

HENRYK TOMCZYK i MARIA TURNAU-MORAWSKA

Stratygrafia i petrografia ordowiku Brzezin k. Morawicy w Górach Świętokrzyskich

STRESZCZENIE: Przedstawiono szczegółową stratygrafię i petrografię ordowiku Brzezin, gdzie występuje pełny cykl osadów od tremadoku do karadoku włącznie. Po raz pierwszy zostały zdefiniowane w Górach Świętokrzyskich utwory piętra lanwirn, zbudowane przeważnie ze skał szamozytowo-syderytowych, co świadczy o osadowym pochodzeniu złóż rud żelaza. Naświetlono przebieg cyklu sedimentacyjnego i warunków paleogeograficznych w ówczesnym zbiorniku morskim oraz omówiono korelację ordowiku z Brzezin z innymi profilami ordowiku polskiego.

WSTĘP

Utwory ordowiku z Brzezin przedstawiają jeden z najbardziej interesujących profili osadów tego wieku na obszarze Gór Świętokrzyskich. Zainteresowanie tym profilem zostało wywołane odkryciem facji graptolitowej arenigu przez J. Czarnockiego w 1939 roku, a szczególnie stwierdzeniem poważnych przejawów rudnych przez H. Tomczyka w 1958 r. Fakty powyższe dały podstawy do przeprowadzenia tu szczegółowych badań poszukiwawczych w latach 1958—1961 w oparciu o liczne płytkie wiercenia od 100 do 250 m głębokości oraz w mniejszym stopniu o prace szybikowe. Dotychczas ordowik z Brzezin był słabo poznany z powodu braku dobrych wychodni, które ograniczały się tylko do utworów piaszczysto-glaukonitowych z pogranicza tremadoku i arenigu. Natomiast utwory pięter arenig, lanwirn, landeil i karadok, najczęściej w wykształceniu ilastym, nie odsłaniają się na powierzchni, są przykryte czwartorzędem, którego powłoka w kierunku wschodnim dochodzi nawet do 42 m grubości. Dzięki przeprowadzonym tu pracom wiertniczym uzyskano dość bogaty materiał faunistyczno-stratygraficzny i petrograficzny, który rzuca całkiem nowe światło na zagadnienie ordowiku świętokrzyskiego. W niniejszej pracy nie przeprowadzono szczegółowej analizy całości odwierconego materiału, ponieważ rozpatrywane tu problemy nie mają charakteru strukturalno-kartograficznego, ani ściśle złożowego. Autorzy oparli się jednak na najpełniejszych profilach wierceń, które bezsprzecznie stanowią punkty wyjściowe do rozważań wszelkich zagadnień stratygraficznych i petrograficznych na omawianym terenie. Do

wierceń takich zaliczyć należy otwór Brzeziny 2, odwiercony przez Instytut Geologiczny, oraz otwór Brzeziny 45 i 48, odwiercony przez Krakowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne Surowców Hutniczych — Oddział w Częstochowie.

Zagadnienia petrograficzne zostały opracowane przez M. Turnau-Morawską, natomiast stratygraficzne przez H. Tomczyka. Wspólne wnioski wyciągnięte z tych opracowań pozwoliły autorom rozstrzygnąć wiele dotychczas nie wyjaśnionych problemów paleogeograficznych oraz stratygraficznych, przedstawić zarys przebiegu sedymentacji i genezę przejawów rudnych, a wreszcie zdefiniować utwory lanwirnu i nakreślić zmiany facjalne, jakie zachodziły w tym piętrze.

Autorzy składają serdeczne podziękowanie Dyrekcji Instytutu Geologicznego i Kierownictwu Przedsiębiorstwa Surowców Hutniczych — Oddział w Częstochowie za udostępnienie im materiałów z wierceń i życzliwe ustosunkowanie się do projektów wydania niniejszego opracowania.

HISTORIA BADAŃ

Utwory ordowiku w Brzezinach koło Morawicy po raz pierwszy stwierdzone zostały przez G. Güricha w 1889 r. na podstawie materiałów S. Kontkiewicza, który w tym rejonie przeprowadzał prace poszukiwawcze za złożami rud żelaza. Z próbek piaszczysto-glaukonitowych, pochodzących z Brzezin, G. Gürich oznaczył dwa gatunki brachiopodów „*Obolidae*“, świadczących o istnieniu tu dolnego ordowiku. Dopiero jednak prowadzone w 1925 r. prace kartograficzne J. Czarnockiego w pd.-zachodniej części Gór Świętokrzyskich pozwoliły mu dokładnie ustalić położenie tych utworów, co uwidocznione zostało na geologicznej mapie odkrytej ark. Kielce w skali 1:100000 w 1937 r. Z przedstawionej interpretacji kartograficznej J. Czarnockiego wynikało, że utwory ordowiku Brzezin, występujące w obrębie wschodniej części jądra antykliny chęcińskiej, tworzą młodszy element tektoniczny, o charakterze niewielkiej synkliny lub łuski, wciśnięty i wyraźnie zaklinowany w utwory dolnego kambru.

Pełniejszy profil ordowiku w Brzezinach uzyskał J. Czarnocki dopiero w 1939 r. na podstawie prowadzonych tu robót ziemnych, które pozwoliły mu odkryć po raz pierwszy w Górach Świętokrzyskich fację graptolitową arenigu. Wstępne wyniki stratygraficzne ogłosił on drukiem w 1950 r., gdzie podał również następstwo warstw ordowiku, przyjmując ich synklinalne ułożenie. Według Czarnockiego, dowodem synklinalnego układu warstw są wychodnie utworów piaszczysto-glaukonitowych i szarogłazowych, które w Brzezinach tworzą dwie grzędy, wyraźnie zaznaczające się w morfologii terenu w stosunku do wyerodowanych łupków kambru, bądź arenigu. Wspomniane grzędy o przebiegu prawie równo-

leźnikowym, w kierunku zachodnim schodzą się, tworząc najwyższe wzniesienie, natomiast w kierunku wschodnim rozszerzają się i na dalszym odcinku, przekraczającym 100 m, zanikają pod znacznym przykryciem czwartorzędowym. Z układu powyższych grzęd J. Czarnocki wnioskuje, że utwory ordowiku tworzą niewielką synklinę, której środek wypełniają utwory ilaste z graptolitami arenigu. Schematyczny profil utworów ordowiku Brzeziny, według J. Czarnockiego, przedstawia się następująco.

Bezpośrednio na łupkach dolnego kambriu leży dwumetrowa warstwa piaskowców z rozproszonym glaukonitem, która u podstawy zawiera nieliczne i słabo obtoczone otoczaki kwarcytów kambryjskich. Warstwa ta ku górze przechodzi stopniowo w szarogłazy glaukonitowe, miejscami łupkowate, o miąższości około 10 m, zawierające często nieregularne impregnacje limonitu i hematytu. Z fauny licznie występują brachiopody w postaci detrytusu skorupki *Lingulella*, *Acrotreta*, *Acrothyra* i „*Obolus*“. Wyżej leżą łupki ilaste, żółte, z fauną graptolitów *Didymograptus hirundo* Salter, *D. cf. nicholsoni* Lapw., *D. cf. affinis* Nich., *D. nanus* Lapw., *D. cf. v-fractus* Salter i *Azyograptus suecicus* McCoy, o miąższości około 50 cm. Następny zespół około 2 m miąższości składa się z podobnych łupków z wtrąceniami szarogłazów glaukonitowych z licznym gatunkiem *Obolus salteri* Hall oraz graptolitami *Didymograptus* sp., *Tetragraptus quadribanchiatus* Hall, *Schizograptus* sp. i *Clonograptus* sp. Najwyższe utwory ordowiku Brzeziny stanowią łupki ilaste, ciemnoszare i popielate z *Didymograptus* sp., *Schizograptus* sp., *Tetragraptus cf. serra* Brong. i *Phyllograptus cf. typus* Hall, osiagające około 20 m miąższości.

Powyżej przedstawiony profil pozwolił J. Czarnockiemu po raz pierwszy na ściśle zdefiniowanie piętra arenig w Górach Świętokrzyskich. W przeprowadzonej korelacji J. Czarnocki uznał fację graptolitową arenigu Brzeziny za odpowiednik piaskowców ortidowych z *Nicolella moneta*, a więc piaskowców z Bukówki, czy też wapieni z Mójczy z fauną trylobitową. Powyższa korelacja została dość trafnie i słusznie przedstawiona przez J. Czarnockiego, ponieważ w dalszych badaniach stratygraficznych nad dolnym ordowikiem Gór Świętokrzyskich znajduje ona wyraźne potwierdzenie.

Utwory ordowiku Gór Świętokrzyskich w dalszym ciągu jednak należały do najslabiej poznanych osadów Gór Świętokrzyskich, szczególnie na obszarze łysogórskim i w pd.-zachodniej części, tj. w Zbrzy i w Brzezinach. W związku z tym w ramach planowych badań Świętokrzyskiej Stacji Terenowej Instytutu Geologicznego, w okresie od 1954 do 1958 r., wykonane zostały liczne prace wiertnicze i ziemne, które swym zakresem objęły również ordowik w Brzezinach koło Morawicy. W 1958 r., na podstawie założenia geologicznego wykonanego przez

H. Tomczyka (opracowanie pt. Stratygrafia i tektonika ordowiku w Brzezinach, ark. Kielce), usytuowano dwa wiercenia (Brzeziny 1 i 2), których już wstępne wyniki stały się punktem wyjściowym do rozwinięcia dalszych prac poszukiwawczych w Brzezinach. Mianowicie w wierceniu B 2 I.G. stwierdzono silną impregnację hematytową oraz uzyskano kompletny profil utworów arenigu z bogatą fauną graptolitową. W oparciu o ten profil H. Tomczyk (1962) wydzielił warstwy brzezińskie, obejmujące poziomy graptolitowe *Loganograptus logani*, *Didymograptus deflexus*, *D. hirundo* i *D. bifidus*. W latach 1958 i 1961 w rejonie Brzezin prowadzone były dalsze prace poszukiwawcze przez Krakowskie Przedsiębiorstwo Geol. Surowców Hutn. (Oddz. w Częstochowie), które wykonało tu szereg wierceń i szybków. Część tych wierceń, lokalizowanych — według wyraźnych sugestii H. Tomczyka — we wschodniej części wychodni ordowiku już w pobliżu Morawicy, osiągnęła utwory młodsze od arenigu w wykształceniu ilastym z graptolitami. Główny kompleks graptolitowy, obejmujący poziomy od *Dicranograptus clingani* do *Glyptograptus* cf. *teretiusculus*, wykazuje dużą analogię do warstw jeleniowskich z obszaru łysogórskiego. Utwory te zostały określone przez H. Tomczyka (1962) jako łupki morawickie, należące do karadoku i landeilu. Na uwagę zasługuje ponadto wzmianka tego autora (1962, s. 26-29) o utworach dolomityczno-wapiennych z glaukonitem, które w profilu Brzezin występują poniżej poziomu *Glyptograptus teretiusculus*, a powyżej *Didymograptus bifidus*, a więc mogą stanowić odpowiednik poziomemu *D. purchisoni* piętra lanwirn.

Opis litologiczny ordowiku Brzezin oparty był do niedawna wyłącznie na obserwacjach makroskopowych, dlatego też nie odróżniano przez dłuższy czas skał szamozytowo-syderytowych od glaukonitowych. Pierwszą publikowaną wiadomością o występowaniu szamozytu w niektórych skałach z Brzezin, określanych przez J. Czarnockiego jako szarogłazy z glaukonitem, podaje M. Nieć (1961). Praca jego dotyczy mineralizacji pochodzenia osadowego, związanej „z serią mułowców i szarogłazów szamozytowo-hematytowych tremadoku“. Niektóre dane dotyczące petrograficznego wykształcenia tych utworów można znaleźć w Przewodniku XXXV Zjazdu PTG w Kielcach w 1962 r. Na s. 146 podano, że w Brzezinach niezgodnie na kambrze spoczywają piaskowce glaukonitowe i piaskowce szarogłazowe z szamozytem i glaukonitem. W szarogłazach często spotyka się toczne fosforytowe, większe skupienia glaukonitu lub silnie zdeformowane oolity szamozytowe. Wynik analizy chemicznej wyodrębnionego szamozytu z Brzezin podaje B. Łacka (1965). Analiza rentgenograficzna, wykonana przez A. Wiewiórę (wynik podany w pracy B. Łackiej), potwierdza wynik analizy chemicznej i optycznej, wskazującej na to, że badany minerał jest szamozytem. B. Łacka stwierdza ponadto na podstawie analiz mikroskopowych płytek

cienkich, że nazwa szarogłaz stosowana do badanej przez nią skały nie jest ścisła. Jest to skała żelazista z niewielką na ogół domieszką materiału okruchowego i nie wykazująca żadnej z cech szarogłazów.

OPIS LITOLOGICZNO-STRATYGRAFICZNY WAŻNIEJSZYCH WIERCEN

Omawiana wychodnia ordowiku w Brzezinach występuje w pd.-zachodniej części Gór Świętokrzyskich, w odległości 12 km na południe od Kielc (fig. 1). Leży ona we wschodniej części jądra antykliny checińskiej, w obrębie utworów kambru położonych na północ od zabudowań wsi Brzeziny (fig. 2). Ordowik rozciąga się tu wąskim pasem w kierunku prawie równoleżnikowym i częściowo odbiegającym od głównego kierunku osi antykliny checińskiej (NW-SE). W skrzydłach omawianej antykliny występują zazwyczaj utwory dewonu, a jedynie na zachodnim krańcu Brzezin, tj. w obrębie południowego skrzydła, P. Filono-

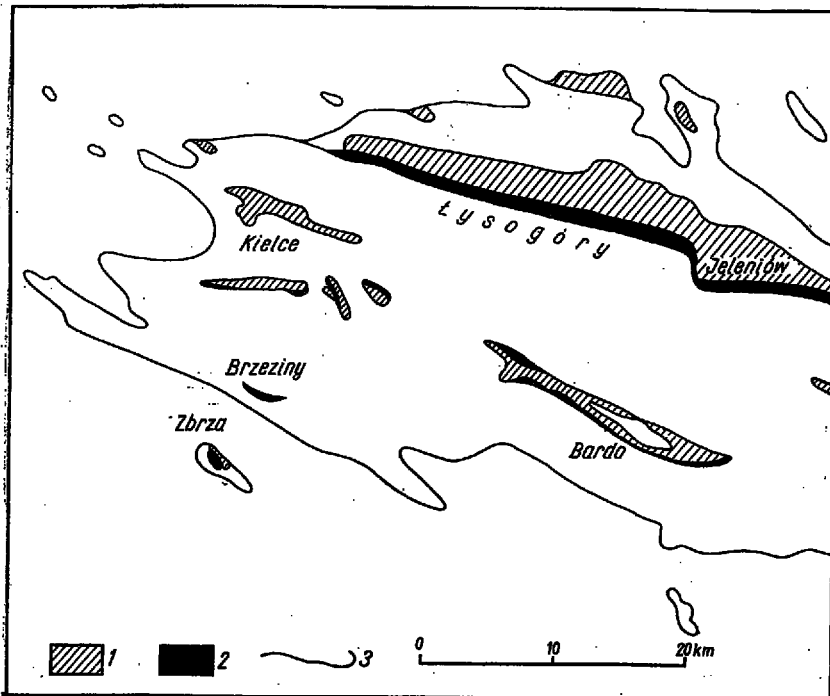


Fig. 1

Mapka lokalizacji ordowiku w zachodniej części Gór Świętokrzyskich

1 sylur, 2 ordowik, 3 granica zasięgu utworów paleozoicznych

Localisation of the Ordovician outcrops in the western part of the Holy Cross Mts.

1 Silurian, 2 Ordovician, 3 boundary of the Palaeozoic rocks

wicz stwierdził ostatnio (1963) małe wychodnie dolnego syluru, odpowiadającego dolnym łupkom zbrzańskim, oraz utwory ilaste ordowiku odpowiadające zapewne łupkom morawickim. Na podstawie tego faktu można wnioskować, że utwory ordowiku i syluru występują miejscami w południowym skrzydle antykliny checińskiej, lecz są najczęściej przykryte przez utwory dewonu. Natomiast w północnym skrzydle tej antykliny brak jest dowodów występowania ordowiku i syluru. Wiercenia wykonane w rejonie wsi Górki (fig. 2) stwierdziły pod dolnym dewonem analogiczne utwory kambru jak w rejonie wsi Brzeziny.

Ordowik Brzezin tworzy głęboko zaklinowaną łuskę, która osiąga zaledwie 1750 m długości, a maksymalna jej szerokość nie przekracza 70 m. Średnia głębokość zaklinowania w utworach kambru przekracza

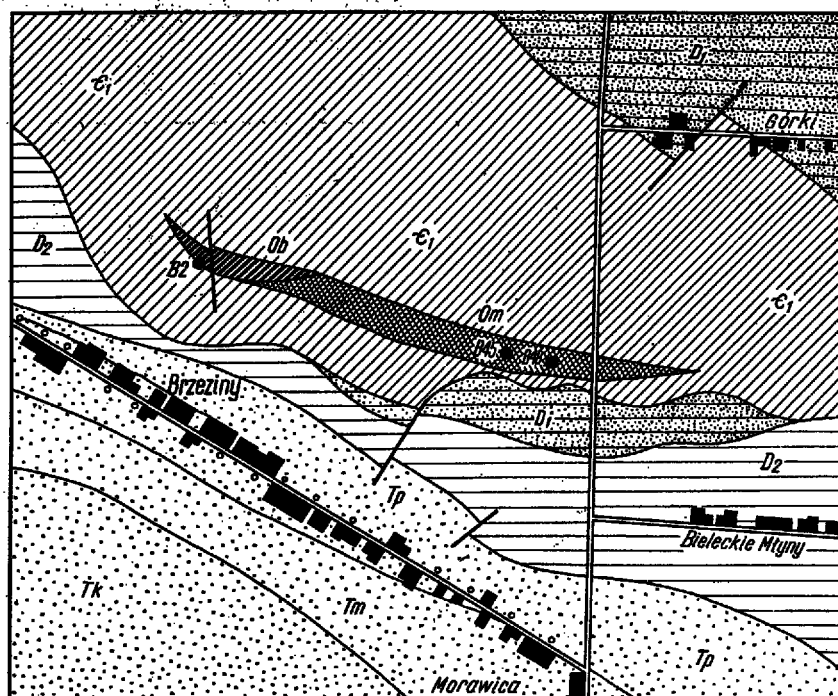


Fig. 2

Mapka geologiczna odkryta wschodniej części antykliny checińskiej w okolicy Brzezin i Morawicy z uwzględnieniem rozprzestrzenienia utworów ordowiku

C_1 dolny kambur, Ob warstwy brzezińskie, Om łupki morawickie, D_1 dolny dewon, D_2 środkowy dewon, Tp pstry piaskowiec, Tm wapień muszlowy, Tk kajper

Geological sketch map (without Quaternary) of the eastern part of the Chećiny anticline in the Brzeziny and Morawica region, showing the development of the Ordovician deposits

C_1 Lower Cambrian, Ob Brzeziny beds, Om Morawica shales, D_1 Lower Devonian, D_2 Middle Devonian, Tp Buntsandstein, Tm Muschelkalk, Tk Keuper

100 m, a w kierunku wschodnim znacznie się zwiększa, dochodząc do 300 m głębokości. W kierunku zachodnim natomiast ulega ona znacznemu spłyceciu (fig. 2).

Na mapce geologicznej (fig. 2) usytuowane są wiercenia B 2, B 45 i B 48, których opisy litologiczno-stratygraficzne podane są poniżej.

