

NIEKTÓRE WYNIKI BADAŃ DIAGENEZY I KATAGENEZY OSADÓW KAMBRU SYNEKLIZY PERYBAŁTYCKIEJ

UKD 551.732.022.4:552.14:550.853:552.527(436—18)

Badania osadów kambru stanowią ważny problem dla określenia perspektyw poszukiwań węglowodorów na obszarze syneklizy perybałtyckiej*. Komplex skał kambryjskich wykształcony jako seria mułowcowo-piaskowcowa z wkładkami ilowców i bardzo rzadko wapieni, reprezentuje w zasadzie jedną fację, co stwarza duże trudności przy podziale stratygraficznym (1). Zagadnieniami stratygrafii i paleogeografii cmawianych osadów zajmuje się K. Lendzion (7, 8), wydzielaając w syneklizie perybałtyckiej na podstawie litologii i szczątków fauny: kambr dolny, środkowy i górny.

W Zakładzie Petrografii i Geochemii Instytutu Geologicznego, w latach 1962—1973 (W. Kieźel 1962—1965, W. K. Rydzewska 1966—1973), prowadzono szczegółowe badania petrograficzne osadów kambryjskich, występujących na obszarze północno-wschodniej Polski. Do końca 1973 r. badaniami objęto profile kambru (21 otworów wiertniczych); zbadano około 7200 m rdzenia, wykonując łącznie ok. 2750 płytek cienkich, ok. 310 analiz minerałów ciężkich i ok. 160 analiz granulometrycznych. Celem badań było wydzielenie odmian petrograficznych skał, poznanie ich składu mineralnego i określenie wtórnych przemian. Zgromadzony materiał pozwolił przejść od ogólnych opisowych studiów petrograficznych do szczegółowych badań obejmujących wybrane zagadnienia. Umożliwia to ściślejsze sprecyzowanie niektórych zagadnień stratygraficznych oraz pozwala wyjaśnić charakterystyczne zmiany w cementacji piaskowców, wpływające na zróżnicowanie własności zbiornikowych poszczególnych poziomów kambru.

W rozważaniach litostratygraficznych na czoło wysuwa się zagadnienie granicy między eokambrem a kambrem. Piaskowce arkozowe (arenity arkozowe), a czasami arkozy występujące u podstawy kambru dolnego mają istotne znaczenie dla rozważań stratygraficznych. Z dotychczasowych badań petrograficznych wynika, że granicę kambru można ustalić na podstawie oznaczenia stopnia przemian kataklastycznych tych osadów. Skały arkozowe kambru, w odróżnieniu od osadzonych we wcześniejszym etapie sedimentacyjnym skał arkozowych eokambryjskich, charakteryzuje brak chlorytów w spoiwie i niższy stopień przeobrażeń wtórnych. Cechy te możliwe są do określenia w trakcie badań mikroskopowych płytek cienkich.

Na podstawie różnic w składzie mineralnym, stopniu wysortowania i obtoczenia materiału detrytycznego osadów kambru można wydzielić kilka etapów sedimentacyjnych (tab.). Etapy te zaznaczają się także w rezultatach badań granulometrycznych i frakcji minerałów ciężkich.

Pierwszy etap sedimentacji związany z dolnokambryjską transgresją w syneklizie perybałtyckiej, przebiegał w warunkach intensywnego gromadzenia materiału okrucowego, przy stosunkowo krótkim transporcie. Powstały wtedy piaskowce arkozowe (arenity arkozowe), czasami arkozy z częstymi przeławiczeniami różnoziarnistych piaskowców kwarcowych (arenitów kwarcowych) z wkładkami mułowcowymi i ilowcowymi. Warunki sedimentacji panujące w tym okresie pozwalały na zachowanie w osadzie skaleni, a w składzie frakcji ciężkiej również dystenu, epidotu, a niekiedy sylimanitu, piroksenów, amfiboli obok pospolitych minerałów takich jak cyrkon, turmalin, rutil. Osady tego etapu charakteryzuje na ogół zły stopień wysortowania i obtoczenia materiału detrytycznego.

* Budowa geologiczna tego obszaru wraz z oceną warunków występowania bituminów została omówiona w pracach S. Depowskiego i S. Tyskiego (2), F. Stolarczyka i S. Tyskiego (15) oraz w innych opracowaniach.

