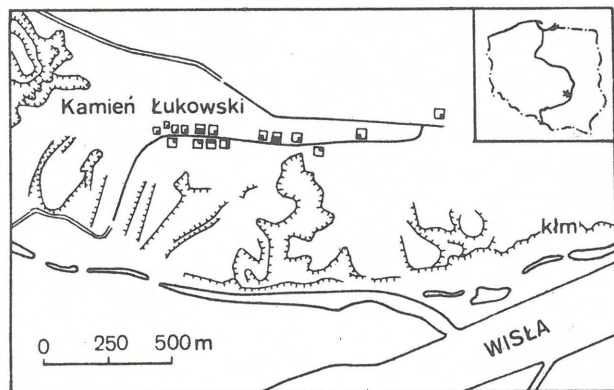


**NANOSTRUKTURY SPOIWA FOSFORANOWEGO I FORMY BAKTERIOPODOBNE
W ZLEPIEŃCU FOSFORYTOWYM GÓR PIEPRZOWYCH**

UKD 552.512:553.64:551.732.3(438.132)

Zlepiénce fosforytowe z Gór Pieprzowych towarzyszą osadom mułowcowo-piaszczystym tworzącym przewarstwienia w serii łupków ilastych i ałunowych piętra *Paradoxides paradoxissimus* środkowego kambru. Odślonięcia tych utworów znajdują się w krawędzi doliny Wisły na wschód od Sandomierza. Stosunkowo dobrze odsłonięta ławica tego zlepiénca, grubości 30–50 cm, występuje w dawnym kamieniołomie we wsi Kamień Łukawski (ryc. 1). Głównymi jego komponentami są izometryczne i dyskoidalne otoczaki piaskowców o spoiwie fosforanowym, podrzędnie zaś występują obtoczone okruchy kongrecji fosforytowych pochodzących zapewne z łupków ilastych oraz mikrytowe skupienia syderytowe i duże, owalne ziarna kwarcu (ryc. 2). Matriks zlepiénca stanowi drobnoziarnisty materiał piaszczysty. Zarówno w otoczkach piaskowca, jak i w spoiwie wypełniającym zlepiéniec znajdują się skorupki bezzawiasowych ramienionogów *Lingulella vistulae* (Gürich.). Zawartość P_2O_5 w otoczkach wynosi od 6,3 do 11,1% (14).

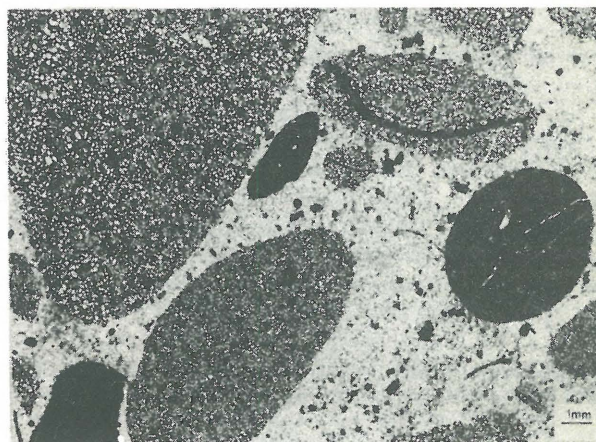


Ryc. 1. Szkic topograficzny Gór Pieprzowych. kłm – kamieniołom z odsłonięciem ławicy zlepiénca fosforytowego

Fig. 1. Topographic sketch of the Pieprzowe Mts. kłm – quarry with exposure of phosphorite conglomerate bed

Odślonięcia w Kamieniu Łukawskim są znane od dawna, a występowanie fosforytów w seriach kambru środkowego stwierdził R. Kozłowski już w 1931 r. (3). Opis petrograficzny tych osadów podali kolejno: J. Kuhl (4), W. Wawryk (15), a następnie A. Morawiecki* i H. Szymańska (14). Inni autorzy (7, 8, 10, 11) przedstawiają charakterystyki petrograficzne i litostratygiczne oraz fazy