Wiercenie Brzeziny 2

(fig. 3)

0,0-0,3 m gleba piaszczysta z licznymi uławkami skał szamozytowo-hematytowych i piaszczysto-limonitycznych.

0,3-8,0 m piaskowce i mułowce szamozytowo-hematytowe, barwy wiśniowej, miejscami o połysku metalicznym z cienkimi wtrąceniami ilastymi, barwy wiśniowej z plamami żółto-zielonymi i z przerostami śmietany hematytowej. Wszystkie te utwory są silnie zlustrowane i zwietrzałe. Upad trudny do określenia, prawie pionowy.

8,0-11,7 m ilowce hematytowe (śmietana hematytowa) intensywnie wiśniowe i rdzawo-czerwone o połysku metalicznym z rzadkimi wkładkami do 5 mm grubości szarozielonego z odcieniem niebieskawym oraz z uławkami piaskowców i mułowców hematytowo-szamozytowych. Upad około 80°.

11,7-12,6 m piaskowce i mułowce hematytowo-szamozytowe, często silnie zlimonityzowane z cienkimi przewarstwieniami ilasto-hematytowymi. Upad zapewne jw.

12,6-17,6 m mułowce ilaste i piaszczyste, hematytowo-syderytowe, barwy szaro-zielonawej z odcieniem niebieskawym, z częstymi przerostami ilasto-hematytowymi (śmietana hematytowa) bądź piaszczysto-szamozytowymi z rozproszonym glaukonitem. Utwory te są silnie sprasowane i zgniecione tektonicznie (miejscami druzgot), w szczelinach widoczne są żyłki pirytowe i skupienia hematytu. Upady w granicach 85°-80°.

17,6-19,5 m ilowce szarozielonawe, słabo laminowane i łupkowate z przerostami mułowców z rozproszonym glaukonitem, silnie spękane i zlustrowane. Rzadko pojawiają się skupienia i żyłki pirytu. Zespół graptolitów jest dość liczny, a mianowicie: *Azyograptus robustus* Ekstrom, *D. cf. identus* Hall, *D. bifidus* Hall, *D. artus* Elles & Wood, *Phyllograptus cf. typus* Hall oraz *Phyllograptus* sp. Upad zmienny, od 80° do 70°.

19,5-24,7 m ilowce szarozielonawe, przekładane mułowcem bądź cienkimi warstewkami łupków ciemnych z licznymi graptolitami: *Didymograptus nanus* Lapw., *D. artus* Elles & Wood, *Tetragraptus* sp. oraz *Phyllograptus* sp. Warstwy te są silnie zlustrowane i spękane oraz słabo użyłone kalcytem i pirytem. Upady trudne do określenia, zapewne około 80°.

24,7-24,8 m wkładka piaszczysto-mułowcowa, zielonawa z szamozytem i rozproszonym glaukonitem.

24,8-36,4 m ilowce szarozielonawe, miejscami laminowane o pokroju łupkowym, bardzo rzadko przekładane cienkimi warstewkami mułowców bądź łupków ciemniejszych. Zespół graptolitowy bardzo liczny: *Didymograptus nicholsoni* Lapw., *D. affinis* Nich., *D. gracilis* Törnq., *D. hirundo* Salter, *D. simulans* Elles & Wood, *Tetragraptus serra* Brong., *Phyllograptus anna* Hall, *P. cf. angustifolius* Hall, *Iso-graptus* sp., *I. cf. gibberulus* (Nich.) i inne. Iłowce te są również zdyslokowane i spękane, a upady zmienne w granicach od 70° do 55°.

36,4-36,5 m wkładka piaszczysto-mułowcowa, szarozielona z szamozytem i skupieniami glaukonitu.

36,5-58,0 m łowce szarozielonawe, bezwapniste, słabo laminowane o pokroju łupkowym z rzadkimi przerostami bądź wtrąceniami mułowców z rozproszonym glaukonitem, miejscami silnie zdyslokowane i spękane z wyraźnymi poślizgami i lustrami tektonicznymi. Zespół graptolitów bardzo bogato reprezentowany: *Didymograptus hirundo* Salter, *D. simulans* Elles & Wood, *D. cf. nitidus* Hall, *Isograptus gibberulus* (Nich.), *Tetragraptus bigsbyi* Hall, *T. reclinatus* Elles & Wood, *T. amii* Elles & Wood, *Phyllograptus angustifolius* Hall, *Schizograptus* sp., *S. tardifurcatus* Elles, *S. reclinatus* Nich., *Didymograptus* sp., *D. extensus* Hall oraz *Dichograptus* sp. Upady są zmienne w granicach od 60° do 50°.

58,0-63,0 m łowce szarozielone, z częstymi wkładkami piaskowców bądź mułowców piaszczystych z glaukonitem, od 3 do 6 cm grubości. Graptolity liczne, głów-

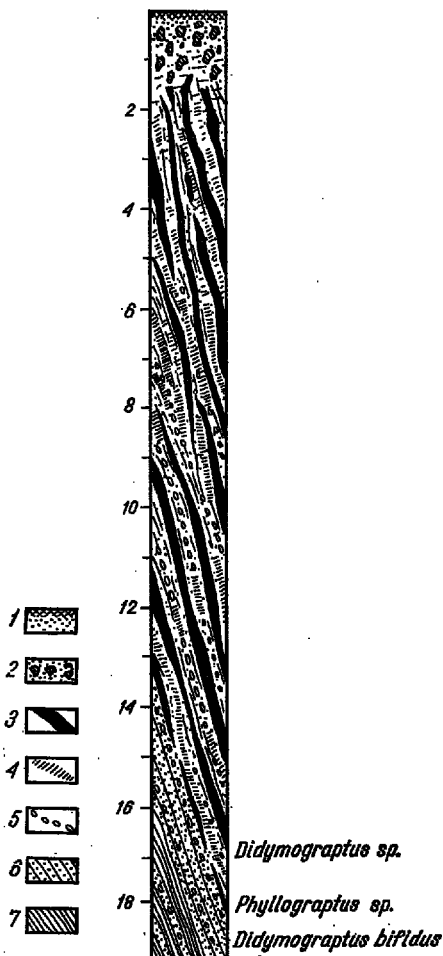


Fig. 3

Górna część profilu wiercenia Brzeziny 2 z poziomem szamozytowym leżącym powyżej poziomu *Didymograptus bifidus* (lanwirm)

1 gleba łąsto-piaszczysta, 2 rumosz złożony z ułamków hematytu i ilmonitu, 3 hematyt, 4 śmietana hematytowa, 5 szamozyt, 6 mułowce z glaukonitem, 7 łowce z graptolitami

Upper part of the profile Brzeziny 2 with a chamosite horizon above deposits of the *Didymograptus bifidus* horizon (Llanwirmian)

1 soil clayey-sandy, 2 rock waste composed of fragments of hematite and limonite, 3 hematite, 4 powdery hematite, 5 chamosite, 6 siltstones with glauconite, 7 claystones with graptolites

nie w łowcach: *Didymograptus deflexus* Elles & Wood, *D. extensus* Hall, *Tetragraptus* sp., *Schizograptus* sp., oraz mniej liczne ramienionogi z rodzaju *Lingulella* i „*Obolus*”. Upad około 45°.

63,0-63,3 m wkładka szarozielonego piaskowca glaukonitowego.

63,3-71,3 m łowce szarozielonawe, z częstymi wkładkami mułowców i piaskowców glaukonitowych oraz z cienkimi wtrąceniami łupków ciemnych do 1 cm

grubości z licznymi graptolitami: *Didymograptus deflexus* Elles & Wood, *D. v-fractus* Salter, *D. v-fractus volucer* Nich., *Didymograptus* sp. oraz *Loganograptus* sp. Upad 40°-35°.

71,3-73,6 m piaskowiec szarozielonawy, częściowo zlepieńcowaty, z kongrecjami fosforanowymi do 1 cm wielkości oraz z przerostami hematytowo-szamozytowymi, barwy wiśniowej i ndzawobrunatnej oraz z cienkimi wtrąceniami ilowców z *Didymograptus* cf. *deflexus* o bardzo złym stanie zachowania. Upady około 35°.

73,6-77,4 m ilowiec szarozielonawy, laminowany i łupkowy, przekładany cienkimi warstewkami piaskowców i mułowców piaszczystych, zielonawych z rozproszonym glaukonitem. Graptolity bardzo rzadkie. Na głębokości 75 m i 76 m stwierdzono zaledwie kilka fragmentów *Clonograptus* sp. oraz dwa okazy *Loganograptus logani* Hall, liczniej natomiast występują skorupki ramienionogów „*Obolus*” i *Lingulella*. Upady znacznie mniejsze, w granicach od 30° do 20°.

77,4-81,8 m piaskowce szarozielone z detrytusem skorupek ramienionogów, nieregularnie laminowane z wyraźnymi śladami rozmywania, zawierające liczne skupienia glaukonitu, a przypuszczalnie także i szamozytu, a także cienkie wtrącenia ilasto-hematytowe. Upad 18°-20°.

81,8-81,9 m wapień szary, przypuszczalnie syderytyczny, być może dolomityczny, silnie spękany, z żyłkami kalcytu i pirytu.

81,9-83,0 m piaskowiec szarozielonawy z detrytusem skorupek ramienionogów (*Lingulella*, *Obolus*) nieregularnie laminowany, z częstymi kongrecjami fosforytów i licznymi skupieniami glaukonitu bądź szamozytu. Upad 16°-18°.

83,0-97,0 m ilowce i mułowce szare, mikowe, z wkładkami piaskowców kwarcytowych, szarych, silnie spękane i złustrowane. Są to już zapewne utwory dolnego kambru. Upady zmienne, prawie pionowe (80°-90°).

Wiercenie Brzeziny 45

0,0-41,5 m czwartorzęd (piaski, muły, żwiry).

41,5-105,0 m łupki i ilowce ciemnoszare, wapniste oraz częściowo dolomityczne, słabo laminowane, z rzadkimi cienkimi (do 2 cm grubości) przewarstwieniami dolomitów ilastych, z dość licznymi graptolitami: *Climacograptus* sp., *Cl. minimus* Carr., *Orthograptus* sp., *O. cf. calcaratus* Lapw., *O. truncatus* Lapw., *Dicellograptus* sp., *Dicranograptus clingani* Carr. i *Dicranograptus* sp. Upady zmienne w granicach od 40° do 50°.

105,0-156,2 m łupki i ilowce ciemnoszare, silnie spękane, zgniecione i złustrowane. Zespół graptolitowy mniej liczny: *Dicellograptus* sp., *Dicranograptus* sp., *Climacograptus* cf. *bicornis* Hall, *Climacograptus* sp., *Orthograptus* cf. *truncatus* Lapw., *Diplograptus* sp., oraz liczne *Paterula* sp. i *Lingula* sp. Upady zmienne od 50° do 60°.

156,2-156,7 m wapień ilasty jasnoszary i zielonawy, słabo dolomityczny bądź syderytyczny, spękany, z żyłkami kalcytu i pirytu. Upad 50°-60°.

156,7-185,0 m ilowce szare, wapniste i częściowo dolomityczne, słabo laminowane łupkowate, miejscami z lekkim odcieniem zielonawym. Znaleziono następujące graptolity: *Diplograptus multidentis* Elles & Wood, *Diplograptus* sp., *Amplexograptus* sp. i *Climacograptus* sp. oraz częste *Paterula* sp. i *Lingula* sp. Upady zmienne, w granicach od 50° do 65°.

185,0-207,4 m ilowce szare z odcieniem zielonawym, wapnisto-dolomityczne, silnie spękane i złustrowane, miejscami laminowane i łupkowate z bardzo rzadkimi graptolitami: *Pseudoclimacograptus scharenbergi* (Lapw.), *Nemagraptus* cf. *gracilis* Hall, *Nemagraptus* sp., *Dicellograptus* sp. oraz *Glyptograptus* sp. Upady w granicach 50°-70°.

207,4-213,5 m mułowce piaszczyste i glaukonitowe z drobnymi blaszkami miki, nieregularnie laminowane ze śladami rozmycia, miejscami niewyraźnie łupkowate z wtrąceniami ilasto-marglistymi. Barwa najczęściej szarzielona, miejscami żółtoszara z rdzawobrunatnymi plamami (tlenki żelaza). Graptolitów brak, a spotyka się jedynie rzadki detrytus skorupek ramienionogów. Upady 50°-70°.

213,5-215,5 m mułowce piaszczyste i glaukonitowe, przekładane łożwami i łupkami szarzielonymi z bardzo rzadkimi graptolitami: *Glyptograptus* cf. *teretiusculus* His., *Glyptograptus* sp., *Pseudoclimacograptus* cf. *scharenbergi* (Lapw.) oraz *Dicellograptus* sp. (?). Rdzeń jest silnie spękany i zgnieciony z licznymi poślizgami. Upady trudne do określenia, zapewne podobne jak wyżej.

215,5-217,0 m mułowce i piaskowce glaukonitowe, nieregularnie laminowane, szarzielone, z cienkimi wkładkami syderytowo-szamozytowymi, silnie spękane, z żyłkami kalcytu; miejscami skupienia pirytu. Graptolitów brak, upady 50°-70°.

217,0-222,0 m łożwce laminowane, słabo łupkowate, szarzielonawe, często o połysku jedwabistym, przekładane cienkimi warstewkami łupków szarych i ciemnoszarych z bardzo nielicznymi źle zachowanymi graptolitami: *Phyllograptus* sp., *P.* cf. *typus* Hall, *Didymograptus* sp., *D.* cf. *identus* Hall, *Azyograptus* sp., oraz w spągu kilka fragmentów *Tetragraptus* sp. Utwory te są silnie zdyslokowane, a upady trudne do określenia, w granicach od 50° do 70°.

222,0-230,0 m mułowce i piaskowce szarzielonawe i zielone, szamozytowo-syderytowe z rozproszonym glaukonitem i zdeformowanymi oolitami, z nieregularnym (do 1 cm) wkładkami łożwów, z detrytusem rabdozomów graptolitów. Zespół ten jest silnie spękany i zgnieciony tektonicznie, a upady zmienne, w granicach 50-65°.

230,0-234,0 m piaskowce zielonawe szamozytowo-syderytowe z rozproszonym glaukonitem, miejscami plamiste rdzawobrunatne (tlenki żelaza) z licznymi oolitami szamozytowymi. Miejscami są one znacznie spękane i zawierają żyłki kalcytu. Częste są również gniazda pirytu. Upady zmienne, w granicach 50°-55°.

234,0-236,8 m piaskowce i mułowce szarzielonawe i zielone, szamozytowo-syderytowe z rozproszonym glaukonitem, z plamami żółtoszarymi bądź rdzawobrunatnymi (tlenki żelaza), spękane, zgniecione z wyraźnymi poślizgami tektonicznymi. Zawierają liczne cienkie żyłki kalcytu oraz skupienia i gniazda pirytu. Upad około 50°.

236,8-240,0 m łożwce i mułowce mikowe, szare, bezwapniste, laminowane i słabo łupkowate, z wkładkami piaskowców kwarcytocznych, spękane z licznymi poślizgami, bez fauny. Upady zmienne, w granicach od 70° do 80°. Utwory te należą do dolnego kambriu. Opisane powyżej osady ordowiku leżą na nich niezgodnie.

Wiercenie Brzeziny 48

0,0-40,0 m czwartorzęd, składający się głównie z piasków różnoziarnistych z domieszką mułów i żwirków. W dolnej jego części znajduje się prawie trzy-metrowa warstwa żwirów z otoczkami skał lokalnych i północnych.

40,0-74,0 m łożwce szare, wapniste, słabo dolomityczne, miejscami laminowane i łupkowate, bądź zbite i twarde, w niektórych partiach silnie zgniecione i sprasowane, z wyraźnymi poślizgami i lustrami tektonicznymi. Na spękaniach widoczne są cienkie żyłki kalcytu bądź skupienia pirytu. Upady zmienne, dochodzące do pionowych, najczęściej w granicach od 65° do 80°. Zespół faunistyczny głównie graptolitowy, słabo zachowany; stwierdzono tu: *Orthograptus* sp., *O. truncatus* (Lapw.), *Climacograptus* sp., *Cl.* cf. *minimus* Carr., oraz *Diplograptus* sp. Na głębokościach 46-66 m *Dicellograptus* sp., *Dicranograptus clingani* Carr., *Diplograptus* sp. oraz liczne ramienionogi *Paterula* sp., a rzadziej *Lingula* sp.

74,0-106,0 m łowce szare i ciemnoszare, słabo wapniste, dobrze laminowane i łupkowate z bardzo rzadkimi ramienionogami *Paterula* sp. i *Lingula* sp. Zespół graptolitów ubogi — stwierdzono tu kilka fragmentów rabdozomów *Climacograptus* sp., Cl. cf. *bicornis* Hall, oraz *Dicellograptus* sp. i *Dicranograptus* sp. Upady zmienne, w granicach od 55° do 75°.

106,0-115,4 m łowce ciemnoszare i prawie czarne, z rzadkimi wtrąceniami łowców szarozielonawych bez laminacji i łupkowatości o przełamie muszlowym i połysku jedwabistym, lekko dolomityczne. Graptolity rzadkie, głównie w łowcach ciemnych. Są to *Climacograptus* sp. i *Diplograptus* sp. Upady zmienne, lecz podobne jak wyżej.

115,4-116,7 m wapień dolomityczny, częściowo piaszczysty z rozproszonym glaukonitem i — być może — szamozytem, zbity i dość twardy, silnie spękany, z żyłkami kalcytu.

116,7-118,0 m łowiec wapnisty, szarozielony, bez fauny, z przewarstwieniami mułowców piaszczystych z glaukonitem i — być może — szamozytem, barwy zielonej i rdzawobrunatnej.

118,0-124,0 m łowce szare bezwapienne, laminowane i łupkowate, silnie spękane i zgniecione. Rdzeń otrzymuje się w postaci rumoszu lub druzgotu, a upady są trudne do określenia.

124,0-152,0 m łowce szare z lekkim odcieniem zielonawym, dolomityczno-wapienne bez laminacji i łupkowatości z licznym detrytusem skorupki ramienionogów *Paterula* sp. i *Lingula* sp. (małe formy do 3 mm średnicy). Na niektórych płaszczyznach masowo występuje *Caryocaris* sp., podobnie jak w warstwach brzezińskich. Łowce często przekładane są cienkimi warstewkami łupków ciemnoszarych z liczniejszą fauną graptolitów, a mianowicie: *Climacograptus* sp., *Diplograptus* sp. i *Amplexograptus* sp. Miejscami w zespole tym zaznaczają się partie silnie spękane i zlustrowane z żyłkami kalcytu i skupieniami pirytu. Upady zmienne, w granicach od 55° do 80°.

152,0-155,0 m łowce i łupki; rdzeń w postaci druzgotu.

155,0-171,0 m łowce i łupki ciemnoszare, dolomityczno-wapienne, z licznymi graptolitami *Climacograptus* sp., Cl. cf. *brevis* Elles & Wood, *Diplograptus* sp., *D. multidentis* Elles & Wood oraz sporadycznymi ramienionogami *Paterula* sp. i *Lingula* sp. Upady zmienne, w granicach od 60° do 75°.

171,0-182,0 m łupki laminowane, ciemnoszare, prawie czarne, miejscami o połysku jedwabistym; bezwapienne, dość twarde, z licznymi graptolitami *Diplograptus multidentis* Elles & Wood, *Diplograptus* sp. i *Pseudoclimacograptus* cf. *scharenbergi* (Lapw.). Upady dochodzą do 80°.