Drugi etap sedimentacji kambru dolnego świadczy o spadku tempa sedimentacji. Powstałe wówczas osady składają się przeważnie z mułowców i drobnoziarnistych piaskowców kwarcowych (arenitów kwarcowych) ze znacznym udziałem wkładek ilowców i piaskowców średnioziarnistych (arenitów kwarcowych). Udział mniej trwałych minerałów ciężkich wyraźnie zmniejsza się. W tych skałach wysortowanie detrytu oraz jego obtoczenie jest nieco lepsze.

Kolejna zmiana w charakterze sedimentacji nastąpiła w kambrze środkowym. Jest to trzeci etap sedimentacji, w którym powstała dość monotonna seria drobnoziarnistych piaskowców kwarcowych (arenitów kwarcowych), ze stosunkowo małym udziałem mułowców i ilowców. Osady te charakteryzują się ubogim i monotonnym składem minerałów ciężkich (cyrkon, turmalin, rutil). W kambrze środkowym, uwidacznia się wyraźniejsze obtoczenie materiału detrytycznego oraz lepsze wysortowanie. W etapie tym być może następowały okresowe wynurzenia dna zbiornika. Na niektórych powierzchniach uwarstwienia obserwowano struktury przypominające ślady kropli deszczu. Nieciągłości sedimentacyjne związane z erozją subakwalną lub subaeralną zaznaczają się wzrostem ilości minerałów ciężkich na płaszczyszach rozmycia i w jej bezpośredniej bliskości.

Odtworzenie warunków fizyczno-chemicznych środowiska basenu sedimentacyjnego kambru dolnego i środkowego utrudniają przeobrażenia osadów w stadium diagenety i katagenety. Badania spoiwa skał wydają się przemawiać za bardziej redukcijnymi warunkami w dwóch pierwszych etapach sedimentacji. Świadczą o tym powierzchnie ziarn kwarcu, zamknięte w kwarcowych obwódkach regeneracyjnych, utworzonych w najwcześniejszym stadium diagenety. Badanie skał metodą katodowo-luminescencyjną przyczyniłoby się do szczegółowej obserwacji struktur rekrytalizacyjnych kwarcu, a tym samym dostarczyłoby dodatkowych informacji dla wyjaśnienia tego zagadnienia.

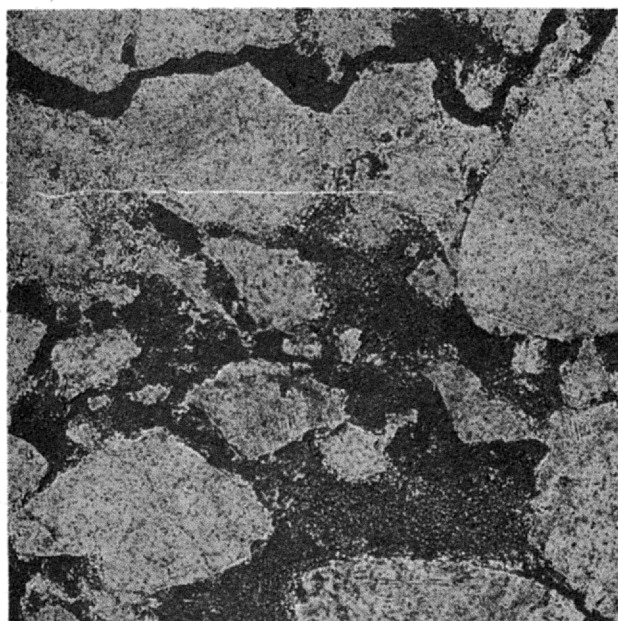
Ponad klastycznymi osadami kambru dolnego i środkowego trzech pierwszych etapów sedimentacji na większości badanego obszaru zaznacza się luka stratygraficzna. Osady kambru górnego na obszarze syneklizy perybałtyckiej występują lokalnie. Stwierdzono je w niektórych otworach wiertniczych. W profilu wiercenia Zarnowiec IG-1 (8) są to około 10 m miąższości łupki węglisto-bitumiczne przeławicone wapieniami organodetrytycznymi, natomiast w otworze Kościerzyna IG-1 występują zaledwie 0,8 m miąższości osady piaskowca, wapienia, mułowca i ilowca. Osady kambru górnego reprezentują kolejny czwarty etap sedimentacji zachodzącej w wyraźnie redukcyjnych warunkach środowiska.