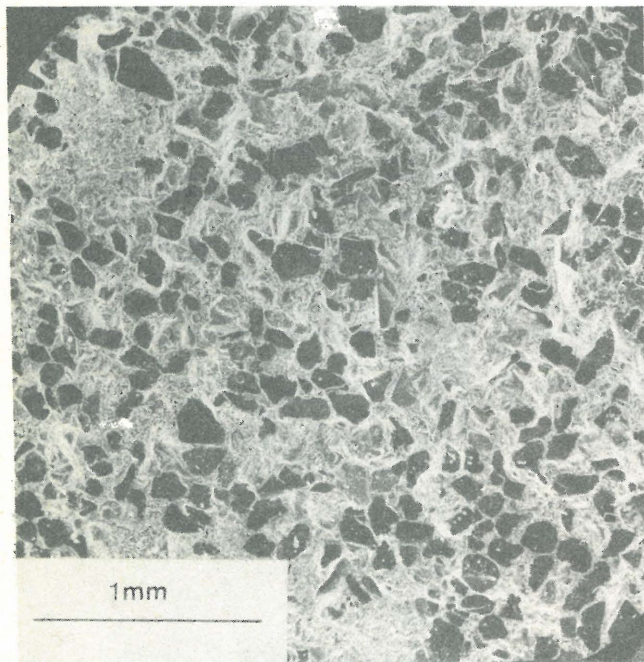
* Nie publikowane opisy szlifów mikroskopowych fosforytów kambryjskich regionu świętokrzyskiego wykonane w latach 1956–57 przez A. Morawieckiego znajdują się (tecznie z kolekcją tych szlifów) w Archiwum Rękopisów PIG.



Ryc. 2. $\times 4$ (bez analizatora). Zlepiéniec fosforytowy z Gór Pieprzowych złożony z otoczków piaskowców ze spoiwem fosforanowym. W górnej części zdjęcia w otoczku piaskowca widoczna gruba skorupka *lingulelli*. Obok występują czarne otoczki kongrecji fosforanowych pochodzących z łupków ilastych

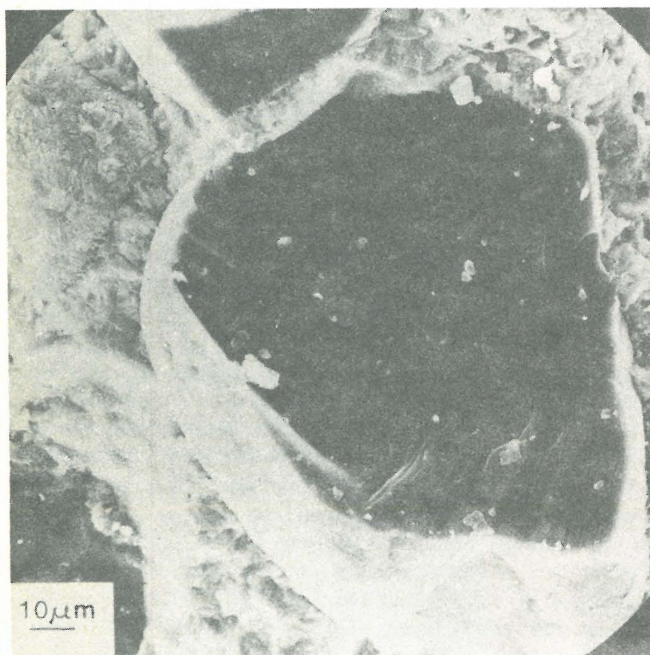
Fig. 2. $\times 4$ (without analyser). Phosphorite conglomerate from the Pieprzowe Mts composed of sandstone pebbles with phosphorite cement. In the upper part a sandstone pebble contains a thick shell of *Lingulella*. Aside there are black pebbles of phosphorite concretions coming from clayey shales

deformacji tektonicznych całego kompleksu osadów kambryjskich w tym regionie. Zlepnięciem fosforytowym zajmował się również Cz. Żak (18), przy okazji studium tektonicznego środkowego kambru Gór Pieprzowych. Większość cytowanych badaczy jest zdania, że fosforyty występują na wtórnym złożu, natomiast pochodzenie materiału otoczkowego nie było jednoznacznie interpretowane. Na przykład wg R. Michniaka (8), skałami macierzystymi



Ryc. 3. $\times 30$ SEM. Otoczek piaskowca ze spoiwem fosforanowym (ziarna kwarcu – czarne i ciemnoszare, otoczki spoiwa – białe)

Fig. 3. $\times 30$ SEM. Sandstone pebble with phosphate cement (quartz grains are black and darkgrey, cement envelopes are white)