182,0-203,0 m łowce ciemnoszare i szare, miejscami z lekkim odcieniem zielonawym, wapniste i dolomityczne z wkładkami nieco ciemniejszych łupków z licznymi graptolitami: *Diplograptus* cf. *multidentis* Elles & Wood, *Climacograptus* sp., *Pseudoclimacograptus* cf. *scharenbergi* (Lapw.), *Dicranograptus brevicaulis* Elles & Wood, oraz *Dicellograptus sextans* Hall (na głębokości 202-203 m występuje masowo); ponadto rzadko *Paterula* sp., *Lingula* sp. i *Caryocaris* sp. Na głębokości 192,0 m, 193,0 m i 202,0 m występują dziesięciocentymetrowe wkładki wapieni ilastych i syderytowych barwy szarobrunatnej, z cienkimi żyłkami kalcytu. Upady w granicach 70°-80°.

203,0-220,0 m łowce szare z lekkim odcieniem zielonawym, miejscami słabo dolomityczne bądź wapniste, z kilkoma konkrecjami wapienno-dolomitycznymi kształtu kulistego, do 3 cm średnicy (głębokość 206 m, 210 m i 219 m), oraz z graptolitami *Climacograptus* sp., *Pseudoclimacograptus scharenbergi* (Lapw.) — głównie na głębokości 213-214 m; sporadycznie występują *Glyptograptus* sp. i *Paterula* sp.

Na głębokości 219,8 m stwierdzono przewodni gatunek graptolita *Nemagraptus gracilis* Hall. Upady w granicach 65°-70°.

220,0-235,8 m łowce szare z odcieniem zielonawym, słabo wapniste i dolomityczne, bez laminacji i łupkowatości, z rzadkimi i cienkimi wkładkami zielonawych mułowców z rozproszonym glaukonitem. Zespół graptolitowy dość zróżnicowany: *Pseudoclimacograptus scharenbergi* (Lapw.), *Nemagraptus* sp., *N. gracilis* Hall, *Glyptograptus* sp., *G. cf. teretiusculus* His. oraz kilka fragmentów *Dicellograptus* sp. i *Dicranograptus* sp. Miejscami występują wkładki skał szamozytowo-syderytowych o nieregularnej laminacji, z wyraźnymi śladami rozmycia i rzadkimi oolitami. Zespół ten jest znacznie zdyslokowany i spękany, z licznymi żyłkami kalcytowymi. Upady zmienne, dochodzące do 70°.

235,0-236,5 m wapień ilasty, częściowo syderytowo-szamozytowy, zbity i dość twardy, szarozielonawy bądź plamisty, rdzawobrunatny, z żyłkami kalcytu i pirytu. Upad około 70°.

236,5-236,8 m wapień ilasty syderytowo-szamozytowy, częściowo dolomityczny, szarozielonawy z żyłkami kalcytu do 2 cm grubości, miejscami z wyraźną impregnacją pirytu.

236,8-244,6 m łowce szare i zielonawe, miejscami wapniste bądź dolomityczne, łupkowane i silnie spękane z cienkimi żyłkami kalcytu. Stwierdzono ubogą faunę graptolitów: *Pseudoclimacograptus cf. scharenbergi* (Lapw.), *Glyptograptus* sp., *G. cf. teretiusculus* His. oraz sporadyczne fragmenty *Climacograptus* sp., *Dicellograptus* sp. i *Dicranograptus* sp. Upady dość zmienne, w granicach 60°-70°. Zespół ten wykazuje znaczne zaangażowanie tektoniczne.

244,6-246,5 m wapień ilasto piaszczysty, miejscami syderytowo-szamozytowy, szarozielonawy z częstymi skupieniami glaukonitu bądź szamozytu. Jest on sporadycznie nieregularnie, spływowo laminowany i wykazuje ślady rozmycia. Jest on silnie spękany i uziłony cienkimi żyłkami kalcytu.

246,5-249,5 m mułowce słabo wapniste, szarozielonawe z rozproszonym glaukonitem, miejscami syderytowo-szamozytowe, niewyraźnie łupkowane i laminowane z wyraźnymi śladami rozmycia. Laminy jasne są wapniste i przypuszczalnie syderytyczne, a laminy ciemniejsze i zielonawe zawierają skupienia szamozytu. Opisane utwory są silnie zdyslokowane i spękane i zawierają żyłki kalcytu i gniazda pirytu. Upad około 65°.

249,5-249,8 m wapień syderytowo-szamozytowy z licznymi oolitami, zwięzły i twardy, szarozielonawy lub żółtawy z rozproszonym glaukonitem. W środkowej części jest on przedzielony pięciocentymetrową warstewką mułowcowo-ilastą o wybitnej laminacji nieregularnej i spływowej ze śladami rozmycia, z częstymi skupieniami oolitów szamozytowych bądź ziarn glaukonitu. Upad około 65°.

249,8-251,3 m mułowce piaszczyste i glaukonitowe, miejscami ilaste i łupkowane, barwy szarozielonawej i zielonej, niewyraźnie laminowane. W niektórych warstewkach rozpoznać można skupienia szamozytu i glaukonitu. Graptolitów brak; występuje jedynie drobny detrytus fosforanowych skorupek ramienionogów. Upad dochodzi do 60°.

251,3-253,0 m piaskowce i mułowce glaukonitowe podobne do poprzednich, często jednak rdzawobrunatno zabarwione. Upady zmienne, w granicach 50°-55°.

253,0-257,0 m mułowce szarozielonawe, być może szamozytowo-syderytowe z rozproszonym glaukonitem, przekładane szarozielonymi łowcami o wyraźnej laminacji i łupkowatości z nielicznymi wtrąceniami łowców czarnych i ciemnoszarych do 1 cm grubości. Zawierają liczne fragmenty graptolitów: *Didymograptus* sp., *Phyllograptus* sp., *P. cf. typus* Hall, *Didymograptus cf. indentus* Hall, *Azyograptus* sp. oraz w spągu *Tetragraptus* sp. i *T. cf. pendens* Elles. Upady zmienne, w granicach 50°-65°.

257,0-258,0 m piaskowce i mułowce glaukonitowe, bezwapniste i nieregularnie laminowane, słabo łupkowate, bez graptolitów. Stwierdzono jedynie detrytus skorupek ramienionogów. Upady 50°-60°.

258,0-264,0 m ilowce i mułowce dolnego kambru (do końca wiercenia), z obfitymi blaszkami muskowitu i z cienkimi warstewkami piaskowców kwarcytowych z hieroglifami. Osady kambru są wybitnie bezwapniste. Utwory kambru są silnie zdyslokowane i spękane, z licznymi poślizgami tektonicznymi. Upady są zmienne, prawie pionowe w granicach od 75° do 90°. Zaznacza się wyraźna niezgodność między warstwami dolnego kambru i ordowiku.

OPIS PETROGRAFICZNY GŁÓWNYCH TYPÓW SKAŁ ORDOWIKU

Materiał oddany do dyspozycji dla celów analizy petrograficznej stanowił tylko część materiałów uzyskanych z wierceń. Mimo to materiał z wierceń Brzeziny 45 i Brzeziny 48 był wystarczający dla charakterystyki petrograficznej najbardziej interesujących skał ordowiku Brzeziny. Natomiast materiał z wiercenia Brzeziny 2 pochodził jedynie z górnej części profilu, z głębokości 2-17 m i ma charakter utworu silnie zmienionego czynnikami powierzchniowymi i wzbogaconego wtórnie w tlenki żelaza. Materiał ten nie odzwierciedla przypuszczalnie pierwotnego charakteru skał. Mimo to skały z wiercenia Brzeziny 2 zostaną opisane w pierwszej kolejności, zgodnie z kolejnością opisu wierceń. Opis zostanie jednak rozpoczęty od warstw najniższych danego odcinka profilu, co ułatwi odczytanie przebiegu sedymentacji.

Wiercenie Brzeziny 2

Na głębokości 13-17 m występuje skała hematytowo-syderytowa: z drobnym piaskiem kwarcowym i wtrąceniami szamozytu. Makroskopowo jest ona barwy wiśniowo-czerwonej, wyróżnić jednak można laminy o mniej lub bardziej intensywnie czerwonej barwie oraz gniazda szarozielone. Pod mikroskopem rozpoznać można agregat hematytu, częściowo utlenionego syderytu, rzadko występującego szamozytu oraz ziarna detrytycznego kwarcu i allochtonicznego glaukonitu. Skupienia syderytu są miejscami przetkane szamozytem i mają charakter silnie zdeformowanych oolitów. W niektórych częściach skały zauważyć można płyty szamozytowo-kaolinitowe, zawierające drobne soczewki intensywnie zielonego szamozytu, agregaty syderytu oraz okruchy warstewkowanych skał syderytowo-hematytowych, pochodzące przypuszczalnie ze śródformacyjnej przeróbki osadu. W całej masie skalnej rozsiane są drobne, ostrokrawędziste ziarna kwarcu.

Na głębokości 11-13 m występuje typ skały o podobnym składzie mineralnym, zaznacza się jednak rytmiczna zmienność składu uwidocznioma już makroskopowo w występowaniu lamin o grubości do 1 cm, na przemian czerwonych i oliwkowozielonych. Pod mikroskopem wyróżnić

można warstewki hematytowe przetkane ostrokrawędzistym piaskiem kwarcowym oraz warstewki szamozytowe, również z domieszką piasku kwarcowego, a także ostrokrawędzistych, niewątpliwie allochtonicznych ziarn glaukonitu. Rzadko spotyka się tu częściowo skaolinizowane skałenie potasowe oraz blaszki muskowitu i biotyту prawie zawsze zglaukonityzowane. Szamozyt tworzy niekiedy wydłużone soczewki przetkane hematytem, o charakterze silnie zdeformowanych oolitów. Tu i owdzie widoczne są pozazębiane ziarna syderytu oraz warstewki kaolinitu przetkane łuseczkami illitu.

Na głębokości 7-8,5 m występuje skała hematytowo-szamozytowa zupełnie już pozbawiona syderytu, który — jak widać z opisu skał poprzednich — stopniowo zanika, idąc ku górze tego odcinka profilu. Tlenki żelaza tworzą tu skupienia elipsoidalne bądź kuliste, a struktura koncentryczna tych skupień zaznacza się wyraźnie tam, gdzie widać przewarstwienia hematytu i szamozytu. Ten ostatni pojawia się w płatach rozrzuconych wśród masy hematytowej cementującej ostrokrawędziste ziarna kwarcu. Zdarzają się gniazda kaolinitu.

Okaz pobrany z rumoszu na głębokości 2-4 m zbudowany jest głównie ze skupień tlenków żelaza, wykazujących tu i owdzie w świetle odbitym charakterystyczne dla hematytu efekty anizotropii. Ta żelazista masa cementuje drobne (poniżej 0,1 mm średnicy) ostrokrawędziste ziarna kwarcu. Miejscami pojawia się szamozyt, cementujący podobnej wielkości ziarna kwarcu; zdarzają się też gniazda kaolinitu. Nie zaznaczają się tu wyraźnie struktury koncentryczne w budowie agregatów tlenków żelaza.

Wiercenie Brzeziny 45

W materiale skalnym z głębokości 233 m stwierdzono obecność skały szamozytowo-syderytowej z tlenkami żelaza, obfitym mułkiem kwarcowym i detrytycznym glaukonitem. Makroskopowo okaz jest barwy dość jednostajnie ciemnoszarzielonej z jaśniejszymi żółtymi i rdzawymi plamkami oraz soczewkami i żyłkami kalcytu. Przybliżony skład mineralny podaje tabela 1.

Tabela 1

Skład mineralny skały szamozytowo-syderytowej z wiercenia Brzeziny 45, głębokość 233 m

	% obj.
Szamozyt	43,6
Syderyt	22,5
Tlenki żelaza	19,2
Kwarc	10,9
Glaukonit	3,8

Pod mikroskopem widoczne są ziarna syderytu o kształtach nieprawidłowych i przeciętnej średnicy około 0,1 mm, scementowane intensywnie zielonym szamozytem przypuszczalnie z domieszką minerałów ilastych. Te ostatnie zdradzają swą obecność niejednostajną dwójłomnością i miejscami drobnołuseczkowatą strukturą agregatu. Rzadko rozrzucone są w tej masie cementującej ostrokrawędziste ziarna kwarcu o średnicy rzadko przekraczającej 0,05 mm. Wśród tlenków żelaza często daje się w świetle odbitym zidentyfikować hematyt, który jest przetkany drobnymi ziarnami kwarcu. Wśród opisanych agregatów syderytowo-szamozytowo-kwarcowych rozmieszczone są tu i owdzie silnie zdeformowane oolity hematytowo-szamozytowe.

Z głębokości 233 m zanalizowano mikroskopowo okaz o mniej urozmaiconym składzie mineralnym, pozbawionym zarówno tlenków żelaza jak i glaukonitu. Jego skład mineralny podaje tabela 2.

Tabela 2

Skład mineralny skały szamozytowo-syderytowej z wiercenia Brzeziny 45, głębokość 232 m

	% obj.
Szamozyt	29
Syderyt	63
Kwarc	7
Piryt	1

Główny składnik — syderyt — występuje w postrzępionych ziarnach o przeciętnej średnicy 0,2 mm. Ziarna te mają wygląd zmieniony wskutek deformacji lub rekrytalizacji sferolitów lub oolitów i są pozazębiane lub też rozrzucone na tle bladozielonej, prawie izotropowej masy szamozytu. Miejscami masa ta jest zupełnie bezbarwna i słabo dwójłomna, przypuszczalnie skaolinizowana. Oolitowe struktury szamozytu nigdzie nie są widoczne. Mułek i drobny piasek kwarcowy rozmieszczone są nierównomiernie wśród agregatów szamozytowo-syderytowych. Miejscami większe skupienia kwarcu scementowane są skąpym spoiwem syderytowym lub szamozytowym. Piryt rozproszony jest w drobnych gruzelkach. Kalcyt siecią cienkich żyłek przecina miejscami agregaty szamozytu. Obfitość syderytu i obecność pirytu w opisanej części osadu wskazuje na środowisko bardziej redukcyjne w porównaniu z osadem opisanym z głębokości 233 m.

Analizowany okaz skały szamozytowo-syderytowej z głębokości 231 m jest interesujący ze względu na obecność licznych oolitów i pizolitów, osiagających miejscami średnicę 5 mm. Zarówno struktura jak i skład mineralny tych utworów jest bardzo urozmaicony. Najczęściej wyróżnić w nich można pod mikroskopem koncentryczne warstewki intensywnie zielonego szamozytu oraz warstewki zbudowane z tlenków żelaza lub częściowo utlenionego syderytu. Zewnętrzna warstwa oolitu

jest zwykle zbudowana z jaśniejszego, bardziej grubokrystalicznego syderytu. Rdzeń jest bądź szamozytowy, bądź też zbudowany z ostrokrawędzistych ziarn kwarcu scementowanych tlenkami żelaza, szamozytem lub syderytem. Niektóre oolity lub pizolity są zbudowane z tlenków żelaza, a zewnętrzna obwódka z syderytu, niekiedy przewarstwionego szamozytem. Inne oolity są czysto szamozytowe. W częściach skały bez oolitów i pizolitów występuje drobny, ostrokrawędzisty piasek kwarcowy scementowany syderytem, bądź tlenkami żelaza, bądź też jednym i drugim minerałem. W piasku tym spotyka się dość liczne ostrokrawędziste, niewątpliwie allochtoniczne ziarna glaukonitu. W opisanej skale występuje konkrecja fosforanowa, w której kwarc, węglany, bezbarwne łuszczyki i bardzo nieliczne ziarna glaukonitu scementowane są bladeżółtym izotropowym fosforanem. Ponadto zwraca uwagę w obrazie mikroskopowym skały agregat szamozytowo-syderytowy z obwódką zbudowaną z pozlepianych w łańcuszek i zdeformowanych oolitów szamozytowych. Struktura ta świadczy, że deformacje oolitów zachodziły między innymi także w czasie przeróbki śródformacyjnej częściowo już skonsolidowanego osadu.

Okaz skały z głębokości 230,7 m jest bogatszy w syderyt, nie zawiera tlenków żelaza ani glaukonitu i cechuje się obfitością drobnych konkrecji fosforanowych.

Z głębokości 230 m zanalizowana została skała szamozytowo-syderytowa z konkrecjami fosforanowymi, bardzo zmienna w składzie i strukturze. Niektóre części badanego okazu mają wygląd szarozielonego piaskowca, a gdzie indziej widoczne są gniazda węglanów obok skupień ciemnozielonego szamozytu i brunatnych konkrecji fosforanowych. Pod mikroskopem widać, że szamozyt tworzy miejscami naskorupienia na konkrecjach fosforanowych lub też zamknięty jest wewnątrz tych konkrecji w postaci drobnych zdeformowanych oolitów (pl. I, fig. 1). W niektórych częściach płytki cienkiej widoczne są przewarstwienia bladezielonego szamozytu i syderytu, silnie sprasowane i tworzące niekiedy zdeformowane oolity (pl. I, fig. 2). Gdzie indziej bezładnym skupieniom syderytu i szamozytu towarzyszy obfity mułek kwarcowy. We wnętrzu fosforytów tkwią drobne ziarna glaukonitu i kwarcu, a ponadto pojawiają się gruzelki pirytu. Zdarzają się też szczątki organiczne impregnowane nieprzezroczystą substancją, należące zapewne do potrzaskanych i zdeformowanych graptolitów. Wyniki analizy chemicznej tej skały, wykonanej przez mgr inż. W. Pałyskę, są podane w tabeli 3.

Skład mineralny skały obliczony z analizy chemicznej i oznaczony mikrometrycznie zestawione są w tabeli 4.

Przy przeliczaniu analizy chemicznej na rzeczywisty skład mineralny nie było możliwe rozdzielić w sposób uzasadniony następujących składników: szamozytu, minerałów ilastych, glaukonitu i kwarcu. Dlatego podano tylko ich sumę, a o ich wzajemnych stosunkach ilościowych

informuje analiza mikrometryczna. Zgodność w stosunkach ilościowych głównych składników mineralnych w wynikach obu metod analitycznych jest jednak wystarczająca, zwłaszcza jeśli się weźmie pod uwagę zmienność składu mineralnego w obrębie nawet jednego okazu skały. Większa ilość kalcytu w przeliczeniu analizy chemicznej w stosunku do danych z analizy mikrometrycznej jest wynikiem obecności drobnych żyłek kalcytowych w skale, które przy wykonywaniu płytek cienkich były starannie omijane. Analiza mikrometryczna wykazuje większą ilość fosforanów niż to wskazuje analiza chemiczna, co jest — być może — wynikiem obecności przerostów szamozytowych w fosforytach nie zawsze dających się mikroskopowo wyróżnić.

T a b e l a 3

Skład chemiczny skały szamozytowo-syderytowej z wiercenia Brzeziny 45, głębokość 230 m (an. W. Pałyska)

	% wag.
SiO ₂	21,40
TiO ₂	0,20
Al ₂ O ₃	13,21
Fe ₂ O ₃	0,91
FeO	23,54
MnO	2,45
MgO	3,31
CaO	10,24
Na ₂ O	0,25
K ₂ O	0,61
H ₂ O+	1,85
H ₂ O—	0,27
P ₂ O ₅	1,36
CO ₂	20,19
	<hr/> 99,79

T a b e l a 4

Skład mineralny skały szamozytowo-syderytowej z wiercenia Brzeziny 45, głębokość 230 m

a) obliczony z analizy chemicznej	% wag.	b) oznaczony mikrometrycznie	% obj.
Syderyt (ok. 10% MnCO ₃)	36,21	}	51,5
Kalcyt	14,89		4,0
Fosforany	3,12		6,3
Rutyl	0,20		—
Szamozyt	}	}	28,3
Minerały ilaste			2,4
Glaukonit			1,3
Kwarc			6,2
	45,25		38,2

Na głębokości 229 m stwierdzono obecność skały szamozytowo-syderytowej bardzo podobnej w wykształceniu petrograficznym i stosunkach ilościowych minerałów do utworu z głębokości 230 m. Analogię tę wykazują tabele 5 i 6. A zatem zarówno dopływ materiału z ładu jak i warunki środowiska prawie nie ulegały zmianie przy tworzeniu się osadów o miąższości co najmniej 1 metra, a prawdopodobnie i większej. Podkreślana przy opisie skały zmienność jej wykształcenia w obrębie jednej próbki jest wynikiem ruchliwości środowiska i śródformacyjnej przeróbki, nie znajduje jednak wyrazu w przeciętnym składzie chemicznym i mineralnym.

