 3437,9 m; nikiel skrzyżowane, pow. 45 ×
Medium-grained quartz quartzitic arenite. Note regeneration rims around quartz grains. Prabuty IG 1 borehole, depth 3437.9 m, crossed nicols, × 45
- Fig. 14. Żyłka kalcytowa w arenicie kwarcowym drobnoziarnistym. Otwór Darżlubie IG 1, głęb. 3110,9; bez analizatora, pow. 15 ×
Calcite veinlet in fine-grained quartz arenite. Darżlubie IG 1, depth 3110.9 m, no analyser, × 15

TABLICA IV

Fig. 15. Arenit kwarcowy źle wysortowany z dużą ilością glaukonitu w spoiwie. Widoczne ziarna mikroklinu i kwarcu o skorodowanych brzegach. Otwór Kościerzyna IG 1, głęb. 4714,7 m; nikole skrzyżowane, pow. 45×

Poorly sorted quartz arenite with cement rich in glauconite. Note microcline and quartz grains with corroded margins. Kościerzyna IG 1 borehole, depth 4714.7 m, crossed nicols, ×45

Fig. 16. Szwy mikrostylolitowe w wapnistym arenicie kwarcowym drobnoziarnistym. Otwór Prabuty IG 1, głęb. 3509,7 m; bez analizatora, pow. 15×

Microstylolite sutures in calcareous, fine-grained quartz arenite. Prabuty IG 1 borehole, depth 3509.7 m, no analyser, ×15