W badaniach petrograficznych skał kambru szczególnie dużo uwagi poświęcono piaskowcom ze względu na ich znaczenie dla nagromadzenia węglowodorów. Badania mikroskopowe tych skał nie ujawniły istnienia w preparatach por i szczelinowatości otwartej. Całą obserwowaną objętość przestrzeni międzyziarnowych wypełniają składniki spoiwa, zajmujące najczęściej od 2—15% objętości skały. Pod względem strukturalnym spoiwo tych skał należy zakwalifikować do typu porowego, podstawowego lub mieszane — gniazdowego będącego kombinacją spoiwa otoczkowego i rekrytalizacyjnego ze spoiwem typu porowego i podstawowego (wg klasyfikacji spoiw N. W. Smirnowej i W. P. Jakuszewa — 14).

Monotonne pod względem składu detrytycznego piaskowce kambryjskie wykazują duże urozmaicenie składu spoiwa powstałego w różnych stadiach przemian diagenetycznych i postdiagenetycznych. Do najstarszego zespołu składników spajających należą

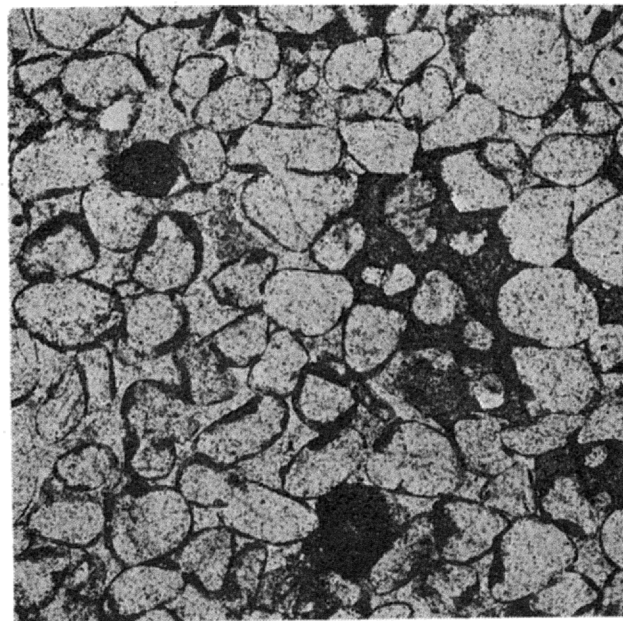
ZESTAWIENIE TYPÓW LITOLOGICZNYCH, FRAKCI CIĘŻKIEJ I ANALIZY GRANULOMETRYCZNEJ W POSZCZEGÓLNYCH ETAPACH SEDYMENTACJI KAMBRU POLSKI PÓLNOCNOWSCHODNIEJ

Stratygrafia	Etap sedymentacji	Litologia	Frakcja ciężka	Obtoczenie — wysortowanie
kambr górny	IV	Łupki węglisto-bitumiczne i wapień organodetrytyczne z otworu Żarnowiec IG—I oraz piaskowce, wapień, mułowce, ilowce z otworu Kościerzyna IG—I		
kambr środkowy	III	Piaskowce kwarcowe (arenity kwarcowe) z niewielkim udziałem mułowców i ilowców	monotonny zespół pospolitych dobrze obtoczonych minerałów	przeważa średnie niekiedy dobre obtoczenie materiału detrytycznego
kambr dolny	II	mułowce i piaskowce kwarcowe drobnoziarniste rzadziej średnioziarniste (arenity kwarcowe)	monotonny zespół pospolitych minerałów z małym udziałem minerałów nietrwiałych	przeważa słabe i złe obtoczenie przy słabym lokalnie średnim wysortowaniu materiału detrytycznego
	I	piaskowce arkozowe (arenity arkozowe) i arkozy z wkładkami mułowców i piaskowców różnoziarnistych (arenity kwarcowe) oraz ilowców	urozmaicony zespół minerałów z udziałem dystenu, epidotu, a niekiedy sylimanitu piroksenów i amfiboli	przeważa złe obtoczenie i złe wysortowanie materiału detrytycznego
eokambr		silnie zdiagenezowane osady arkozowe z chlorytem w spoiwie, przelawicone piaskowcami i ilowcami	urozmaicony zespół minerałów z udziałem dystenu, epidotu, sylimanitu, piroksenów i amfiboli	przeważa złe obtoczenie i złe wysortowanie materiału detrytycznego