Tabela 5

Skład chemiczny skały szamozytowo-syderytowej z wiercenia Brzeziny 45, głębokość 229 m (an. W. Pałyska)

	% wag.
SiO ₂	19,01
TiO ₂	0,27
Al ₂ O ₃	8,07
Fe ₂ O ₃	0,94
FeO	27,68
MnO	2,50
MgO	3,70
CaO	10,67
Na ₂ O	0,45
K ₂ O	0,37
H ₂ O+	1,70
H ₂ O—	0,10
P ₂ O ₅	0,88
CO ₂	23,48
S	0,22
SO ₃	0,03
	<u>100,07</u>

Tabela 6

Skład mineralny skały szamozytowo-syderytowej z wiercenia Brzeziny 45, głębokość 229 m

a) obliczony z analizy chemicznej		b) oznaczony mikrometrycznie	
	% wag.		% obj.
Syderyt (ok. 10% MnO ₃)	41,92	54,4	} 57,6
Kalcyt	17,30	3,2	
Fosforany	2,06	3,9	
Piryt	0,37	0,3	
Rutyl	0,27	—	
Szamozyt	} 38,44	28,3	} 38,2
Kwarc		5,8	
Minerały ilaste		2,8	
Glaukonit		1,3	

Następna próbka skały z wiercenia B 45, oddana do dyspozycji do analiz petrograficznych, pochodziła z głębokości 213 m. Jest to wapień sydereityczny szarozielony, bogaty w mulek kwarcowy, reagujący na kwas solny, nie wykazujący wyraźnej laminacji. Jego skład mineralny podaje tabela 7.

Tabela 7

Skład mineralny sydereitycznego wapienia piaszczystego z wiercenia Brzeziny 45, głębokość 213 m

	% obj.
Kwarc	20,0
Węglany	72,4
Glaukonit	3,0
Fosforany	2,4
Piryt	2,2

Wśród węglanów rozpoznać można syderyt w drobnych pozazębianych ziarenkach oraz kalcyt, z którego są zbudowane pokruszone skorupki ramienionogów, tu i owdzie zrekrytalizowany w ziarna zbliżnione. Kwarc jest ostrokrawędzisty, o średnicy poniżej 0,1 mm. Glaukonit pojawia się w ziarnach o średnicy 0,04–0,5 mm i często tworzy pseudomorfozy po łyszczkach. Fosforany wypełniają niektóre skorupki ramienionogów; piryt rozsiany jest w drobnych ziarenkach.

Z głębokości 211 m zanalizowano łupek marglisty zwięzły, szarozielony, niewyraźnie laminowany, reagujący na HCl. Przybliżony skład mineralny podaje tabela 8.

Tabela 8

Skład mineralny łupku marglistego z wiercenia Brzeziny 45, głębokość 211 m

	% obj.
Kwarc	50,0
Węglany	30,7
Minerały ilaste	8,5
Glaukonit	3,7
Łyszczki	0,7
Skalenie	1,8
Fosforany	2,8
Tlenki żelaza i piryt	1,8

Kwarc występuje tu w okruchach o przeciętnej średnicy 0,06 mm. Wśród węglanów prawdopodobnie przeważa kalcyt budujący skorupki ramienionogów i tworzący zbliżnione ziarna. Syderyt, ściśle nie zidentyfikowany, może być obecny w drobnych ilościach. Minerale ilaste tworzą pilśń łuseczek nisko dwójłomnych (kaolinit?). Glaukonit jest allochtoniczny, jego ziarna o przeciętnej średnicy 0,1 mm są ostrokrawędziste. Wśród łyszczków rozpoznać można biotyt i muskowit, przy czym niektóre blaszki są częściowo zglaukonityzowane. Interesujące jest tu poja-

wienie się skaleni, które w głębszych poziomach występowały jedynie w częściowo zglaukonityzowanych reliktach. Skalenie należą do mikroklinu lub albitu i występują w okruchach o średnicy około 0,1 mm. Fosforany skupiają się w drobne gruzelki; piryt i tlenki żelaza są rozproszone w niewielkich grudkach.

Z głębokości 210 m zanalizowano mikroskopowo łupek ilasto-mułkowy ciemnoszary, z widocznymi makroskopowo licznymi blaszkami miki, niewyraźnie laminowany, słabo reagujący na HCl. Przybliżony skład mineralny podaje tabela 9.

Tabela 9

Skład mineralny łupku ilasto-mułkowego z wiercenia Brzeziny 45, głębokość 210 m

	% obj.
Kwarc	51,2
Węglany	6,2
Minerały ilaste	28,8
Glaukonit	3,2
Łyszczyki	1,0
Skalenie	1,1
Fosforany	4,7
Tlenki żelaza i piryt	3,8

Kwarc występuje w okruchach o przeciętnej średnicy 0,06 mm. Minerały ilaste barwy brunatnoszarej są wysoko dwójłomne i należą przypuszczalnie do grupy illitu. Wśród węglanów rozpoznać można jedynie kalcyt budujący skorupki ramienionogów i tworzący zbliżnione ziarna. Glaukonit bladezielony, na ogół allochtoniczny, tworzy ziarna poniżej 0,1 mm średnicy. Łyszczyki należą do muskowitu i biotyту, skalenie do mikroklinu i albitu. Fosforany wchodzi w skład niektórych skorupek ramienionogów i tworzą drobne konkracje. Piryt i tlenki żelaza są rozproszone w drobnych gruzelkach.

Wiercenie Brzeziny 48

Z głębokości 252,8 m zanalizowano mikroskopowo łupek kwarcowo-glaukonitowy, bezwapienny, z widocznym makroskopowo warstewkowaniem równoległym, przy czym warstewki są nieznacznie pofałdowane. Wyróżnić można warstewki bogatsze i uboższe w glaukonit. Przybliżony skład mineralny podaje tabela 10.

Kwarc występuje w ziarnach ostrokrawędzistych lub półobtoczonych o przeciętnej średnicy 0,08 mm. Ziarna glaukonitu są na ogół większe, przeciętna średnica wynosi 0,18 mm, ale waha się w granicach 0,04-0,6 mm. Większe ziarna mają kształty elipsoidalne lub wielopłatkowe, charakterystyczne dla autochtonicznego glaukonitu; mniejsze są

T a b e l a 10

Skład mineralny łupku kwarcowo-glaukonitowego z wiercenia Brzeziny 48,
głębokość 252,8 m

	% obj.
Kwarc	23,2
Glaukonit	49,6
Minerały ilaste	18,7
Fosforany	7,3
Piryt	1,2

ostrokrawędziste. Zdarzają się też pseudomorfozy glaukonitu po łyszczkach. Barwa glaukonitu jest rozmaita, od żywo- do bladzielonej. Minerale ilaste tworzą wysoko dwójłomne pilśniowate skupienia; miejscami są one częściowo zglaukonityzowane. Konkrecje fosforanowe są mniej lub więcej kuliste, brunatne, przeświecające, o średnicy do 0,5 mm. Dość liczne są fosforanowe skorupki ramienionogów. Piryt tworzy gniazda zbudowane z drobnych kryształków.

Bogatszy w minerały ilaste jest łupek kwarcowo-glaukonitowy z głębokości 251,3 m, którego skład mineralny podaje tabela 11.

T a b e l a 11

Skład mineralny łupku kwarcowo-glaukonitowego z wiercenia Brzeziny 48,
głębokość 251,3 m

	% obj.
Kwarc	26,4
Glaukonit	36,9
Minerały ilaste	32,8
Fosforany	3,4
Piryt	0,5

Pod mikroskopem widać, że niektóre warstewki składają się z prawie czystego autochtonicznego glaukonitu i można obserwować liczne blaszki zglaukonityzowanych łyszczków (pl. III, fig. 1). Wysoko dwójłomne agregaty ilaste są również częściowo zglaukonityzowane.

W łupku ilastym z głębokości 251 m zaznacza się wyraźny spadek ilości kwarcu i glaukonitu, natomiast wyraźnie przeważają minerały ilaste. Z analizy termicznej tej skały, wykonanej przez doc. dr K. Łydkę, wynika, że wśród minerałów ilastych występuje wyłącznie illit. Skład mineralny tej skały jest podany w tabeli 12.

Pod mikroskopem obserwować tu można duże skupienia zglaukonityzowanych blaszek łyszczków (pl. II, fig. 2). Konkrecje fosforanowe o średnicy do 2 mm zawierają drobne ziarna kwarcu i glaukonitu. Nieliczne są szczątki fosforanowych skorupiek ramienionogów.

Brak jest w oddanej do dyspozycji części rdzenia okazu przejściowego od głębokości 251 m do 248 m. Dlatego nie udało się prześledzić stopniowego przejścia od skały jeszcze bogatej w glaukonit do skały szamozytowo-syderytowej. Skład mineralny tej ostatniej skały jest podany w tabeli 13.

Tabela 12

Skład mineralny łupku ilastego z wiercenia Brzeziny 43, głębokość 251 m

	% obj.
Kwarc	20,9
Glaukonit	20,0
Illit	52,3
Fosforany	5,1
Piryt	1,7

Tabela 13

Skład mineralny skały szamozytowo-syderytowej z wiercenia Brzeziny 48, głębokość 248 m

	% obj.
Szamozyt	43,6
Syderyt	36,4
Kalcyt	10,2
Minerały ilaste	3,0
Glaukonit	0,3
Kwarc	3,2
Piryt	1,3

Makroskopowo jest to skała szarzielona z wtrąceniami pofałdowanych warstewek i soczewek ciemnozielonych, miejscami czerwonych. Na przekroju poprzecznym widać niewyraźne przewarstwienia pofałdowanych laminy ciemnozielonych o grubości kilkunastu milimetrów oraz laminy jaśniejszych, węglanowych, wyraźnie reagujących na HCl. Pod mikroskopem szamozyt jest na ogół izotropowy, rzadziej wyraźnie dwójłomny. W częściach węglanowych skały szamozyt tworzy tło agregatów syderytu o charakterze sferolitów lub form zbliżonych do oolitów. Syderyt jest tutaj prawie bezbarwny i wyraźnie autochtoniczny w odróżnieniu od tu i owdzie rozrzuconych strzępów częściowo utlenionego syderytu, pochodzących ze śródformacyjnej przeróbki osadów. Zdarzają się skorupki ramienionogów, zwykle kalcytowe, rzadziej fosforanowe. Nieliczny glaukonit występuje w drobnych, rozproszonych ostrokrawędzistych ziarnach z ciemną obwódką. Również ostrokrawędziste i drobne są ziarna kwarcu. Minerale ilaste są szarzielone, przeważnie wyraźnie dwójłomne, stopniowo jednak przechodzące w nisko dwójłomne lub izotropowe skupienia szamozytu. Piryt tworzy gniazda wyprasowane w cienkie smugi.

Następny zanalizowany mikroskopowo okaz pochodził z głębokości 231 m. Skała ta różni się od poprzedniej obfitością tlenków żelaza i mułku kwarcowego. Skład mineralny przedstawia tabela 14.

Tabela 14

Skład mineralny skały szamozytowo-hematytowo-syderytowej z wiercenia Brzeziny 48, głębokość 231 m

	% obj.
Szamozyt	16,7
Syderyt	42,1
Tlenki i wodorotlenki żelaza	21,6
Kwarc	18,5
Fosforany	0,6
Glaukonit	0,5

W obrazie mikroskopowym tej skały odczytać można zarówno ślady śródformacyjnej przeróbki materiału, jak i deformacji tektonicznych. Oolity szamozytowe z rdzeniem zbudowanym z mniej lub bardziej utlenionego syderytu są silnie zdeformowane i dłuższą osią mniej więcej równoległe ułożone w stosunku do warstewkowania (pl. III, fig. 1 i 2). Krótsza oś oolitu wynosi przeciętnie około 0,5 mm, a dłuższa osiąga 1,5 mm. Zdarzają się agregaty szamozytowo-syderytowe z otoczką hematytową o średnicy 5 mm. Szamozyt ma żywozieloną barwę tam, gdzie ma charakter autochtoniczny, natomiast przybiera odcień brunatny w zespołach szamozytowo-syderytowych o charakterze śródformacyjnych okruchów. Syderyt i tlenki żelaza tworzą także spoiwo mułku kwarcowego lub też wchodzą w skład oolitów, w których obserwować można często naprzemianległość warstewek szamozytowych, syderytowych i warstewek złożonych z tlenków żelaza. Niektóre zdeformowane oolity zbudowane są wyłącznie z tlenków żelaza. Glaukonit jest skąpy i niewątpliwie allochtoniczny.

*Zmiany składu mineralnego skał w profilu pionowym
wierceń Brzeziny 45 i Brzeziny 48*

Dla celów interpretacji przebiegu sedymentacji ordowiku Brzezin pożyteczne było zestawienie zmiany składu mineralnego w profilach pionowych wierceń. Udało się tego dokonać tylko dla tych fragmentów profilów, które zostały przekazane do badań petrograficznych. W tabelach 15 i 16 zestawiono zmianę składu mineralnego z wierceń B 45 i B 48. Nie uwzględniono wiercenia B 2 z powodu zbyt skąpego materiału analitycznego.

Z zestawienia składu mineralnego osadów ordowiku w profilu pionowym wierceń Brzeziny 45 i Brzeziny 48 wynika, że największa koncentracja szamozytu i syderytu występuje tam, gdzie minerały detry-

Tabela 15

Zestawienie zmian składu mineralnego skał ordowiku z wiercenia Brzeziny 45 (w % obj.)

Głębokość w m	233	232	230	229	213	211	210
Kwarc	10,9	7	6,2	5,8	20,0	50,0	51,2
Glaukonit	3,8	—	1,3	1,3	3,0	3,7	3,2
Minerały ilaste			2,4	2,8	—	8,5	26,8
Fosforany			6,3	3,9	2,4	2,8	4,7
Piryt		1		0,3	2,2	1,8	3,8
Szamozyt	43,6	29	28,3	28,3			
Syderyt	22,5	63	51,5	54,4	72,4	30,7	6,2
Kalcyt			4,0	3,2			
Tlenki żelaza	19,2						
Skalenie						1,8	1,1
Łyszczyki						0,7	1,0

Tabela 16

Zestawienie zmian składu mineralnego skał ordowiku z wiercenia Brzeziny 48 (w % obj.)

Głębokość w m	252,8	251,3	251,0	248,0	231
Kwarc	23,2	26,4	20,9	3,2	18,5
Glaukonit	49,6	36,9	20,0	0,3	0,5
Minerały ilaste	18,7	32,8	52,3	3,0	—
Fosforany	7,3	3,4	5,1	—	0,6
Piryt	1,2	0,5	1,7	1,3	—
Szamozyt				43,6	16,7
Syderyt				38,4	42,1
Kalcyt				10,2	
Tlenki żelaza					21,6

tyczne — kwarc, minerały ilaste, łyszczyki i skalenie — stanowią nikłą domieszkę osadu żelazistego. W niewielkiej ilości występuje też w tych poziomach glaukonit, który jest niewątpliwie allochtoniczny. Natomiast większe skupienia glaukonitu i to przeważnie autochtonicznego występują w osadach bogatych w terrygeniczny materiał mineralny. Stosunki te są ważne dla interpretacji przebiegu zjawisk sedymentacji ordowiku Brzezin.

STRATYGRAFIA

Z opisu profilów przedstawionych w tej pracy wynika, że najstarszymi osadami ordowiku w Brzezinach są piaskowce glaukonitowe, leżące niezgodnie na utworach dolnego kambru. Utwory te były już znane G. Gürichowi, a następnie J. Czarnockiemu w okresie kartowania tego terenu. Dokładniejsze ich rozpoznanie zostało przez tego badacza podane dopiero w 1950 r. Na podstawie nadległych łupków graptolitowych arenigu, poziomów 3, 4 i 5 (wg Elles & Wood), przypisywał on tym osadom wiek górnotremadocki, zaliczając je do poziomu z *Bryograptus*.

W oparciu o wyniki wiercenia B 2 w Brzezinach, H. Tomczyk (1962) podał pełniejszą stratygrafię tych utworów na podstawie określonego zespołu graptolitów. Łupki graptolitowe dominują w poziomie 4 i 5, natomiast poziom 6 z *Didymograptus bifidus* nie wykazuje już tak pełnego rozwoju fauny, ponieważ pojawiają się w nim wkładki skał szamoto-syderytowych i skał węglanowych z glaukonitem. Interesująco przedstawia się również spąg łupków graptolitowych, gdzie stwierdzony został gatunek *Loganograptus logani*. Jednak w profilu B 2 już w zasięgu *Didymograptus deflexus* i *D. v-fractus* występują liczne wkładki mułowców piaszczystych z glaukonitem, które w obrębie poziomu *Loganograptus logani* dominują, a niżej przechodzą w piaskowce glaukonitowe z ubogim detrytusem brachiopodów. Powyższe fakty nasuwają więc wątpliwość, czy osady leżące poniżej *L. logani* należą jeszcze do arenigu, czy też raczej do górnego tremadoku.

Obecność wyższych osadów ilastych z graptolitami, należących do landeilu i karadoku, została również udokumentowana przez H. Tomczyka (1962). Mniej dokładne dane przedstawił on w odniesieniu do osadów lanwirnu, gdyż wymagały one dodatkowych studiów stratygraficzno-petrograficznych. Wyższe utwory ordowiku reprezentują — według tego autora — łupki morawickie, natomiast niższe — warstwy brzezińskie.

Warstwy brzezińskie

Jak już wspomniano, niełatwa jest interpretacja stratygraficzna osadów piaszczysto-glaukonitowych o miąższości około 15 m, leżących poniżej poziomu *Loganograptus logani* Hall. Osady te zawierają jedynie słabo zróżnicowany detrytus skorupki brachiopodów, wśród których nie stwierdzono dotychczas przewodniego gatunku *Thysanotos siluricus* (tabl. I). Możliwe że brachiopody te wskazują na odpowiednik poziomu rozwiniętego w postaci piaskowców z charakterystyczną fauną *Conotreta*, które — według W. Bednarczyka (1960) — cechują najwyższy tremadok świętokrzyski. W niniejszej pracy osady te również uważane są za najwyższy tremadok i ewentualnie za utwory przejściowe do arenigu. Z uwagi na niewystarczającą dokumentację paleontologiczną, osady te nie zostały wyodrębnione z całego kompleksu warstw brzezińskich, co zostało uwidocznione na figurze 6 i w tabeli 1.