Wszystkie zdjęcia wykonała D. Oleksiak

All photos made by D. Oleksiak

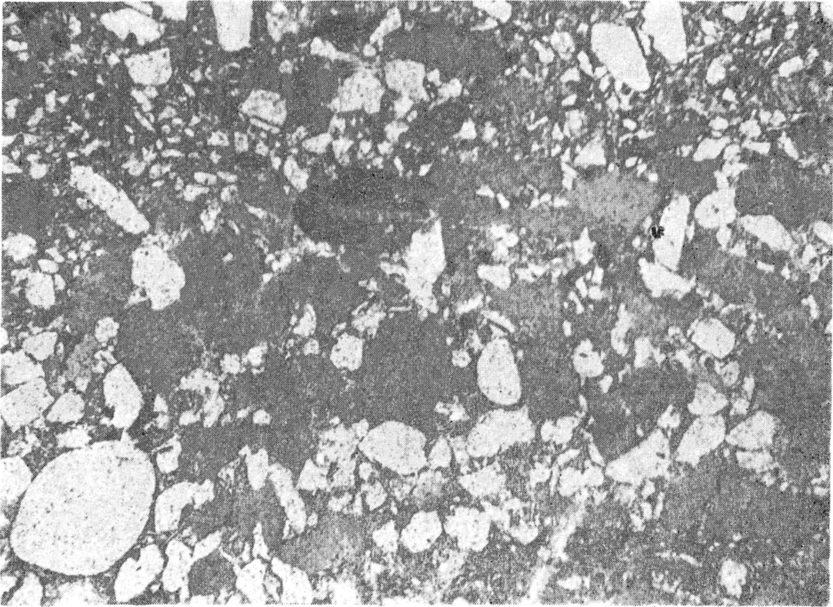


Fig. 9

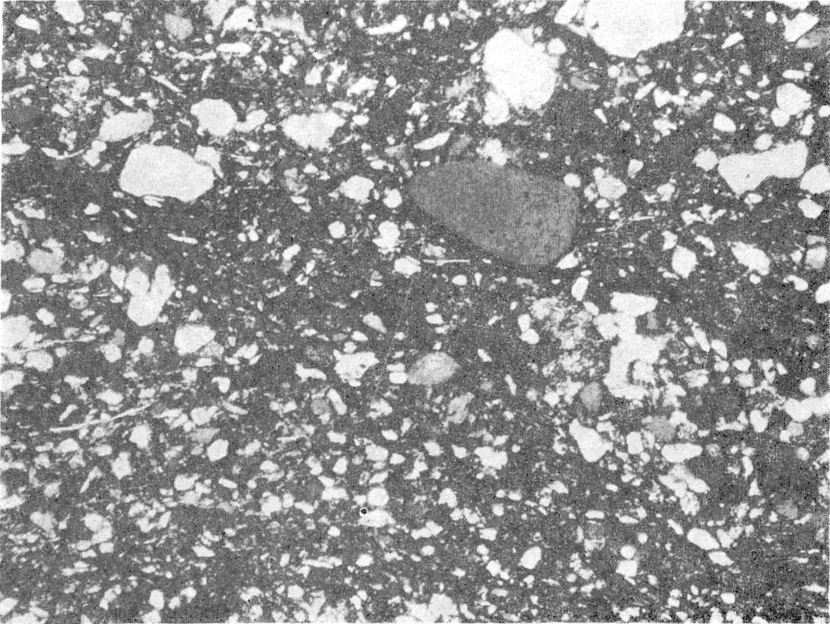