Ryc. 1. Glaukonit w spoiwie piaskowca kwarcytowego. U dołu zdjęcia szew stylolitowy wypełniony substancją bitumiczną. Prąbuty IG-1, głębokość 3613,8 m, pow. 120×, nikołe równoległe.

Fig. 1. Glauconite in quartzitic sandstone matrix. Stylolite suture infilled with bituminous matter visible in lower part of the photo. Prąbuty IG-1 borehole, depth of 3613.8 m, ×120, parallel nicols.



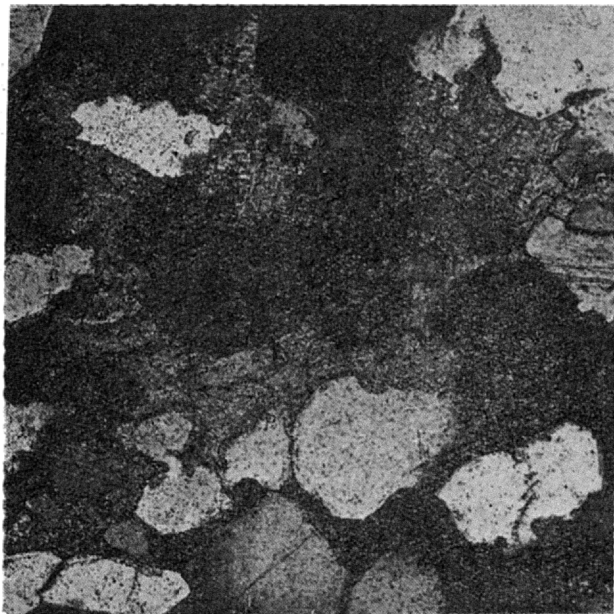
Ryc. 2. Piaskowiec kwarcytowy o spoiwie regeneracyjnym kwarcowym, miejscami widoczny kalcyt wypierający spoiwo kwarcowe. Prąbuty IG-1, głębokość 3670,6 m, pow. 45×, nikołe równoległe.

Fig. 2. Quartzitic sandstone with quartz regenerative matrix locally replaced by calcite. Prąbuty IG-1 borehole, depth of 3670.6 m, ×45, parallel nicols.

minerały ilaste, tlenki żelaza i lokalnie substancja bitumiczno-węglista. Pokryły one powierzchnie ziarn detrytycznych zamknięte następnie w kwarcowych obwódkach regeneracyjnych tworzących się prawdopodobnie już od pierwszych stadiów diagenety osadu (ryc. 2). W obrazie mikroskopowym kolejną pozycję w spoiwie zajmują: kalcyt, dolomit, minerały ilaste, glaukonit (ryc. 1), lokalnie syderyt i piryt. Najmłodszymi minerałami spoiwa są najprawdopodobniej: baryt, anhydryt i część węglanów. Siarczany i węglany zajęły centralne partie por, tworząc gniaz-

dowe i mieszane typy struktur spoiwa. Minerale te, szczególnie kalcyt, wypierały spoiwo krzemionkowe, a w następnym etapie korodowały powierzchnię ziarn kwarcu, zmniejszając jego wielkość (ryc. 2, 3, 4).

Należy podkreślić wielokrotne zmiany zachodzące w przestrzeniach porowych piaskowców kambryjskich, trudne dla określenia jedynie na podstawie badań mikroskopowych. Zmiany te są bardzo istotne dla własności zbiornikowych tych piaskowców. Dotychczasowe badania petrograficzne ich spoiwa jednoznacznie wskazują na to, że własności kolektorskie



Ryc. 3. Piaskowiec kwarcowy ze zwiększoną nieco ilością spoiwa kalcytowego. Miejscami obserwuje się nadtrawienie ziarna skaleni i kwarcu przez węglany. Zarnowiec IG-1, głębokość 2773,9 m, pow. 90X, nikole skrzyżowane.