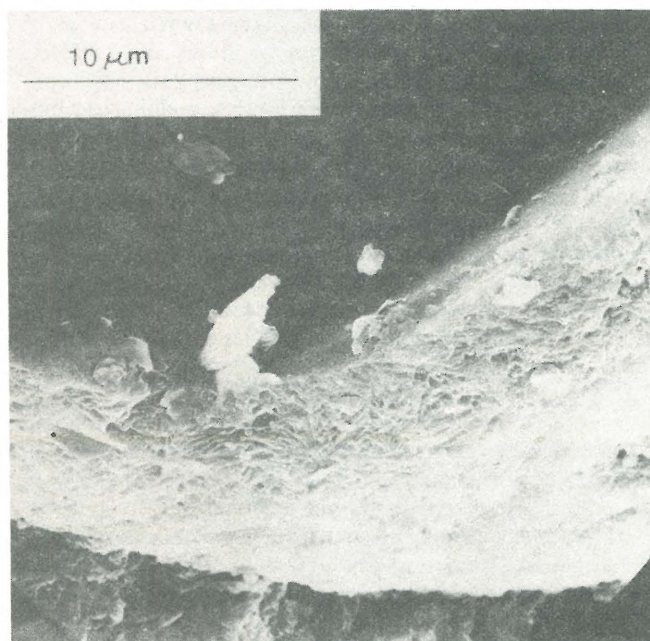
Ryc. 4. $\times 540$ SEM. Wyraźnie wykształcone fosforanowe spoiwo błonkowe na ziarnie kwarcu

Fig. 4. $\times 540$ SEM. Well developed phosphate filmy cement on a quartz grain

dla intraklastów fosforytowo-kwarcowych wchodzących w skład zlepnięcia są prawdopodobnie poziomy: holmiowy i protelenusowy kambru dolnego. Argumentem, który ma przemawiać na korzyść tej hipotezy, jest występowanie w otoczkach skaleni, których obecność autor ten stwierdził jedynie w ryfeju i dolnym kambrze. Mimo obfitego piśmiennictwa nie zostały dotychczas wyjaśnione warunki sedimentacji i mechanizm wytrącania się fosforanów w seriach kambryjskich regionu świętokrzyskiego.

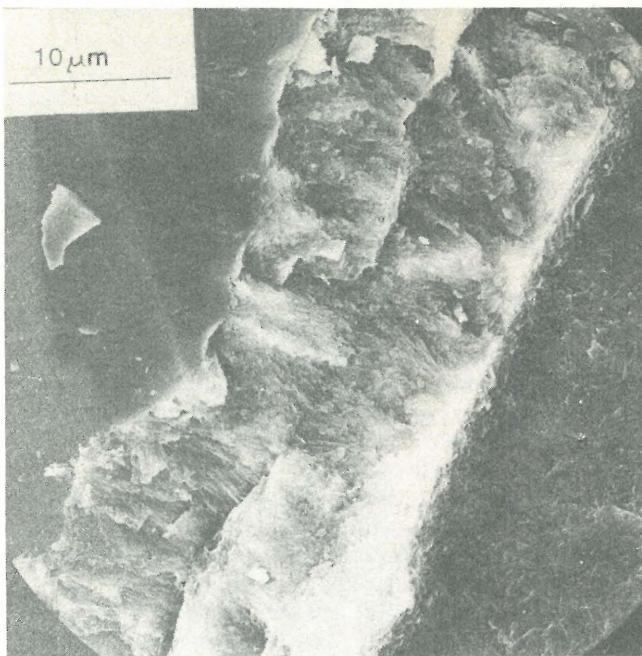
Problem zlepnięcia fosforytowego z Gór Pieprzowych nabrał ponownie aktualności w 1987 r., w momencie przystąpienia do prac nad monografią formacji fosforytowych w Polsce. Monografia ta ma stanowić uzupełnienie dotychczasowego rozpoznania geologiczno-złożowego tych formacji o szerszą charakterystykę sedimentologiczną i petrograficzną przy wykorzystaniu nowoczesnych metod badawczych. Podjęte przez nas prace nad fosforytami kambru obejmowały przede wszystkim powtórny przegląd i reinterpretację opisów płytek cienkich z kolekcji A. Morawieckiego oraz badania nowych preparatów mikroskopowych, łącznie z badaniami skaningowymi.