Fig. 10

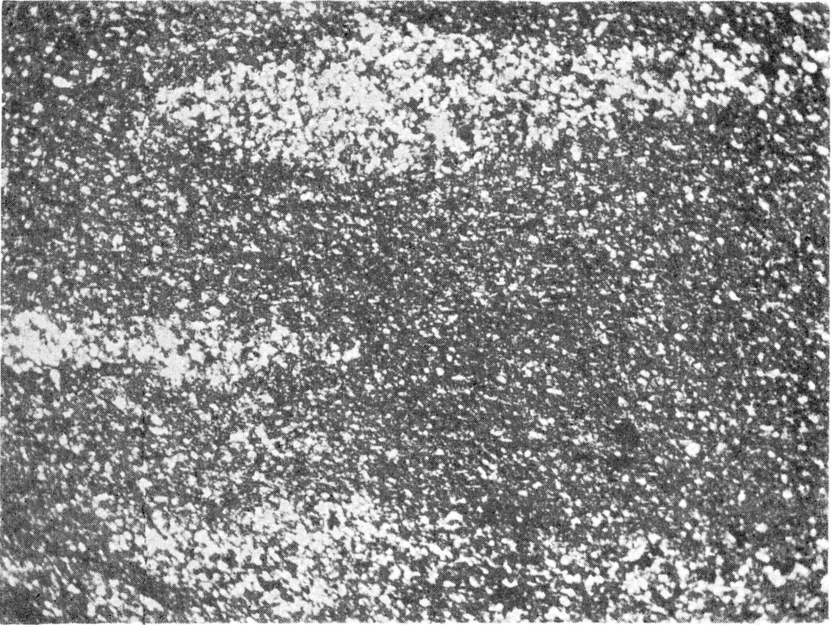


Fig. 11

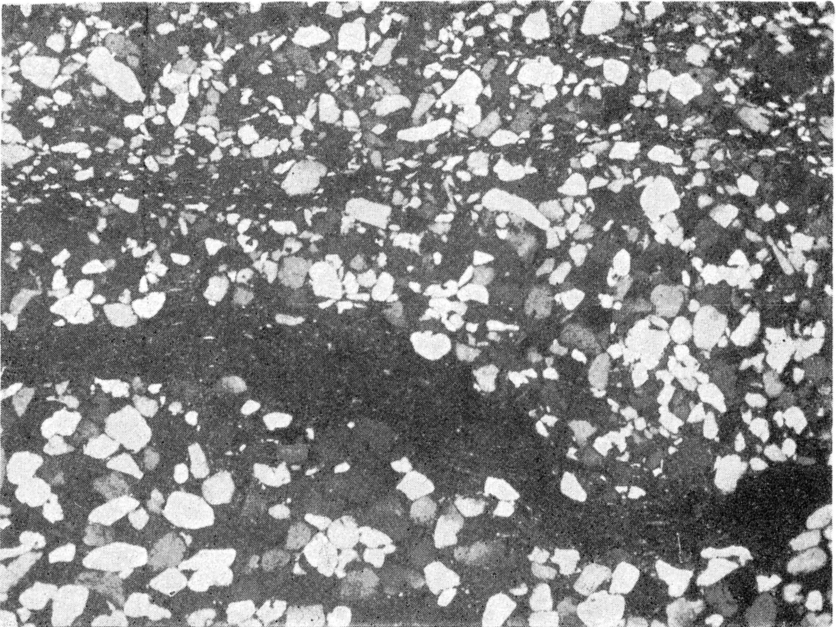


Fig. 12

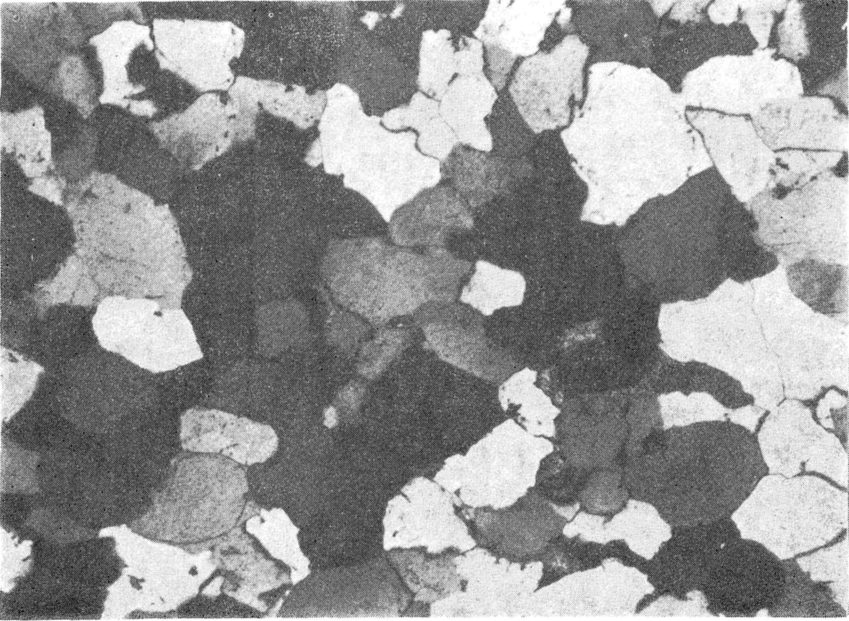