Fig. 3. Quartz sandstone with somewhat increased amount of calcitic matrix. Feldspars and quartz grains locally etched by carbonates, Zarnowiec IG-1, depth of 2773.9 m, X90, crossed nicols.



Ryc. 4. Piaskowiec drobnoziarnisty zawierający podwyższone ilości kalcytu. Obserwuje się ziarna kwarcu o powierzchniach nadtrawionych przez kalcyt. Prabuty IG-1, głębokość 3480,0 m, pow. 200X, płytka cienka, nikole skrzyżowane.

Fig. 4. Fine-grained sandstone somewhat enriched in calcite. Quartz grains with surface etched by calcite. Prabuty IG-1, depth of 3480.0 m, X200, thin section, crossed nicols.

omawianych skał zależą przede wszystkim od przemian postsedymencyjnych, a w zupełnie znikomym stopniu od warunków sedymentacji. Podobny pogląd wyrazili F. Stolarczyk i S. Tyski (15). Wyniki badań petrograficznych stanowią jego dodatkowe potwierdzenie i uzasadnienie.

Powyższe stwierdzenie skłania do umiarkowanie pesymistycznej oceny kolektorskich własności piaskowców kambru — przede wszystkim tych, które występują w głębszych partiach syneklizy perybałtyckiej. Należy bowiem podkreślić, że procesy postsedymencyjnej cementacji osadów są odwracalne w pewnych warunkach geologicznych. Istnieją tendencje do decementacji starych zespołów skalnych wyźwigniętych w strefy płytsze od głębokości, na której uległy one katagenizie po zerodowaniu ich nadkładu. Jak podają F. J. Pettijohn, P. E. Potter i R. Siever (9) decementacja, zaznaczająca się m. in. wypieraniem minerałów ilastych, może spowodować znaczny wzrost porowatości i przepuszczalności skał.

W Instytucie Geologicznym podjęto dalsze, szczegółowe badania spoiwa piaskowców. Rozpoczęto także próby ilościowego określenia intensywności katagenizy na podstawie obliczeń wskaźnika ilości kontaktów międzyziarnowych w poszczególnych profilach wiertniczych osadów kambryjskich. Pozwoli to na bardziej dokładne oznaczenie stopnia przeobrażeń wtórnych, umożliwi dokonanie porównań rodzaju oraz intensywności przemian diagenetycznych i katagenetycznych piaskowców kambryjskich na obszarze syneklizy perybałtyckiej.

Autorka pragnie wyrazić podziękowanie prof. dr S. Depowskiemu za dyskusję i krytyczne uwagi w trakcie opracowania niniejszego tematu.

LITERATURA

1. Areń B. — Rozwój paleozoiku w obniżeniu podlaskim. Kwart. geol. 1972, nr 1.
2. Depowski S., Tyski S. — Budowa geologiczna syneklizy perybałtyckiej i warunki występowania bituminów. Prz. geol. 1968, nr 7.

3. Kieźel W. — Petrografia kambru w wierceniach Pasłek IG. Arch. IG (maszynopis). Warszawa, 1961.
4. Kieźel W. — Opracowanie petrograficzne osadów kambru w wierceniach Bartoszyce IG. Ibidem, 1962.
5. Kieźel W. — Petrografia kambru na Niżu z wierceniach Gołdap IG-1. Ibidem.
6. Kieźel W. — Charakterystyka petrograficzna osadów serii kapłonoskiej — poziom subholmowy w wierceniach Gołdap IG-1. Ibidem, 1963.
7. Lendzion K. — O stratygrafii kambru platformowego w Polsce. Kwart. geol., 1969, nr 3.
8. Lendzion K. — Eokambry i kambry w otworze Zarnowiec IG-1. Prz. geol. 1970, nr 7.
9. Pettijohn F. J., Potter P. E., Siever R. — Sand and Sandstone. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1972.
10. Rydzewska W. K. — Opracowanie petrograficzne osadów kambru z wierceń za lata 1967—1973 (Kętrzyn IG-1, Kętrzyn IG-2, Kościerzyna IG-1, Nidzica IG, Olsztyn IG-1), maszynopis. Warszawa, 1967.
11. Rydzewska W. K. — Opracowanie zachodniej części syneklizy perybałtyckiej ze szczególnym uwzględnieniem dolnego paleozoiku z wierceń Zarnowiec IG-1, Prabuty IG, Arch. IG. Warszawa, 1971.
12. Rydzewska W. K. — Kambry. W: Skały platformy prekambryjskiej w Polsce. Pr. Inst. Geol. (w druku).
13. Sawkiewicz S. S. — O postsiedimentacyjnych przeobrażeniach i ich wlianiach na kolektorskie sioistwa tierigiennych osadocnych porod. Tr. WNIDRI, 1965.
14. Smirnowa N. W., Jakuszew W. R. — Sioistwa kolektorow pieszczanogo tipa na bol-szych glubinach. Izd. „Nauka”. Moskwa, 1969.
15. Stolarczyk F., Tyski S. — Geologiczne warunki występowania węglowodorów w osadach kambru we wschodniej części syneklizy perybałtyckiej. Prz. geol. 1972, nr 8—9.