Arenig (warstwy brzezińskie dolne)

Stropowa część piaskowców i mułowców glaukonitowych zawiera drobne wtrącenia ilaste bądź ilasto-mułowcowe o wybitnie nieregularnej laminacji, w których pojawiają się pierwsze rabdozomy graptolitów. Z bardzo ubożego materiału faunistycznego, uzyskanego głównie z wierceń B 3, B 4, B 6 i B 9, które skupiają się we wschodniej części wychodni ordowiku (fig. 2), udało się wyodrębnić rodzaje *Clonograptus* i *Logano-*

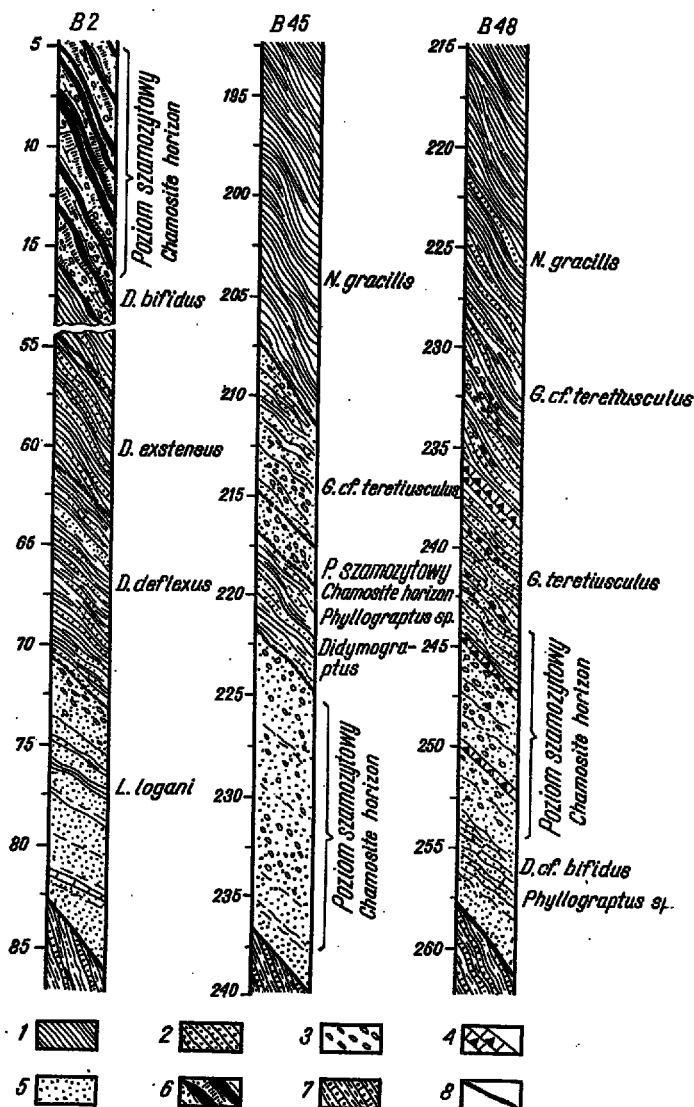


Fig. 4

Fragmenty profili wierceń z Brzeziny (B 2, B 45 i B 48), uwzględniające poziomy szamozytowe ordowiku

1 łowce z graptolitami, 2 mułowce piaszczyste z glaukonitem, 3 szamozyt, 4 wapienie syderytowe, 5 piaskowce glaukonitowe, 6 hematyt, 7 łowce i mułowce mikowe z wkładkami kwarcytów (doiny kambry), 8 większe poślizgi

Fragments of bore profiles from Brzeziny (B 2, B 45 and B 48) marking Ordovician chamosite horizons

1 claystones with graptolites, 2 siltstones with glauconite, 3 chamosite, 4 sideritic limestones, 5 glauconitic sandstones, 6 hematite, 7 claystones and micaceous siltstones with quartzite intercalations (Lower Cambrian), 8 important slicken surfaces

graptus. W nieco wyżej leżących osadach w wierceniu B 2 stwierdzono kilka okazów gatunków *Loganograptus logani* Hall. Utwory te, mające charakter przejściowy między piaskowcem glaukonitowym a iłowcami i mułowcami z graptolitami, potraktowano jako najniższy arenig poziomu *L. logani* (tabl. I). Leżące nad nimi osady mają już wyraźnie charakter ilasty i zawierają bogatą faunę graptolitów. W dolnej części, w zasięgu stratygraficznym poziomu *Didymograptus deflexus* i gatunku *D. extensus* Hall, występują jeszcze sporadycznie wkładki mułowców częściowo piaszczystych, które jednak nie wpływają na zmniejszenie się ilości graptolitów. Licznie reprezentowane są rodzaje *Didymograptus*, *Schizograptus*, *Tetragraptus* i *Phyllograptus*. Pełny zespół fauny poziomu *Didymograptus deflexus* i *D. hirundo* przedstawiony został przez H. Tomczyka (1962, s. 30), dlatego nie będzie on już tu omawiany. Warto jedynie podkreślić, że odpowiedniki poziomów arenigu, określonych tu jako dolne warstwy brzezińskie, są rozwinięte w postaci utworów ilastych z licznymi graptolitami. Trudno jest ściśle obliczyć miąższość tych osadów, gdyż upady ich są dość zmienne i można tu zauważyć drobne redukcje tektoniczne (fig. 4); średnio wynosi ona 25 m do 30 m (fig. 4, 5 i 6). Warto podkreślić, że osady dolnych warstw brzezińskich zawierają najbardziej typową faunę arenigu i są najpewniejszym reprezentantem utworów tego piętra na terenie Polski.

Lanwirn (warstwy brzezińskie górne)

Zarówno w Górach Świętokrzyskich, jak i ostatnio na platformie wschodnioeuropejskiej (Tomczykowa 1964), zdefiniowanie piętra lanwirn napotykało na poważne trudności. Pierwsze przesłanki służące do wydzielenia utworów tego piętra wysunął H. Tomczyk (1962) w związku z ustaleniem poziomu *Didymograptus bifidus* w ordowiku Brzezin w pd.-zachodniej części Gór Świętokrzyskich. Natomiast na obszarze platformowym w Polsce piętro to zostało po raz pierwszy stwierdzone przez E. Tomczykową w 1962 r. (1964) na podstawie fauny trylobitowej z wierceń w Pasłęku, Gołdapi i Bartoszycach. Ponadto wzmianki o występowaniu utworów lanwirnu spotykamy w pracy W. Bednarczyka (1962), w związku z jego badaniami nad stratygrafią dolnego ordowiku synkliny bardziańskiej w Górach Świętokrzyskich.

W niniejszej pracy mamy możliwość przedstawić więcej faktów uzyskanych z materiałów ordowiku Brzezin, które w zupełności pozwalają na wydzielenie lanwirnu¹. Stropowa część iłowców graptolitowych

¹ W Wielkiej Brytanii piętro lanwirn tworzą zasadniczo dwa poziomy graptolitowe. Dolny poziom określa graptolit *Didymograptus bifidus* Hall, górny natomiast *D. murchisoni* Beck. W Górach Świętokrzyskich wydzielenie tego piętra było dotychczas niemożliwe, co podkreśla H. Tomczyk (1962, s. 28, notka 11), ponieważ nie został stwierdzony górny poziom z *D. murchisoni*. Dopiero w niniejszej pracy autorzy uzasadnili, że na ten właśnie poziom przypadają osady szamozytowo-syderytowe.

w Brzezinach zawiera mianowicie zespół charakterystyczny dla poziomu *Didymograptus bifidus*. Dominujące są tu rodzaje *Didymograptus* i *Phyllograptus*, natomiast rzadziej występuje *Azyograptus*. W wierceniu B 2 na głębokości 16-19 m (fig. 3) stwierdzono występowanie *Didymograptus bifidus* Hall w asocjacji z *D. robustus* Ekstrom, *D. cf. indentus* Hall,

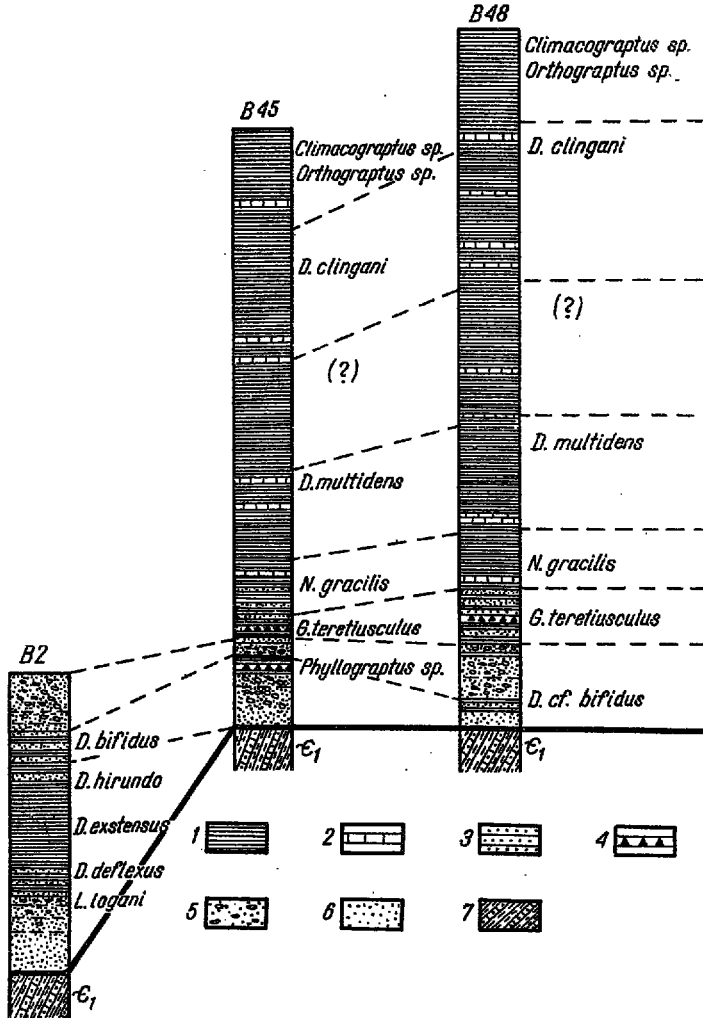


Fig. 5

Korelacja stratygraficzna ordowiku Brzezin na podstawie profili wierceń B 2, B 45 i B 48

1 łowce graptolitowe, 2 wapienie dolomityczne, 3 mułowce piaszczyste, 4 wapienie syderytowe, 5 poziom szamozytowy, 6 piaskowce glaukonitowe, 7 łowce i mułowce dolnego kambru (C_1)

Stratigraphic correlation of the Brzeziny Ordovician on the basis of bore profiles B 2, B 45 and B 48

1 graptolitic claystones, 2 dolomitic limestones, 3 sandy siltstones, 4 sideritic limestones, 5 chamosite horizon, 6 glauconitic sandstones, 7 claystones and siltstones of Lower Cambrian (C_1)

D. artus Elles & Wood, *D. nanus* Lapw. oraz *Phyllograptus typus* Hall i inne. Jednak osady graptolitowe tego poziomu nie są tu kompletnie rozwinięte, ponieważ ku górze przechodzą one w utwory szamozytowo-syderytowe, częściowo piaszczyste z rozproszonym glaukonitem, przypominające makroskopowo utwory leżące poniżej poziomu *Loganograptus logani*. Na figurze 3 przedstawiona jest górna część profilu B 2 z poziomem szamozytowym, który w tym profilu jest nietypowy, ponieważ przypada na strefę zwietrzałą oraz silnie impregnowaną hematytami i śmietaną hematytową. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że bezpośrednio pod horyzontem szamozytowym w tym profilu występują graptolity odnoszące się do poziomu *Didymograptus bifidus* (fig. 3). Położenie stratygraficzne utworów szamozytowo-syderytowych przypada więc na górną część poziomu *D. bifidus* oraz przypuszczalnie obejmuje jeszcze poziom następny — z *D. purchisoni*.

Przedstawione powyżej fakty w zupełności zostały potwierdzone przez dalsze obserwacje stratygraficzno-petrograficzne materiałów z wierceń B 45 i B 48 (fig. 4 i 5). Obserwacje te wykazały, że horyzont szamozytowo-syderytowy leży tutaj poniżej poziomu *Glyptograptus teretiusculus* (tabl. I). Przy korelacji profilów (fig. 4 i 5) uzyskano więc ich powiązanie i stwierdzono, że poziom szamozytowy leży powyżej dolnej części poziomu *Didymograptus bifidus*, a poniżej poziomu *Glyptograptus teretiusculus*, a więc przypada głównie na poziom *Didymograptus purchisoni*. Stąd wniosek, że do lanwirnu należą górne warstwy brzezińskie, czyli stropowa część iłwoców poziomu *D. bifidus* i poziom szamozytowy.

Osady lanwirnu w Brzezinach nie mają dużej miąższości, która wynosi zaledwie 15 m do 20 m. Górna jego część, a mianowicie poziom szamozytowy został stwierdzony w wierceniach B 45 i B 48, natomiast odpowiedniki poziomu *D. bifidus* występowały jedynie w profilu B 2 (fig. 3, 4 i 5). Jest rzeczą interesującą, że utwory górnych warstw brzezińskich, zarówno w dolnej części jak i górnej części, wykazują stopniowe przejście od utworów ilastych z graptolitami do utworów rudononnych szamozytowo-syderytowych. Osad przejściowy ma charakter mułowcowo-piaszczysty z rozproszonym glaukonitem oraz wyraźną laminacją o cechach nieregularnych, spływowych, ze śladami rozmycia. Widoczne są w tym osadzie liczne oolity szamozytowe, których charakter wskazuje na sedymentację płytką i niespokojną w odróżnieniu od sedymentacji niżej lub wyżej leżących iłwoców z graptolitami.

Budowa tego terenu była interpretowana przez J. Czarnockiego (1950), który przyjmował, że piaskowce glaukonitowe i szarogłazy tremadoku tworzą w Brzezinach dwie grzędy. Na tej podstawie Czarnocki wnioskował o synkлинаlnym ułożeniu warstw ordowiku. Obecnie należy sprostować, że utwory południowej grzędy, słabiej zaznaczającej się w morfologii terenu, należy odnieść do poziomu szamozytowego, to znaczy do górnego lanwirnu.

Łupki morawickie

Utwory młodszego ordowiku w Brzezinach, odnoszące się do landeilu i karadoku, określone zostały jako łupki morawickie (Tomczyk 1962). Na podstawie wierceń przeprowadzonych w pobliżu szosy Kielce-Morawica, pod znacznym przykryciem czwartorzędowym stwierdzono dość gruby zespół utworów ilastych, bardzo podobnych do syluru. Dolna cieńsza część tych łupków, zawierająca liczne wkładki wapienno-dolomityczne i wapienno-syderytowe, została określona jako dolne łupki morawickie. Górna część natomiast, rozwinięta w postaci wyłącznie ilastej, określona została jako górne łupki morawickie.

Landeil (dolne łupki morawickie)

W wierceniach B 45 i B 48 bezpośrednio nad poziomem szamozytowym (fig. 4) leży kilkumetrowej miąższości seria szarozielonych iłowców i mułowców, z częstymi wkładkami syderytowymi i dolomitczno-wapiennymi oraz z ubogą fauną graptolitów. W wierceniach B 45 utwory te występują od 207,4 m do około 215,5 m, natomiast w wierceniach B 48 stwierdzono nieco pełniejszą serię obejmującą te utwory od głębokości około 230 m do 246,5 m. Zarówno w jednym jak i w drugim wierceniach utwory te wykazują silne zdyslokowanie i zmienność upadów tak, że można się tu spodziewać znacznych redukcji tektonicznych. Biorąc tę możliwość pod uwagę, trudno jest ściśle określić miąższość dolnych łupków morawickich, przypuszczalnie jednak nie przekracza ona 15 m. Zespół graptolitowy nie jest tutaj zbyt liczny, niemniej jednak jest on typowy i charakterystyczny dla osadów landeilu. Do najbardziej typowych graptolitów należą tu: *Glyptograptus teretiusculus* His., *Nemagraptus* sp., *Pseudoclimacograptus scharenbergi* Lapw., oraz *Dicellograptus* sp. i *Dicranograptus* sp. Pod względem sedymentacyjnym utwory te wykazują jeszcze pewien niepokój, jednak znacznie słabiej zaakcentowany niż w lanwirnie. W niektórych partiach mułowców widoczna jest nieregularna laminacja o charakterze przekątnym i ze śladami rozmycia. Miejscami występuje tu rozproszony glaukonit bądź szamozyt związany z wkładkami weglanowo-syderytowymi.

Warto tu jeszcze wspomnieć, że bardzo podobne osady do dolnych łupków morawickich zostały stwierdzone na obszarze łysogórskim w profilach wiértniczych w Jeleniowie. Znane są one tam jako dolne warstwy jeleniowskie (Tomczyk 1962) i zawierają podobny zespół graptolitów. Jednak mają one charakter wyraźnie transgresywny i zawierają częste wtrącenia wapienno-dolomityczne ze skupieniami oolitów i pizolitów, a w ich spągu występują cienkie wkładki drobnoziarnistych zlepieńców.

Karadok (górne łupki morawickie)

Wschodnia część wychodni ordowiku Brzeziny (fig. 2) rozpoznana została w oparciu o prace wiertnicze, gdyż w tym rejonie brak jest zupełnie odsłoneń. Większość wierceń osiągnęła tu karadok w facji łupków graptolitowych. Jednak najpełniejsze serie tych osadów występowały w wierceniach B 45 i B 48, dlatego też są one tutaj omówione (fig. 4).

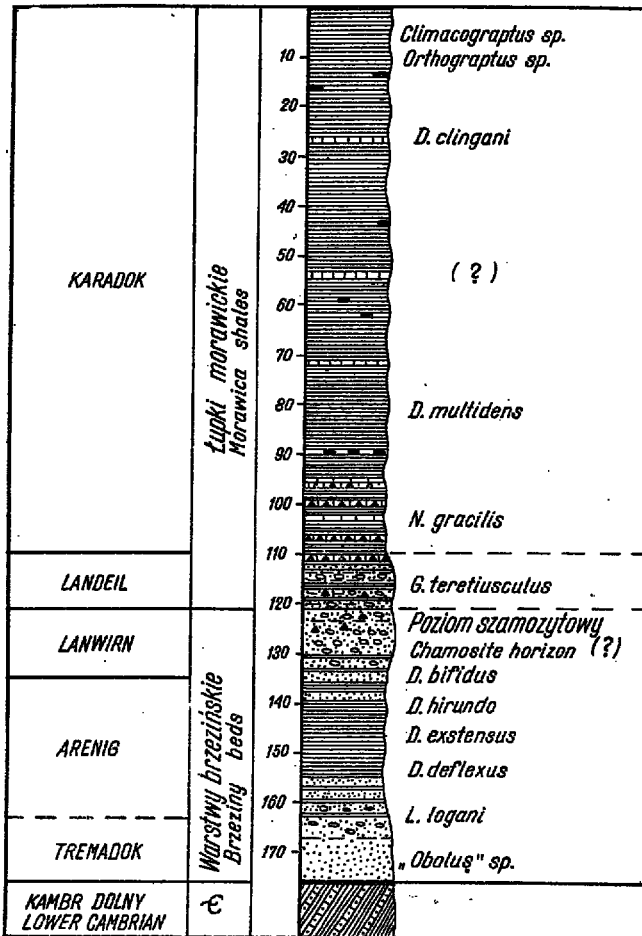


Fig. 6

Syntetyczny profil ordowiku z Brzeziny
Synthetic Ordovician profile from Brzeziny

W wierceniach B 45 bezpośrednio pod czwartorzędem, od głębokości 41,5 m do gł. 207,4 m nawiercono gruby kompleks utworów ilastych z bogatą fauną graptolitową. Analogiczne pod względem litologicznym i stratygraficznym utwory osiągnięto również w wierceniach B 48, gdzie sięgają one

od głębokości 40 m aż do głębokości około 230 m. Utwory te wykazują bardzo duże i zmienne upady oraz wyraźne zaangażowanie tektoniczne. Niemniej jednak miąższość ich jest znaczna i miejscami osiągać może około 150 m, natomiast w omawianych profilach wynosi przeciętnie 100-120 m. Należy nadmienić, że stropowa część iłowców uległa erozji.