Fig. 13

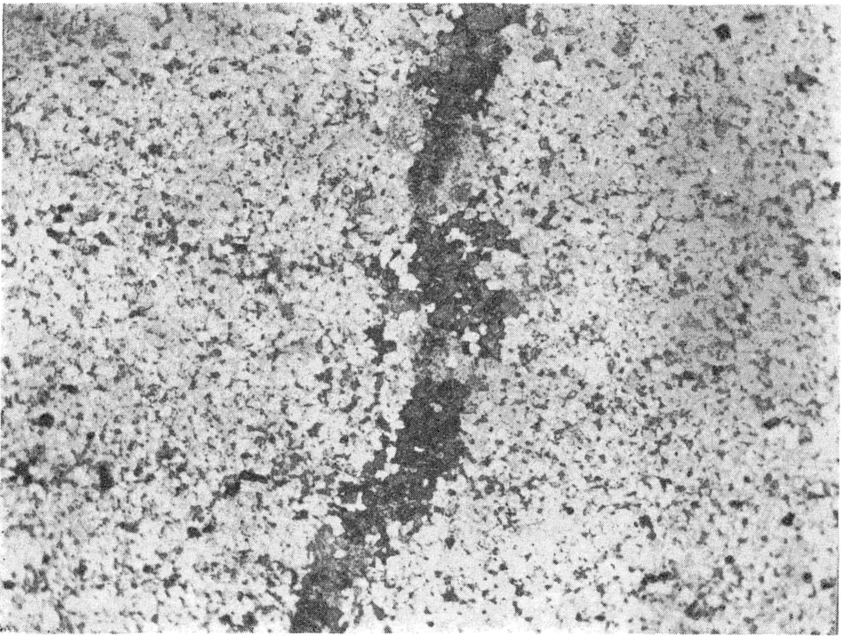


Fig. 14

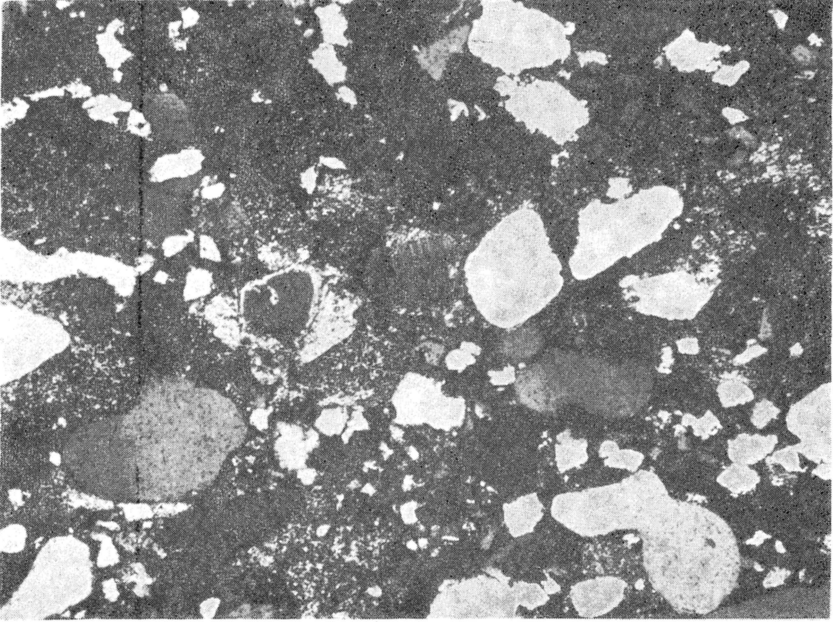


Fig. 15

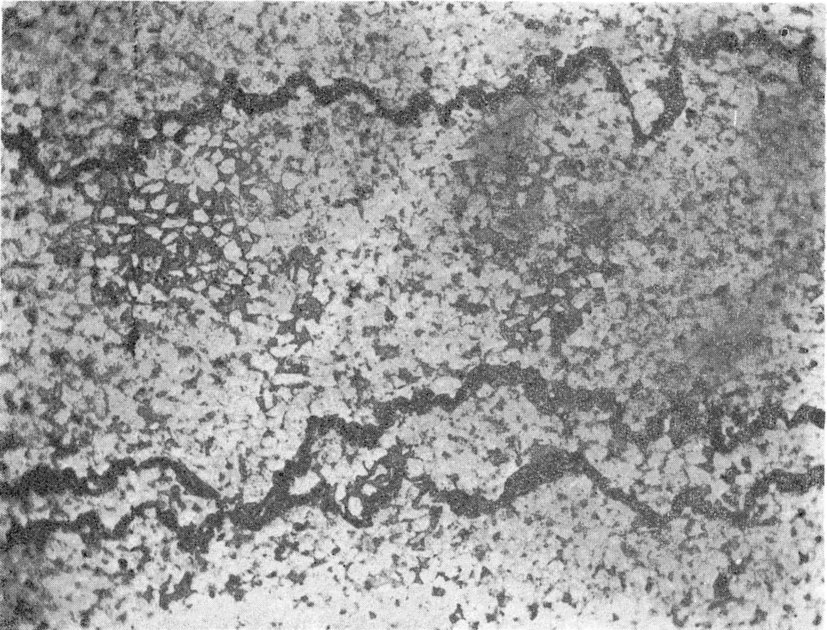


Fig. 16