SUMMARY

Cambrian deposits of Peribaltic syncline (north-eastern Poland) are represented by a series of siltstone-sandstone rocks with claystone and, occasionally, limestone intercalations. The petrographic studies have shown some differences in mineral composition, sorting and roundness of detrital material, making possible to distinguish four stages of sedimentation (Table I). From the point of view of lithostratigraphy it is most important to establish criteria for delineation of the Eocambrian/Cambrian boundary. This problem is intensely studied in several countries. The petrographic studies hitherto carried out on deposits of Peribaltic syncline have shown that the first stage of sedimentation, related to Early Cambrian marine transgression, took place under the conditions of intense accumulation of detrital material. It resulted in origin of rocks of the arkose character, differing from the Eocambrian rocks in the lack of chlorites in matrix and lower degree of secondary alteration. Such features are traceable under the microscope.

The studies have shown that the Cambrian sandstone rocks, despite of fairly uniform composition of detrital material, are markedly differentiated in mineral composition of cementing materials originating at various stages of diagenetic and postdiagenetic alterations. It was found that the succession of origin of components of matrix was as follows: clay minerals, iron oxides, locally bituminous-coal matter — regenerative quartz — calcite, dolomite, clay minerals, glauconite, locally siderite and pyrite — barite, anhydrite and some carbonates. Multiple changes proceeding in interstices of sandstones are important for defining collector properties of these rocks, primarily dependent on postsedimentational changes and almost not on conditions prevailing in the sedimentary environment.

РЕЗЮМЕ

Кембрийские отложения Прибалтийской синеклизы (северо-восточная часть Польши) представлены алевролитом-песчаниковым комплексом с прослоями аргиллитов, редко известняков. Петрографическое изучение этих пород выявило различия в их минеральном составе, степени сортировки и окатанности кластического материала, на основании которых были определены четыре этапа осадконакопления (табл. 1). Для литолого-стратиграфической характеристики важное значение имеет выявление критериев определения границы эокембрий — кембрий. Эта проблема является предметом исследований специалистов ряда стран. Петрографические данные показывают, что в пределах Прибалтийской синеклизы первый этап осадконакопления в условиях раннекембрийской трансгрессии проходил в условиях интенсивного накопления обломочного материала. Отложения аркозового типа, в отличие от эокембрийских, характеризуются отсутствием хлоритов в цементе и более слабой степенью вторичных изменений. Эти признаки можно наблюдать при микроскопических исследованиях.

Кембрийские песчаники, однообразные в отношении обломочного материала, отличаются большим разнообразием минерального состава цемента, появившегося в разных стадиях диагенетических и постдиагенетических изменений. Определена такая последовательность образования компонентов цемента: глинистые минералы, окислы железа, местами углисто-битуминическое вещество — регенерационный кварц — кальцит, доломит, глинистые минералы, глауконит, местами сидерит и бапирит — барит, ангидрит и часть карбонатов. Многократные изменения поровых пространств в песчаниках имеют важное значение в определении коллекторских свойств пород. Эти свойства зависят главным образом от постседиментационных изменений и в ничтожной степени от условий, господствовавших в среде осадконакопления.