Najniższa część iłowców karadoku z przewodnim gatunkiem *Nemagraptus gracilis* Hall ma zielonawą barwę i zawiera jeszcze drobne wkładki syderytowo-dolomityczne. Miąższość tego poziomu jest nieznaczna i zapewne nie przekracza 10 m. W asocjacji zespołu graptolitów na szczególną uwagę zasługuje *Dicellograptus sextans* Hall, *Dicranograptus* sp., *Pseudoclimacograptus scharenbergi* Lapw., *Nemagraptus gracilis* Hall, *Nemagraptus* sp. i *Glyptograptus* sp. oraz drobne brachiopody z rodzaju *Paterula*. Wyższa część osadów ilastych ma już barwę ciemnoszarą i charakteryzuje się wyraźnie zaznaczoną łupkowatością. Wkładki wapienne są bardzo rzadkie, natomiast graptolity stają się coraz częstsze. Nad poziomem *Nemagraptus gracilis* rozwinięty jest dużej miąższości poziom *Diplograptus multidentis* z licznymi graptolitami z rodzaju *Climacograptus*, *Amplexograptus*, *Diplograptus*, *Orthograptus* oraz rzadziej *Dicellograptus* i *Dicranograptus*. Zespół ten wymaga jeszcze dodatkowych badań paleontologicznych i szczegółowego rozpozniomowania. Powyżej form *Diplograptus multidentis* Elles & Wood nie stwierdzono bowiem w omawianych profilach przewodnich graptolitów odnoszących się do poziomu *Climacograptus wilsoni* Lapw., a poniżej nie znaleziono form z gatunku *Climacograptus peltifer*. Dopiero leżące znacznie wyżej łupki graptolitowe, zarówno w wierceniu B 45 jak i B 48 (patrz opis litologiczno-stratygraficzny), zawierają dobrze rozwinięty i bardzo charakterystyczny zespół poziomu *Dicranograptus clingani* (fig. 5 i 6). Jeszcze wyżej leżące łupki o miąższości kilkudziesięciu metrów zawierają w dalszym ciągu bogaty zespół graptolitów (*Climacograptus* i *Orthograptus*), który zapewne może stanowić częściowy odpowiednik poziomu *Climacograptus styloideus*, znanego z obszaru łysogórskiego. Jednak najwyższa część karadoku łącznie z pograniczem aszgilu nie została tu stwierdzona.

KORELACJA

Omówiona w poprzednim rozdziale stratygrafia ordowiku z Brzezin wymaga ogólnego przynajmniej porównania ze stratygrafią innych wychodni tych utworów na obszarze Gór Świętokrzyskich. Pierwsze nawiązania korelacyjne do ordowiku Brzezin przedstawił J. Czarnocki (1950), w których na szczególną uwagę zasługuje porównanie iłowców graptolitowych arenigu z piaskowcami z Bukówki i z wapieniami w Mójczy. Wniosek Czarnockiego ma tu doniosłe znaczenie, ponieważ z niniejszego opracowania i przedstawienia nowych materiałów wynika całkowita słuszność takiego właśnie powiązania stratygraficznego. Już od szeregu lat

piaskowce z Bukówki i wapienie z Mójczy miały różną interpretację stratygraficzną. Dla przykładu warto podać, że J. Czarnocki (1928) od dawna utwory te traktował jako odpowiedniki arenigu, J. Samsonowicz (1952) jako landeile, a wyższą część wapieni z „*Orthoceras*” i „*Echinospaerites*” zaliczał nawet do karadoku. W. Ryka i H. Tomczyk (1959) oraz H. Tomczyk (1959) wapienie z Mójczy zaliczali do landeilu i karadoku. Te rozbieżności spowodowane były słabym poznaniem fauny i niedostatecznym zbadaniem wychodni ordowiku świętokrzyskiego. Z chwilą odkrycia facji graptolitowej arenigu, a następnie karadoku zaczęto bardziej krytycznie odnosić się do dotychczasowych korelacji stratygraficznych. Jednak trudności w korelacjach stratygraficznych zaczęły się zwiększać, ponieważ nie znano dotychczas odpowiedników lanwirnu i landeilu w facji graptolitowej. W związku z tym w szeregu następnych opracowań dotyczących dolnego ordowiku podawano interpretację stratygraficzną zbliżoną bądź do starszych wyników badań Czarnockiego, bądź też Samsonowicza².

Obecnie autorzy na podstawie wielu różnych faktów natury sedymentacyjnej, facjalnej, petrograficznej, faunistycznej i tektonicznej skłaniają się do traktowania piaskowców z Bukówki i wapieni z Mójczy jako odpowiedników stratygraficznych warstw brzezińskich (tabl. I). Zespół fauny z omawianych piaskowców może być porównywany z górną częścią podserii Ontikan (Volkhov B II i Kunda B III) w Estonii, a więc odpowiada arenigowi (Rõõmusoks 1960), jednak w facji zupełnie odmiennej, o cechach nerytycznych i przybrzeżnych. Natomiast strop tych piaskowców, dobrze odsłonięty w Mójczy, z ewentualnym przejściem do wapieni z *Asaphus*, odnosić się już może do poziomu *Didymograptus bifidus*³. Sugestie o przynależności tych wapieni do lanwirnu podał również W. Bednarczyk (1962), na podstawie analogii z utworami synkliny bardziańskiej w profilu Powalisko. Wydaje się jednak, że cały kompleks

² Najwyższa część wapieni z Mójczy, tzw. wapienie różowawe J. Czarnockiego (1928), zawiera faunę: *Phacops* sp., *Lichas* sp., *Orthis* sp., *Acrothele* sp., *Murchisonia* sp., *Orthoceras* sp. i *Cystoideorum* sp., natomiast gatunek zbliżony do *Echinospaerites aurantium* występuje na granicy wapieni szarych i różowawych. Na wapieniach tych zgodnie leży dolny wenlok poziomu *Cyrtograptus murchisoni*. Natomiast wyniki ostatnich badań H. Tomczyka z wychodni w Mójczy wskazują na nieco inne następstwo warstw. Na szarych wapieniach z *Asaphus* leżą szaroróżowawe wapienie oolitowe, a wyżej słabo odkryte ceglasczerwone wapienie gruzełkowate z warstewkami ilasto-marglistymi, prawie bez fauny. Kontaktują z nimi niezgodnie brunatnoszare i brunatnoczerwone wapienie margliste górnego wenloku z licznymi krynoidami oraz z *Orthoceras*, *Orthis* sp., *Bellerophon* sp., *Odontopleura ovata* Emmrich i *Proetus* sp.

³ W 1961 r., w czasie pobytu w Polsce prof. dr P. Thorslunda, dr V. Jaanussona, dr A. Rõõmusoksa, dr A. Martinssona i dr H. Mutveja, jedna z tras wycieczkowych w Górach Świętokrzyskich obejmowała profil ordowiku Mójczy. Zebrana tu liczna fauna z piaskowców wywołała gorącą dyskusję, z której wynikało, że może ona należeć do poziomu *Didymograptus bifidus*, a więc odpowiadać horyzontowi Kunda B III w Estonii. Wycieczki te były prowadzone przez prof. dr Z. Kielan-Jaworowską, mgr E. Tomczykową, doc. dr A. Urbankę i dr H. Tomczyka.

wapieni z Mójczy stanowić będzie stratygraficzne odpowiedniki lanwirnu. Wapienie szaroróżowe z oolitami z Mójczy (Turnau-Morawska 1961) mogą stanowić częściowe odpowiedniki facjalne i stratygraficzne poziomu szamozytowego z Brzezin, który przypada już na górny lanwirn. Z charakteru petrograficznego skał z oolitami z Mójczy i z Brzezin wynika, że sedimentacja tych utworów zachodziła w podobnych warunkach. Zarówno w Mójczy jak i w Brzezinach występuje specyficzny typ oolitów zbudowanych z na przemian powtarzających się powłok szamozytu i tlenków żelaza, niekiedy z wtrąceniami powłok węglanowych, a kształty owych koncentrycznie zróżnicowanych agregatów przypominają niekiedy utwory stromatolitowe⁴. Również współwystępowanie szamozytu z allochtonicznym glaukonitem, który jest — być może — pierwszym ogniwem w procesie koncentracji żelaza, jest charakterystyczne zarówno dla osadów z Mójczy jak i z Brzezin. W wapieniach z oolitami żelazistymi z Mójczy nie doszło do wyraźnej koncentracji minerałów żelaza, przewyższającej ich przeciętną zawartość w skałach osadowych, podczas gdy niektóre poziomy skał szamozytowych w Brzezinach mają już charakter złóż rud żelaza. Przyczyny tej różnicy należy się dopatrywać w znacznie spokojniejszym środowisku sedimentacji osadów w Mójczy w porównaniu ze zbiornikiem w Brzezinach, gdzie przeróbka śródformacyjna osadu, spowodowana być może ruchami oscylacyjnymi dna płytkiego morza, doprowadziła właśnie do koncentracji żelaza. Niemniej jednak można mówić o zbliżonym charakterze petrograficznym i podobnych warunkach facjalnych skał oolitowych z Mójczy i z Brzezin.

Omówione powyżej powiązania stratygraficzno-petrograficzne między ordowikiem Brzezin w facji głównie graptolitowej z utworami dolnego ordowiku centralnej części Gór Świętokrzyskich w facji piaszczysto-wapiennej (okolice Mójczy oraz synklina bardziańska i międzygórska) wskazują, że na tym obszarze istniał zbiornik znacznie płytszy i krócej trwający. Zjawiska te związane były z tworzeniem się tzw. grzbietu centralnego (fig. 7), a więc wyniesieniem powstałym po fazie łysogórskiej, które najbardziej się zaznaczyło w rozkładzie facji karadołku.

W południowo-zachodniej części Gór Świętokrzyskich najbliższej położona wychodnia ordowiku od Brzezin znajduje się w Zbrzy (fig. 1). W tamtejszych profilach na osadach najwyższego tremadołku (piaskowce glaukonitowe z wkładkami chalcedonów) leżą bezpośrednio osady landeilu. Tak więc na arenig i lanwirn przypada tu cienka warstwa zlepieńców, znana z kilku profili z odsłoneń i wierceń. W podobnym położeniu stratygraficznym zlepieńce tego typu znane są ze wschodniej części

⁴ W dyskusji na wycieczce do Brzezin, prowadzonej przez Z. Rubinowskiego z okazji Zjazdu PTG w Kielcach w 1962 r., Z. Rubinowski i M. Nieć zwrócili uwagę na podobieństwo oolitów żelazistych w skałach z Brzezin do oolitów opisanych przez M. Turnau-Morawską w ordowiku Mójczy.

synkliny bardziańskiej w profilu Kędziorki (Chojnów Dół), co graficznie przedstawił J. Czarnocki (1939). W Zbrzy odpowiedniki łupków morawickich (landeil — karadok) są również rozwinięte w facji graptolitowej, a ich miąższości są znaczne (Tomezyk 1957) i przekraczają 100 m. Ponadto w ich dolnej części, poniżej poziomu *Nemagraptus gracilis*, spotykane są także liczne wkładki sydereytowo-wapienne i dolomityczne, podobnie jak w landeilu w Brzezinach. Najpełniej rozwinięty jest tu karadok, w którym stwierdzone zostały analogiczne poziomy graptolitowe jak w karadoku Brzeziny. Należy przypuszczać, że zbiornik w landeilu i karadoku rozciągał się od Brzeziny w kierunku południowym aż do Zbrzy, a może i dalej. Pośrednich dowodów na taki zasięg zbiornika dostarcza stwier-

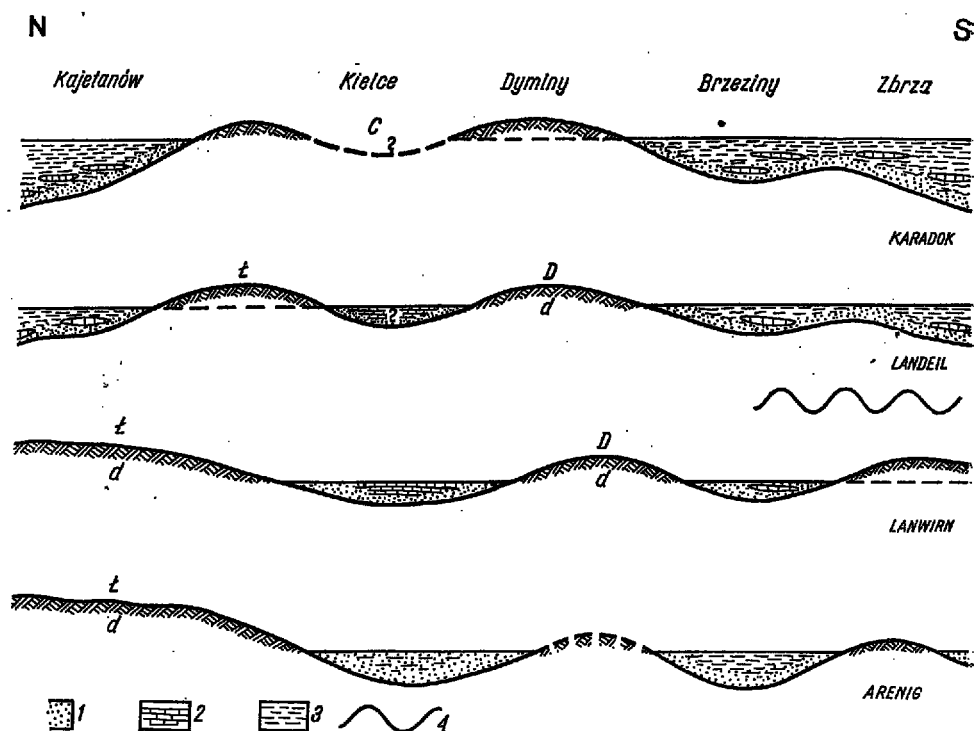


Fig. 7

Interpretacja sedymentacji środkowego ordowiku w zachodniej części Gór Świętokrzyskich

1 sedymentacja piaszczysta, 2 sedymentacja wapienna, 3 sedymentacja ilasta z graptolitami, 4 łysogórska faza ruchów; obszary przeważnie denudowane (d); Z grzbiet łysogórski, D grzbiet dymiński, C grzbiet centralny

Interpretation of sedimentation of the Middle Ordovician in the western part of the Holy Cross Mountains

1 sandy sedimentation, 2 calcareous sedimentation, 3 argillaceous sedimentation with graptolites, 4 Lysa Góra orogenic phase; mostly denudated regions (d); Z Lysa Góra ridge, D Dyminy ridge, C central ridge

dzenie dolnego syluru i ewentualnie górnego ordowiku w południowym skrzydle antykliny checińskiej przez P. Filonowicza (1963).

Największą analogię do łupków morawickich wykazują warstwy jeleniowskie z obszaru łysogórskiego (tabl. I). Na północnych skłonach Pasma Głównego, bezpośrednio na utworach górnego kambru leżą dopiero utwory landeilu (Tomczyk 1964a, b). Mają one częściowo charakter transgresywny, o czym świadczą cienkie wkładki zlepieńców, a wyżej leżą wapienie, zapewne sydereytowe, z licznymi skupieniami oolitów i pizolitów. W górze warstwy zawierają już wkładki ilaste, z ubogą fauną graptolitów charakterystycznych dla poziomu *Glyptograptus teretiusculus*. Utwory ilaste karadoku rozpoczynają się tu poziomem *Nemagraptus gracilis*, w którym częste są jeszcze wkładki węglanowe. Wyższa część osadów graptolitowych jest analogiczna jak w Zbrzy i w Brzezinach i sięga aż do poziomu *Climacograptus styloideus* włącznie. Węglanowe odpowiedniki landeilu, o stosunkowo niedużej miąższości, określone zostały jako dolne warstwy jeleniowskie, które w zupełności odpowiadają dolnym łupkom morawickim. Natomiast wyższe osady, przynależne do karadoku o facji ilastej z graptolitami i dochodzące do 150 m miąższości, określone są jako górne warstwy jeleniowskie (Tomczyk 1962). Stanowią one typowe odpowiedniki górnych łupków morawickich z rejonu Zbrzy i Brzezin. Schemat korelacji regionalno-stratygraficznej jest przedstawiony w tablicy stratygraficznej (tabl. I).

PALEOGEOGRAFIA I SEDYMENTACJA ORDOWIKU

Przeanalizowane tu całkiem nowe materiały stratygraficzno-petrograficzne, odnoszące się do ordowiku z Brzezin, upoważniają autorów do wyciągnięcia wniosków dotyczących warunków paleogeograficznych, panujących w ówczesnym basenie sedymentacyjnym na obszarze Gór Świętokrzyskich. Problemy te wiążą się bezpośrednio z przejawami rudnymi i ich genezą w utworach łanwirnu świętokrzyskiego oraz z ogólną tektogenezą tego obszaru.

Po fazie sandomierskiej w górnym tremadoku morze wkroczyło tylko na południowy obszar Gór Świętokrzyskich. W stosunkowo płytkich rowach (depresjach) osadzają się utwory piaszczysto-glaukonitowe, lokalnie z wkładkami chalcedonów (Kozłowski 1948), które leżą dyskordantnie najczęściej na dolnym, bądź środkowym kambrze. Stosunki takie znane są z Wysoczek, Międzygórza, Zalesia, Kędziorki, okolic Kielc oraz z Brzezin i Zbrzy. Transgresywny charakter górnego tremadoku w południowej części Gór Świętokrzyskich jest zjawiskiem powszechnie znanym i wielokrotnie podkreślanym w pracach J. Czarnockiego, J. Samsownikowa i R. Kozłowskiego. Natomiast brak było dotychczas danych dla przedstawienia stosunków paleogeograficznych na obszarze łysogórskim

Tabela stratygraficzno-regionalna ordowiku świętokrzyskiego
Stratigraphic-regional table of the Holy Cross Mts. Ordovician

Podział stratygraficzny Stratigraphic subdivision		N		S	Fazy górotwórcze Orogenic phases
ASZGIL	<i>Dalmanitina mucronata</i> *		Warstwy zaleskie Zalesie beds		takońska Taconian
	<i>Staurocephalus clavifrons</i> * <i>Eodindymene pulchra</i> *	Warstwy wólczańskie Wólka beds		?	
KARADOK	<i>Climacograptus styloideus</i> <i>Dicranograptus clingani</i> ? <i>Diplograptus multidentis</i> <i>Nemagraptus gracilis</i>	Warstwy jeleniowskie Jeleniów beds		Lupki morawickie Morawica shales	
LANDELL	<i>Glyptograptus teretiusculus</i>				
LANWIEN	? <i>Didymograptus bifidus</i>		Wapienie z Mójczy Mójcza limestones		lysogórska Lysogóry
ARENIG	<i>Didymograptus hirundo</i> <i>Didymograptus deflexus</i> <i>Loganograptus logani</i>		Piaskowce z Bukówki Bukówka sandstones	Warstwy brzezińskie Brzeziny beds	
TREMADOK	<i>Conotreta</i> ** <i>Thysanotos siluricus</i>		Warstwy międzygórskie Międzygórz beds	? Piaskowce i chalcedonity z Wysoczek Wysoczki sandstones and chalcedonites	
	<i>Dictyonema flabelliforme polonica</i>	?			sandomierska Sandomierz

* Według Z. Kielan (1956, 1960).