Jak już wspomniano, główną formą występowania fosforanów w zlepnięciu z Gór Pieprzowych jest spoiwo błonkowe tworzące kolomorficzne otoczki wokół ziarn kwarcu i sporadycznie wokół innych okruchów mineralnych (ryc. 3–5). Otoczki te obserwowane w mikroskopie optycznym mają charakter laminowanej masy kolofanowej. Grubość ich wynosi 10–20 μm , miejscami dochodząc do 40 μm . W niektórych próbkach widać także metasomatyczne zastępowanie od strony ziarn kwarcu substancji fosforanowej przez kwarc regeneracyjny oraz włóknisty chalcedon. Wtedy pierwotne otoczki są słabo zachowane, a dodatkowo do ich wnętrza przenika cement porowy kalcysparytowy. Właściwa struktura fosforanów ujawnia się dopiero w obrazach uzyskanych w mikroskopie elektronowym przy powiększeniach powyżej 1500 \times . Poziornie jednorodne laminy kolofanowe zbudowane są w istocie z mikrokrystalicznych agregatów apatyty o pokroju słupkowym (ryc. 6, 7). Te mikro- czy też nano-



Ryc. 5. $\times 3600$ SEM. Powiększony fragment ryc. 4

Fig. 5. $\times 3600$ SEM. Enlarged fragment of Fig. 4



Ryc. 6. $\times 1600$ SEM. Ziarno kwarcu (górną lewą część zdjęcia) i dwie stykające się ze sobą błonki apatytowe oraz ziarno fosforanowe o teksturze sferolitycznej (dolną prawą część zdjęcia)

Fig. 6. $\times 1600$ SEM. Quartz grain (upper part of the photo) and two contacting apatite films as well as phosphorite grain of spherulitic structure (lower part of the photo)

struktury** apatytu są wyraźnie ukierunkowane; dobrze widoczne są także tekstury sferolityczne. Słupki apatytu skierowane są prostopadle do gładkiej powierzchni ziarna mineralnego, głównie kwarcu, która stanowi podłoże dla procesów krystalizacji (ryc. 7).

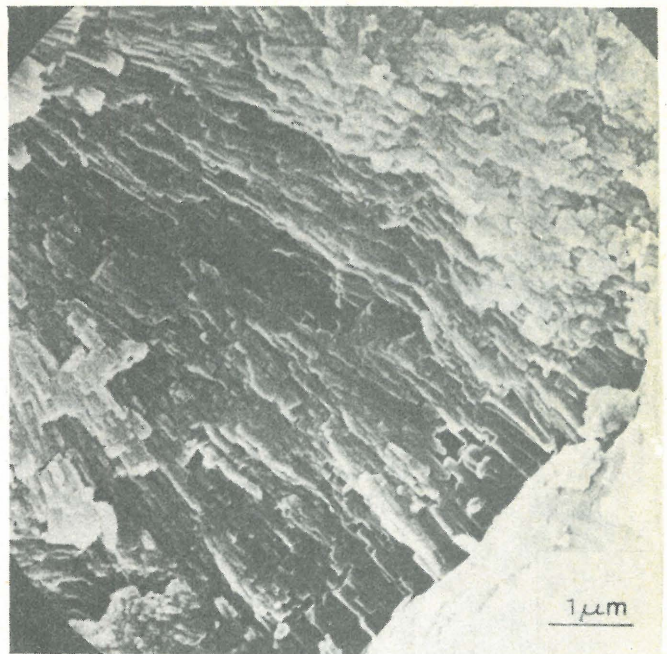
Zaobserwowane przez nas fosforanowe nanostruktury i charakterystyczne tekstury potwierdzają wyniki badań podane we wcześniejszych pracach autorów radzieckich i francuskich. Mirtow Ju. i in. (9) zajmowali się „ultramikrokryształiczną”*** budową głównych typów fosforytów, ujawniając w badaniach skaningowych całą gamę krystalicznych form apatytu oraz sferolityczne tekstury, szczególnie dobrze widoczne w fosforanowych ooidach.

Wykształcenie fosforytowych powłok podobne do błonek w fosforytach Gór Pieprzowych obserwował M. Lamboy (5) w korteksie ooidów ze złóż Ben Guerir w Maroku, Jellabia w Tunezji i z senegalskiego złoża Taiba. We wszystkich trzech przypadkach są to utwory stosunkowo młode, pochodzące z sekwencji osadów kredowo-paleogeńskich. M. Lamboy zwrócił głównie uwagę na różnice optyczne spowodowane specyficzną strukturą fosforanu anizotropowego w porównaniu z fosforanem izotropowym tworzącym często jądra ooidów.