** Na podstawie W. Bednarczyka (1960).

(północnym). W pracach J. Czarnockiego, a szczególnie J. Samsonowicza, doszukać się można danych co do tego, że tremadok ma tu również charakter transgresywny, podobnie jak na obszarze kieleckim. Wnioski te oparte były głównie o profil w Pobroszynie koło Opatowa (Samsonowicz 1934), który był wówczas słabo odsłonięty i niedostatecznie poznany. Późniejsze badania wykazały (Tomczyk 1952)⁵, że w profilu Pobroszyna występują redukcje tektoniczne, gdyż z najniższą częścią kambru górnego (?) kontaktują bądź utwory syluru (ludlow), bądź też silnie zredukowanego ordowiku, które można odnieść do fragmentów dolnego aszgilu, karadoku i być może landeilu. Następnie w 1957 i 1958 roku, wiercenia, wykonane z inicjatywy H. Tomczyka w Jeleniowie, umożliwiły wreszcie uzyskanie pełnego profilu utworów górnego kambru, ordowiku i dolnego syluru na północnym skłonie Pasma Głównego (Tomczyk 1957, 1959, 1964a). Po osadzeniu się utworów najwyższego górnego kambru zaznaczyła się tu również faza sandomierska, która spowodowała wydzwignięcie tego obszaru i przerwanie cyklu sedymentacyjnego. Przerwa powyższa jest dość znaczna, gdyż obejmuje tremadok, arenig i lanwirn. Brak tych ogniów stratygraficznych w Pobroszynie został spowodowany głównie przyczynami paleogeograficznymi.

Na południowym obszarze Gór Świętokrzyskich z końcem tremadoku i z początkiem arenigu miały miejsce słabe ruchy, które spowodowały lokalną regresję (np. Zbrza i Kędziorka — Chojnów Dół), bądź raptowne pogłębienie istniejących już zbiorników (np. Brzeziny) lub dalszą transgresję morza (np. Bukówka). W centralnej części Gór Świętokrzyskich zaczęły się wówczas tworzyć piaskowce z Bukówki, które lokalnie ku stropowi przechodzą w wapienie z Mójczy. Natomiast w Brzezinach sedymentacja istniała w dalszym ciągu, a osady mają znacznie głębszy charakter (iłowce z graptolitami arenigu). Należy zatem wnioskować, że w rejonie Brzezin istniał zbiornik głębszy, który musiał mieć dogodne połączenie z bardziej otwartym morzem, które bezpośrednio łączyło się z główną częścią geosynkliny kaledońskiej. Jednak już pod koniec lanwirnu zaszły poważne zmiany w kształtowaniu się zbiornika morskiego. Prawdopodobnie już w środkowym lanwirnie zaznaczyły się ruchy kaledońskie, które stopniowo objęły cały obszar Gór Świętokrzyskich. Z położenia szamozytów w Brzezinach wynika, że główne nasilenie tych ruchów (faza łysogórska — Tomczyk 1964b) miało miejsce w poziomie *Didymograptus purchisoni*. W wyniku tych ruchów w dalszym ciągu utrzymał się grzbiet łysogórski, który powstał w związku z ruchami fazy sandomierskiej (fig. 7). W rowie Brzezin nastąpiło wyraźne spływanie, gdyż osadzały się tu utwory piaszczysto-mułowcowe i sydereytowo-szamozytowe z oolitami, o nieregularnej i spływowej laminacji. W cen-

⁵ W profilu Pobroszyna pod Opatowem badania geologiczne, przeprowadzone w 1952 r. a następnie w 1961 r. (wiercenie), potwierdziły brak dolnego ordowiku i najwyższego kambru.

tralnej części również nastąpiły spłylenia, gdyż stropowa część wapieni z Mójczy zarówno w okolicy Mójczy, jak i w synklinie bardziańskiej i międzygórskiej ma cechy osadu płytkomorskiego, o czym świadczą skupienia oolitów.

Po fazie łysogórskiej nastąpiło zupełnie nowe ukształtowanie się zbiorników sedymentacyjnych. W centralnej części obszaru świętokrzyskiego sedymentacja ordowiku praktycznie została zakończona, lokalnie tylko (np. południowe skrzydło synkliny bardziańskiej) tworzyły się jeszcze osady ilaste i dolomityczne z wkładkami bentonitów i tufów bez fauny morskiej (Chlebowski 1964). Jednak większa część obszaru została wydzwignięta, przy czym powstał tu wyraźny grzbiet centralny (fig. 7), który przebiegał z zachodu na wschód.

Na obszarze łysogórskim natomiast zaznaczyły się znacznie większe zmiany, gdyż dotychczas panujące tu od tremadoku wyniesienie uległo raptownemu obniżeniu z końcem lanwirnu a z początkiem landeilu tak, że po raz pierwszy od północy wkroczyło morze na skłon Łysogór. Poprzez landeil, a szczególnie karadok (fig. 6), gromadziły się osady w coraz to większej ilości, głównie w postaci ilowców z fauną graptolitów (warstwy jeleniowskie — Tomczyk 1962). Na szczególną uwagę zasługują tu wkładki bentonitów i tufitów występujące w łupkach graptolitowych, gdyż mogą one dać ściślejsze nawiązanie do bentonitów znanych z profilu Barda (Chlebowski 1964).

Dotychczasowe obserwacje wskazują, że sedymentacja utworów landeilu i karadoku ograniczona była tylko do obszaru łysogórskiego i pd.-zachodniego (Brzeziny, Zbrza), gdzie osadziły się w tym czasie łupki morawickie, podobne do warstw jeleniowskich (tabl. I). Niemniej jednak zbiorniki te były wyraźnie oddzielone od siebie grzbietem centralnym (fig. 7), który przebiegał z zachodu na wschód i podnosił się w tym kierunku.

Tak zróżnicowany rozkład stref sedymentacyjnych w ordowiku nie mieści się już w podziale regionalnym J. Czarnockiego na region północny (łysogórski) i południowy (kielecki). Rozkład stref sedymentacji i facji da się natomiast znacznie lepiej ująć przy podziale na trzy jednostki paleogeograficzne — obszar północny, centralny i południowy (Tomczyk 1959, 1964a i b).

Przejawy rudne i ich geneza

Z sedymentacją płytkonerytyczną i przybrzeżną na obszarze centralnym Gór Świętokrzyskich oraz z ruchami spływającymi w lanwirnie depresje Brzezin i Zbrzy wiąże się ściśle zagadnienie przejawów rudnych w ordowiku świętokrzyskim. Punktem wyjściowym do tych rozważań jest omawiany tu profil ordowiku w Brzezinach, a szczególnie utwory poziomu szamozytowo-syderytowego lanwirnu.

Nie ulega wątpliwości, że koncentracja minerałów żelazistych w Brzezinach powstała syngenetycznie wraz z osadem. Świadczy o tym występowanie oolitów i pizolitów szamozytowych, często z koncentrycznymi otoczkami tlenków żelaza lub syderytu. Utwory te są wprawdzie w osadzie żelazistym nieliczne i silnie zdeformowane, zarówno wskutek przeróbki śródformacyjnej osadu jak i późniejszych zmian tektonicznych, ich kształty są jednak charakterystyczne dla struktur osadowego pochodzenia. Pierwotne kształty oolitów nie dają się nigdzie odczytać, można jednak przypuszczać, że ich sposób tworzenia się był podobny jak w Mójczy. M. Turnau-Morawska (1961) określiła utwory w wapieniach z Mójczy jako „oolity stożkowe” przypominające fragmenty stromatolitów i wyraziła przypuszczenie, że ich geneza była przejawem działalności glonów. W Mójczy występują zarówno „oolity stożkowe” jak i normalne oolity mniejszych rozmiarów. W Brzezinach nie stwierdzono relików normalnych oolitów, co można tłumaczyć nieznacznie odmiennym charakterem środowiska.

Interesującym zagadnieniem jest koncentracja hematytu (częściowo może getytu) w niektórych warstwach poziomu rudnego. Z podanych opisów płytek cienkich wynika, że hematyt koncentruje się najczęściej w oolitach i pizolitach i to w otoczkach naprzemianległych z szamozytem. Zjawisko naprzemianległości tych dwu minerałów było często dyskutowane w pracach dotyczących oolitowych rud żelaza i różnie interpretowane. A. Cissarz (1954), opisując osadowe krzemianowe złoża rud żelaza w Macedonii, wieku przypuszczalnie dewońskiego, tłumaczy naprzemianległość koncentrycznych warstewek szamozytu i hematytu w ten sposób, że szamozyt był minerałem wcześniej utworzonym, a hematyt powstał wskutek specyficznego procesu diagenetyzacji związanego ze wzrostem E_h i temperatury. Bliżej jednak nie wyjaśnia przebiegu tego procesu. J. Castano i R. Garrels (1950), którzy wnioski opierają głównie na danych eksperymentalnych, tłumaczą tego typu naprzemianległość szamozytu i hematytu obserwowaną w złożach Clinton — sezonalną zmianą pH oraz dowozu minerałów ilastych, zależną od intensywności dopływu wody rzecznej do zbiornika sedymentacyjnego. Ta druga interpretacja lepiej tłumaczy wykształcenie złoża w Brzezinach.

Większe nagromadzenie hematytu w przypowierzchniowej części osadów ordowiku Brzezin (wiercenie B 2) można częściowo tłumaczyć krążeniem wód powierzchniowych i wtórnym utlenieniem szamozytu lub syderytu. Nie ma tu potrzeby przyjmowania czynników hydrotermalnych.

Co do źródła związków żelaza w złożu w Brzezinach, to autorzy nie są skłonni wiązać go z przejawami i produktami wulkanizmu czynnego w okresie tworzenia się opisanych osadów, tak jak to przyjmował dla ordowickich złóż rud żelaza I. Hessland (1949) i J. Petranek (1960). Z dotychczasowych badań nad bentonitami ordowiku Gór Świętokrzys-

kich nie wynika, by materiał piroklastyczny mógł dostarczać do zbiornika sedimentacyjnego materiałów bogatych w żelazo. Natomiast jest bardzo prawdopodobne, że pierwsza koncentracja żelaza w ordowiku Brzezin zachodziła w osadzie bogatym w glaukonit, a materiał, z którego utworzył się ten minerał pochodził z ładu dostarczającego łyszczyki i być może skalenie potasowe. Glaukonit w warstwach brzezińskich jest częściowo detrytyczny i pochodzi, być może, z wynurzonego już tu i owdzie tremadoku, na ogół bogatego w glaukonit (Turnau-Morawska 1958, 1960), częściowo jest jednak autochtoniczny i utworzony bądź z zawiesin koloidalnych, bądź przez glaukonityzację glinokrzemianów potasu. Z tabeli 15 i 16 na stronie 524 wynika, że akumulacji glaukonitu, zarówno detrytycznego jak i autogenicznego, towarzyszył dopływ terrygenicznego materiału mineralnego, wyraźnie mniej obfity w czasie chemicznej i ewentualnie biochemicznej sedimentacji utworów szamozytowo-syderytowych. Można więc przypuszczać, że w nieznacznie głębszej i bardziej oddalonej od brzegu części zbiornika sedimentacyjnego glaukonit ulegał przekształceniu w szamozyt w sposób podobny, jak opisano w ordowiku podłoża pn.-wschodniej Polski (Turnau-Morawska 1963). W fazach ponownego spłycenia szamozyt przybierał formę oolitów, a w czasie procesu kształtowania się tych utworów mogły tworzyć się rytmicznie powłoki szamozytu i hematytu. Naprzemianległość tych dwu minerałów tłumaczyć można zmiennością warunków oksydacyjno-redukcyjnych oraz ruchliwości środowiska, od której zależał proces koagulacji zawiesin ilastych. Na ogół jednak morze, w którym osadzały się warstwy brzezińskie, było płytkie i ruchliwe oraz dobrze przewietrzane, a być może tu i owdzie rozwijała się działalność glonów.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Na podstawie nowych materiałów podano dokładniejszy zasięg wychodni ordowiku w Brzezinach.

2. Z warstw brzezińskich i z łupków morawickich wydzielono dolne warstwy brzezińskie, odpowiadające poziomom *Didymograptus bifidus* i prawdopodobnie *D. purchisoni*, tj. piętru lanwirn, oraz dolne łupki morawickie, odpowiadające poziomowi *Glyptograptus teretiusculus*, tj. piętru landeil.

3. W oparciu o faunę graptolitów po raz pierwszy dokładniej zdefiniowano utwory piętra lanwirn w Górach Świętokrzyskich.

4. Stwierdzono występowanie osadów szamozytowo-syderytowych w Brzezinach, przedzielających serię graptolitową w poziomie *Didymograptus purchisoni*, co stratygraficznie odpowiada górnemu lanwirnowi.

5. Podkreślono znaczenie dużej przerwy sedimentacyjnej na obszarze północnym (łysogórskim), obejmującej tremadok, arenig i lanwirn.

6. Przeprowadzono korelację stratygraficzną między warstwami

jeleniowskimi (landeil-karadok) na obszarze łysogórskim a łupkami morawickimi z obszaru pd.-zachodniego (Brzeziny, Zbrza).

7. Stwierdzono równoczesność zachodzących zjawisk spływających bądź wynurzających z końcem lanwirnu i tworzenie się sedymentów płytkonerytycznych z oolitami w związku z ruchami fazy łysogórskiej (Tomczyk 1964).

8. Przejawy rudne w Brzezinach mają niewątpliwie charakter sedymentacyjnych koncentracji rud żelaza. Nagromadzenia hematytu, często w postaci „śmietany hematytowej“ powstały w strefie przypowierzchniowej wskutek oddziaływania krążących w złożu wód powierzchniowych.

9. Podobieństwo specyficznych typów oolitów w osadach szamozytowo-syderytowych w Brzezinach do utworów w wapieniach z Mójczy potwierdza przypuszczenie, że szaroróżowe wapienie z oolitami z Mójczy stanowią częściowo odpowiedniki facjalne i stratygraficzne poziomu szamozytowego z Brzezin, który przypada na górny lanwirn.

10. W procesie koncentracji związków żelaza w Brzezinach rolę pośrednią odgrywa glaukonit, który jest częściowo detrytyczny i pochodzi, być może, z wynurzonych utworów glaukonitowych tremadoku. Częściowo jest on jednak autochtoniczny i powstał przez glaukonityzację różnych detrytycznych glinokrzemianów potasu lub też z ilasto-żelazistych zawiesin koloidalnych.

Zakład Geologii Niżu Instytutu Geologicznego
Warszawa 12, ul. Rakowiecka 4

Zakład Petrografii Skal Osadowych
Uniwersytetu Warszawskiego
Warszawa 22, Al. Żwirki i Wigury 6
Warszawa, w lutym 1964 r.

LITERATURA CYTOWANA

- BEDNARCZYK W. 1960. Four new species of *Conotreta* from the Upper Tremadocian of the Holy Cross Mts. — *Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. Géol. Géogr.*, vol. VII. Warszawa.
- 1962. Dolny ordowik wsi Koziel w Górach Świętokrzyskich (The Lower Ordovician near the village of Koziel — Holy Cross Mts.). — *Ks. Pam. ku czci Prof. J. Samsonowicza*. Wyd. Geol. Warszawa.
- CASTANO J. R. & GARRELS R. M. 1950. Experiments on the deposition of iron with special reference to the Clinton iron ore deposits. — *Econ. Geol.*, vol. 45.
- CHELBOWSKI R. 1964. Bentonit w górnym ordowiku synkliny bardziańskiej w Górach Świętokrzyskich (Bentonite in Upper Ordovician of the Bardo syncline in the Święty Krzyż Mts.). — *Przegląd Geol.*, nr 4. Warszawa.
- CISSARZ A. 1954. Zur Petrographie und Genesis südwestmazedonischer Eisensilikat-Lagerstätten. — *Bull. Serv. Géol. et Géoph. de la R. P. de Serbie*, t. X. Beograd.
- CZARNOCKI J. 1928. Profil dolnego i górnego ordowiku w Zalesiu pod Łagowem w porównaniu z ordowikiem innych miejscowości środkowej części Gór

- Świętokrzyskich (Le profil de l'Ordovicien inférieur et supérieur à Zalesie près Łagów comparé à celui des autres régions de la partie centrale du massif de S-te Croix). — Spraw. P.I.G. (Bull. Serv. Géol. Pol.), t. IV, z. 3-4. Warszawa.
- 1938. Ogólna mapa geologiczna Polski. Arkusz 4. Kielce 1:100000 (Carte géologique générale de la Pologne. Feuille 4. Kielce). Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- 1939. Sprawozdanie z badań terenowych wykonanych w Górach Świętokrzyskich w 1938 r. (Field work in the Święty Krzyż Mountains in 1938). — Biul. P.I.G. (Bull. Inst. Géol. Pol.) 15. Warszawa.
- 1950. O odkryciu facji graptolitowej w dolnym ordowiku Gór Świętokrzyskich (The discovery of the Graptolite facies within the Lower Ordovician in the Święty Krzyż Mts.). — Acta Geol. Pol., vol. I/1. Warszawa.
- 1957. Geologia regionu łysogórskiego (Geology of the Łysogóry Region). — Prace I.G. (Trav. Inst. Géol. Pol.), t. XVIII. Warszawa.
- ELLES G. L. & WOOD E. M. R. 1902-1914. A monograph of British graptolites. — Palaeontogr. Soc., part I-X. London.
- FILONOWICZ P. 1963. Sylur dolny w antyklinie checińskiej. — Kwartalnik Geol., t. 7, z. 4. Warszawa.
- GAERTNER H. R. 1950. Erwägungen über präpermische Gebirgszusammenhänge in der Umgebung und Untergrund von Norddeutschland. — Geol. Jb., Bd. 64. Hannover.
- GÜRICH G. 1901. Nachträge zum Palaeozoikum des polnischen Mittelgebirges. — N. Jb. Miner., Beil. — Bd. 13.
- HESSLAND I. 1949. Investigation of the Lower Ordovician of the Siljan district. — Sweden, 4. Uppsala.
- KIELAN Z. 1960. Upper Ordovician Trilobites from Poland and some related forms from Bohemia and Scandinavia. — Palaeontologia Polonica, no. 11. Warszawa.
- KOZŁOWSKI R. 1948. Les Graptolites et quelques nouveaux groupes d'animaux du Tremadoc de la Pologne. — Ibidem, no. 3.
- KSIĄŻKIEWICZ M. & SAMSONOWICZ J. 1952. Zarys geologii Polski. Państw. Wyd. Nauk. Warszawa.
- ŁĄCKA B. 1965. Chloryt żelazisty z Brzezin w Górach Świętokrzyskich (Iron chlorite from Brzeziny in Holy Cross Mts.). — Arch. Miner., t. XXVI (w druku). Warszawa.
- NIEĆ M. 1961. Wiek mineralizacji hematytowej w Górach Świętokrzyskich. — Spraw. Pos. Kom. Oddz. PAN. Kraków.
- PETRANEK J. 1960. Origin of the Ordovician iron ores. — Intern. Geol. Congr. Report of the twenty-first session. Norden. Volume of abstracts, section 16, p. 156. Copenhagen.
- RÖÖMUSOKS A. 1960. Stratigraphy and palaeogeography of the Ordovician in Estonia. — Intern. Geol. Congr., XXI Session Norden, Part VII. Copenhagen.
- RYKA W. & TOMCZYK H. 1959. Bentonity w osadach staropaleozoicznych Gór Świętokrzyskich (Bentonites in Old Palaeozoic sediments from the Święty Krzyż Mountains). — Kwartalnik Geol., t. 3, z. 3. Warszawa.
- SAMSONOWICZ J. 1934. Objaśnienie arkusza Opatów ogólnej mapy geologicznej Polski 1:100000 (Explication de la feuille Opatów, Carte géologique 1:100000). Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- 1956. Cambrian paleogeography and the base of the Cambrian system in Poland. — XX Congr. Géol. Intern. Mexico, vol. 1, part I.
- TOMCZYK H. 1957. O facji graptolitowej karadoku Gór Świętokrzyskich (The graptolitic facies of the Caradocian in the Święty Krzyż Mts.). — Kwartalnik Geol., t. 1, z. 2-4. Warszawa.

- 1959. Atlas geologiczny Polski. Zagadnienia stratygraficzno-facjalne. Z. 3. Ordovik (Geological Atlas of Poland. Stratigraphic and facial problems. Fasc. 3 Ordovician). Inst. Geol. Warszawa.
- 1962. Problem stratygrafii ordowiku i syluru w świetle ostatnich badań (Stratigraphic problems of the Ordovician and Silurian in Poland in the light of recent studies). Prace I. G. (Trav. Inst. Géol. Pol.), t. XXXV. Warszawa.
- 1963. Kierunki korelacji ordowiku i syluru polskiego na obszarze geosynklijalnym a platformowym. — Kwartalnik Geol., t. 7, z. 4. Warszawa.
- 1964a. The Ordovician and Silurian sedimentation cycles in Poland and phenomena of Caledonian orogeny. — Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. Géol. Géogr., vol. 12, no. 2. Warszawa.
- 1964b. Nowe dane o stratygrafii i tektogenezie starszego paleozoiku w Polsce (New data on stratigraphy and tectogenesis of the older Palaeozoic in Poland). — Przegląd Geol., nr 6. Warszawa.
- TOMCZYKOWA E. 1964. Ordovik platformy wschodnioeuropejskiej na obszarze Polski (Ordovician of the East-European platform in the area of Poland). — Kwartalnik Geol., t. 8, z. 3. Warszawa.
- TURNAU-MORAWSKA M. 1958. Warstwy chalcedonowe tremadoku Gór Świętokrzyskich. Studium petrograficzne (Chalcedonites and associated rocks of the Tremadoc in the Holy Cross Mountains — Central Poland). — Roczn. P. T. Geol. (Ann. Soc. Géol. Pol.), t. XXVII. Kraków.
- 1960. Zlepieniec glaukonitowy dolnego ordowiku okolic Międzygórza w Górach Świętokrzyskich (A glauconitic conglomerate from the Lower Ordovician in Międzygórze, Holy Cross Mountains, Central Poland). — Acta Geol. Pol., vol. X/2. Warszawa.
- 1961. Charakterystyka petrograficzna ordowiku z Mójczy koło Kielc i porównanie z równoległymi osadami innych obszarów Polski (Petrographic characteristics of the Ordovician from Mójczy in the Święty Krzyż Mountains compared with deposits of identical age from other regions of Poland). — Kwartalnik Geol., t. 5, z. 4. Warszawa.
- 1963. Zmiany facjalne skał żelazistych w ordowiku podłoża północno-wschodniej Polski (Facies changes in ferriferous deposits of North-East Poland). — Ibidem, t. 7, z. 1.

H. TOMCZYK & M. TURNAU-MORAWSKA

**STRATIGRAPHY AND PETROGRAPHY OF THE ORDOVICIAN IN BRZEZINY
NEAR MORAWICA (HOLY CROSS MTS., CENTRAL POLAND)**

(Summary)

ABSTRACT: The writers present in detail the stratigraphy and petrography of the Ordovician in Brzeziny, where a full cycle of sediments from the Tremadocian through the Caradocian is observable. In the Holy Cross Mountains the Llanvirnian stage is defined for the first time. It consists mainly of chamosite-siderite rocks, indicative of the sedimentary origin of the iron ore concentration. The events of the sedimentary cycle and the palaeogeographic conditions of the previous basin are depicted and the problem of correlation with other profiles of the Polish Ordovician is discussed.

The Ordovician in Brzeziny is now one of the most interesting profiles within the whole area of the Holy Cross Mountains. In this profile the graptolitic Arenig facies was discovered by J. Czarnocki (1950); later (1958) H. Tomczyk observed

here an iron ore mineralization. Consequently, detailed researches, based upon shallow bore-holes, were carried out in this area.

The present paper presents investigation results of only three bore-hole profiles: B 2, B 45, B 48, which, however, afford most important data concerning the stratigraphic and petrographic problems.

In a schematic section the Ordovician of Brzeziny may be presented as follows: on the Lower Cambrian rests unconformably a complex of siltstones and sandstones, several m in thickness, with glauconite but without an index fauna; it has been assigned to the highest Tremadocian. Higher up in the profile occurs a series of mudstones with graptolites typical of the British Arenig (Tomczyk 1962) and the zones *Loganograptus logani*, *Didymograptus deflexus* and *D. hirundo*. The zone that follows with *D. bifidus*, belongs already to the Lower Llanvirnian; it is but partly represented by an argillaceous graptolite-bearing facies. In the highest beds occur the first intercalations of siltstones and sandstones with disseminated glauconite grains and irregular lamination. In the vertical profile the intercalations pass rather abruptly into chamosite-siderite oolite-bearing sediments, corresponding to the zone *Didymograptus murchisoni*. This complex of sediments is defined as the Brzeziny beds, the lower part of which belongs to the Arenigian, whereas the upper part is Llanvirnian.

The chamosite-siderite beds are overlain by mudstones with intercalations of limestones, dolomites and siderites. On the presence in them of *Glyptograptus teretiusculus* His., and of other graptolites, they are assigned to the Llandeillian level. The upper beds consist of a thick series of mudstones and graptolitic shales associated with other rocks typical of the Caradocian. The whole series of these sediments was defined as the Morawica shales which are sub-divided into the lower (Llandeillian) and upper (Caradocian). A full section of the Ordovician in Brzeziny attains a thickness of abt. 175 m. and belongs mostly to sediments of the graptolitic facies. Sedimentation of a transgressive character at the boundary of the Tremadocian and the Arenigian was followed by accumulation of an argillaceous graptolite-bearing series of sediments beginning with the zone *Loganograptus logani* and reaching the zone of *Dicranograptus clingani*. During the Upper Llanvirnian, however, in the *Didymograptus murchisoni* zone, the above series is interrupted by typical shallow-water chamosite-siderite sediments with oolites and disturbed lamination. A distinct decrease in the water depth of the Brzeziny depression undoubtedly occurred in the *D. murchisoni* zone. This important process is taken into account by the writers in discussing problems of correlation and development of the Ordovician throughout the Holy Cross Mts. area.

In the central part of these mountains the Lower Ordovician sedimentation occurred after a different pattern. Shallow-water littoral calcareous and arenaceous deposits were here accumulated, with conglomerates in the bottom and oolite-bearing limestones in the top beds. They are known as the Międzygórz beds, Bukówka sandstones and Mójcza limestones. The stratigraphy of the whole sedimentation cycle here corresponds with that of the Brzeziny beds (tabl. I), but displays a more fully developed Tremadocian. None the less the chamosite horizon of Brzeziny corresponds to the oolite-bearing limestones of Mójcza that are known from several sections of the central area and probably terminate the Ordovician sedimentation. Petrographic investigations demonstrate a striking analogy of the Brzeziny chamosite-siderite horizon with the Mójcza limestones. The latter also contain chamosite oolites (Turnau-Morawska 1961), somewhat less concentrated but similar in shape and, perhaps, genetically connected with stromatolites. Important movements occurred, north of this area in Łysogóry, they lowered the area uplifted here during the Tremadocian (Sandomiridian phase) to such an extent

that at the beginning of the *Glyptograptus teretiusculus* zone (Llandeilian) the northern slope of the Lysogóry anticline (fig. 7) was for the first time encroached from the north by the marine basin.

In the central part a distinct geanticline (preanticline of the Lysogóry Mts.) was formed at that time stretching horizontally from west to east (fig. 7). A typically miogeosynclinal type of sedimentation, however, attained its maximum development in the Caradocian, but only in the area of Lysogóry and in the south-west (Brzeziny, Zbrza). This is reliably indicated by a similar sedimentation cycle of the Morawica shales in Brzeziny and Zbrza as compared with the corresponding Jeleniów beds belonging to the Caradocian and the Llandeilian of the northern area of the Lysogóry Mts. (tabl. I).

The above coincidence of the geological events in the Llanvirnian of the Holy Cross Mts. may be connected with later Caledonian movements. In western Europe these are defined as younger Sardinian movements (Gaertner 1950) or as the movements of the Vermont phase in Scania, occurring on the boundary of the *Didymograptus bifidus* and *D. murchisoni* zones. In relation to the area of the Holy Cross Mts. they have been defined as the Lysogóry orogenic phase (Tomczyk 1964).

The present writers suppose that the iron ore concentration in Brzeziny was connected with a neritic and littoral type of sedimentation and the shallowing movements during the Llanvirnian. The sedimentary origin of the deposit is reasonably indicated by the occurrence of chamosite oolites and pisolites, often containing concentric intercalations of siderite or of iron oxides. An interesting problem is the enrichment in hematite and goethite observable in some horizons of the deposit. The problem of concentric interbedding of oolites by chamosite and iron oxide is a highly controversial one. The writers are inclined to interpret this phenomenon similarly as it was explained by Castano and Garrels (1950) with reference to the Clinton ore deposits. The process may result from seasonal changes in the pH and Eh conditions, and a variable clay and silt supply. As to the source of iron concentrated in the Brzeziny beds the writers do not think it necessary to assume a connection with submarine magmatic exhalations or pyroclastic materials. It is highly probable that the first concentration of iron in the Ordovician of Brzeziny occurred in a glauconite-rich sediment. This mineral, partly detrital and eroded from the uplifted Tremadocian sediments, partly autochthonous, could be transformed into chamosite in a mode described in a previous paper (Turnau-Morawska 1963).

Laboratory of the Geology of the Polish Lowlands
Geological Survey of Poland
Warszawa 12, ul. Rakowiecka 4
and
Institute of Petrography of Sedimentary Rocks
of the Warsaw University
Warszawa 22, Al. Żwirki i Wigury 6
Warszawa, February 1964

OBJAŚNIENIA DO PLANSZ I—III

DESCRIPTION OF PLATES I—III

PL. I

Fig. 1

Naskorupienia szamozytu na konkrecjach fosforanowych. Brzeziny, wiercenie B 45, głęb. 230 m. × 55

Bez analizatora

Chamosite crust on a phosphorite concretion

× 55

Without analyser

Fig. 2

Zdeformowany oolit zbudowany z przewarstwień szamozytu i syderytu. Brzeziny, wiercenie B 45, głęb. 230 m. × 51

Bez analizatora

Distorted oolite built of interlayered concentric shells of chamosite and siderite × 51

Without analyser

PL. II

Fig. 1

Łupek kwarcowo-glaukonitowy z widoczną blaszką zglaukonityzowanego łyszczyku. Brzeziny, wiercenie B 48, głęb. 251,3 m. × 55

Bez analizatora

Quartz-glaucconite shale with a glauconitised flake of mica

× 55

Without analyser

Fig. 2

Skupienia zglaukonityzowanych blaszek miki. Brzeziny, wiercenie B 48, głęb. 251 m. × 60

× 60

Bez analizatora

Aggregates of glauconitised mica flakes

× 60

Without analyser

PL. III

Fig. 1

Zdeformowane oolity szamozytowe. Brzeziny, wiercenie B 48, głęb. 231 m. × 57

Bez analizatora

Distorted chamosite oolites

× 57

Without analyser

Fig. 2

Zdeformowane oolity szamozytowe. Brzeziny, wiercenie B 48, głęb. 231 m. × 54

Bez analizatora

Distorted chamosite oolites

× 54

Without analyser

Wszystkie mikrografje wykonał J. Niegodzisz

All microphotographs by J. Niegodzisz

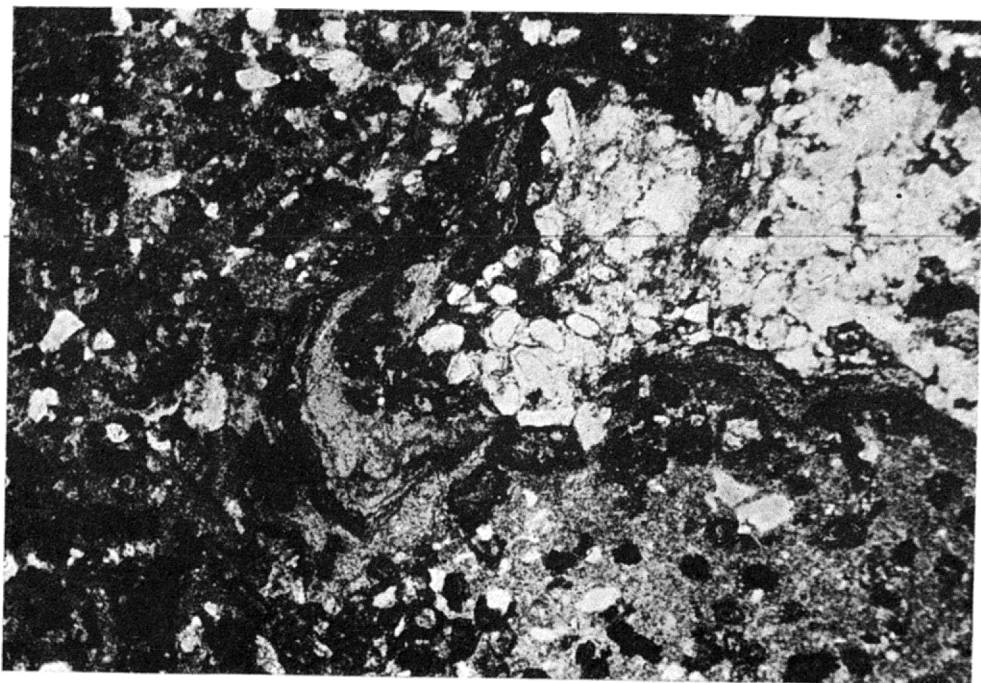


Fig. 1



Fig. 2

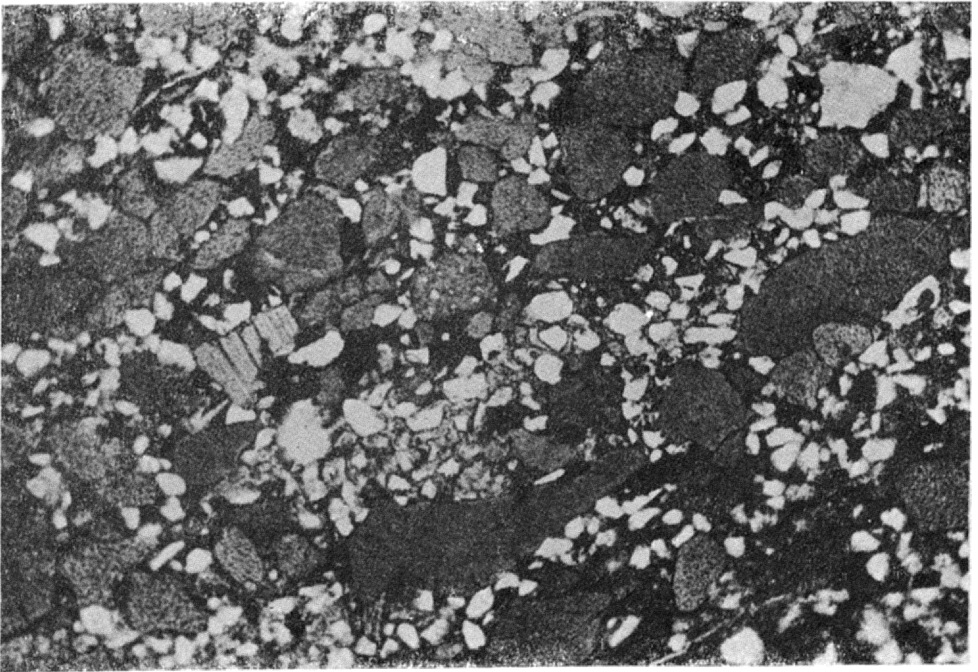


Fig. 1



F.g. 2

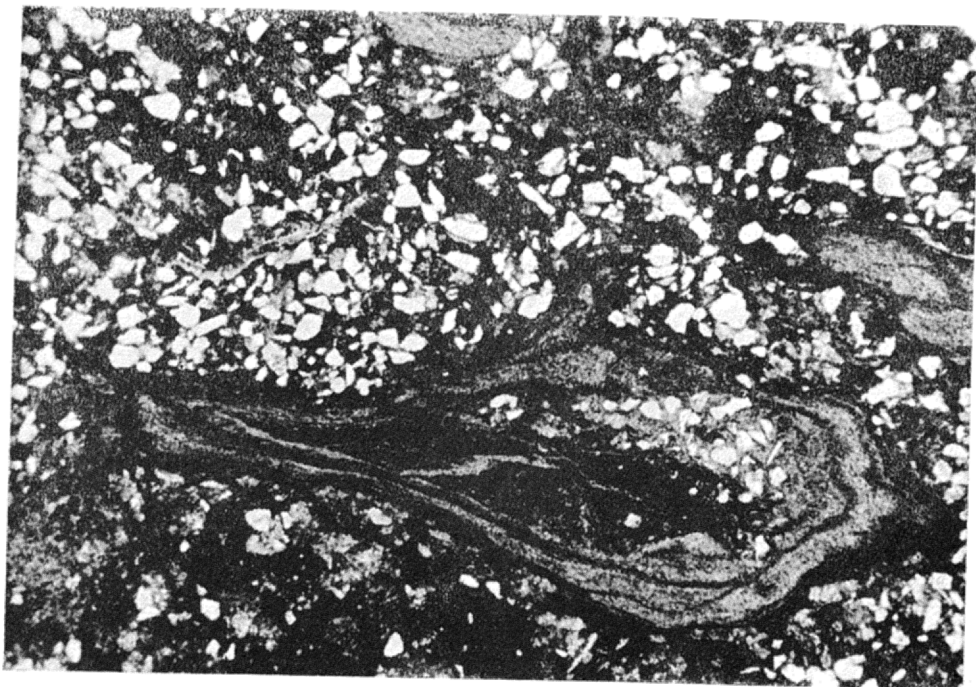


Fig. 1

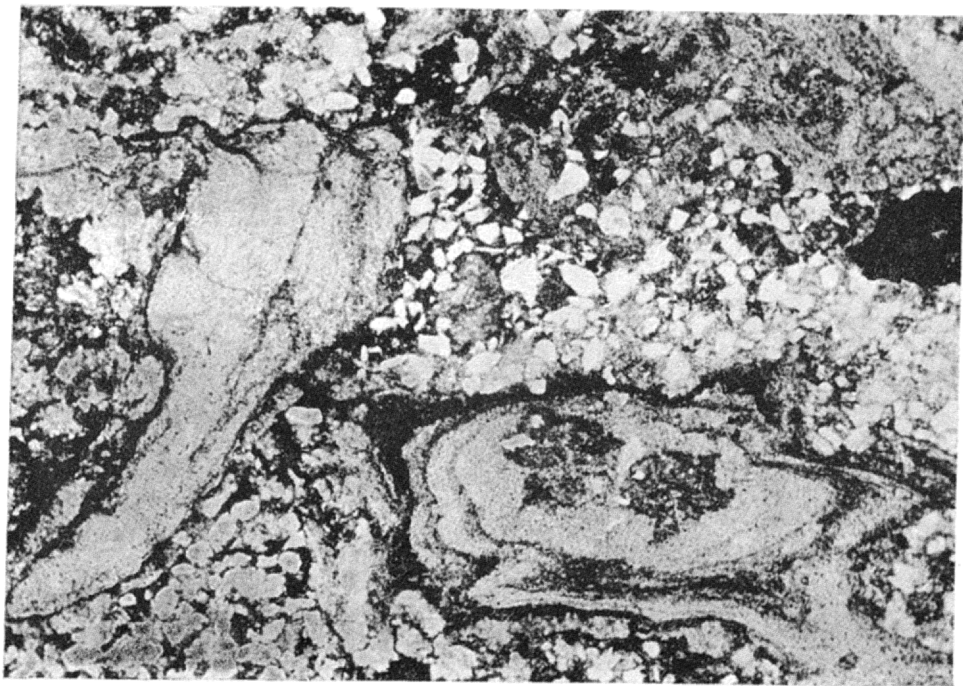


Fig. 2