Obserwacje mikroskopowe upoważniają do stwierdzenia, że spoiwo błonkowe ma charakter pierwotny i powstało w słabo zdiagenezowanym osadzie. Metasomatyczne wypieranie apatytu przez regeneracyjny kwarc i przenikanie kalcyparytu musiało nastąpić w późniejszych fazach ewolucji tego osadu. Błonkowe formy wytrącania fosforanów należy wiązać ze środowiskiem wód międzyziarnowych w świeżo zdeponowanym materiale

** Termin stosowany przez M. Lamboy (5).

*** Termin wprowadzony przez J.W. Chworową i A.D. Dymitrjuka (2) dla struktur o rozmiarach ziaren mniejszych od $0,25 \mu\text{m}$.



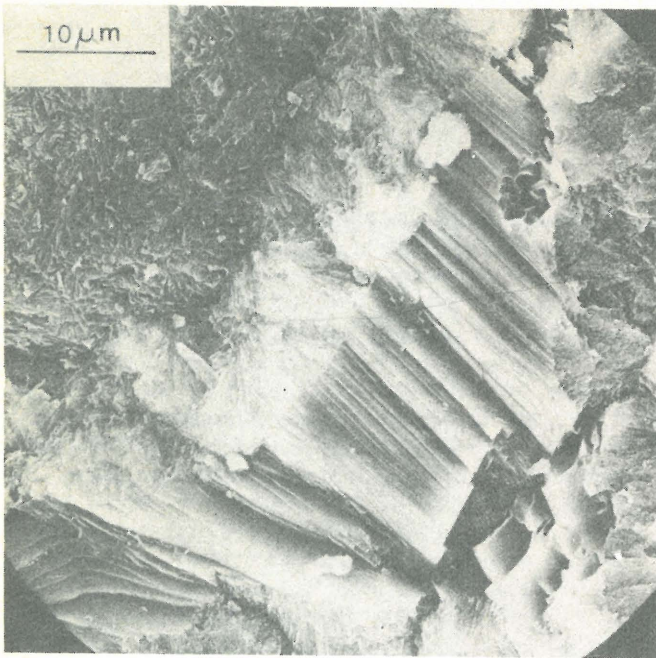
Ryc. 7. $\times 11\,000$ SEM. Powiększony fragment ryc. 6. Szczegóły kryptokryształicznej, słupkowej budowy błonki apatytu

Fig. 7. $\times 11\,000$ SEM. Enlarged fragment of Fig. 6. Details of cryptocrystalline columnar structure of apatite film

klastycznym. Środowisko to charakteryzowało się podwyższonym pH oraz niższą zawartością tlenu od wód przydennych, a fosfor dostarczany był w efekcie procesów gnilnych szczątków organicznych w ilościach zapewniających stan nasycenia roztworu. O segregacji roztworu i precypitacji apatytowych otoczek decydowały zapewne siły elektrostatyczne, przy czym uprzywilejowane były tutaj gładkie powierzchnie ziaren kwarcu. W odniesieniu do otoczek laminowanych należy założyć kilkakrotne powtarzanie się warunków sprzyjających wytrącaniu, co musiało się wiązać z cyklicznym dopływem związków fosforu do tego środowiska i przemianami biochemicznymi tych związków.

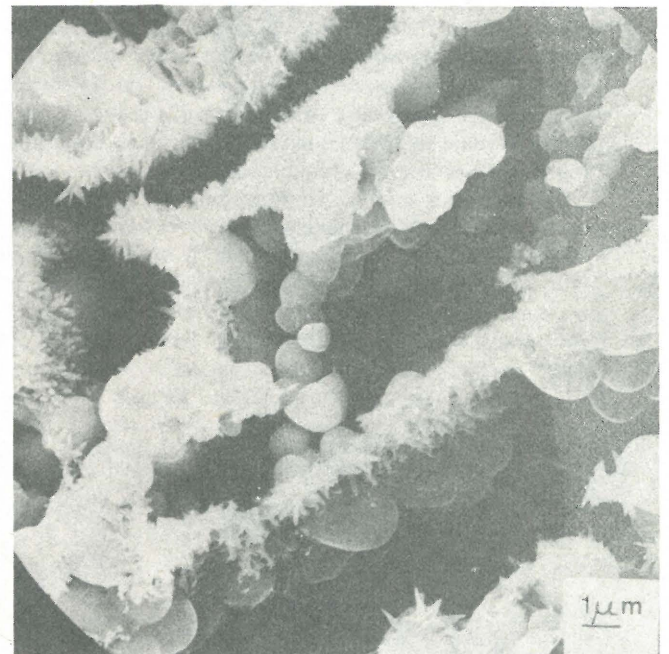
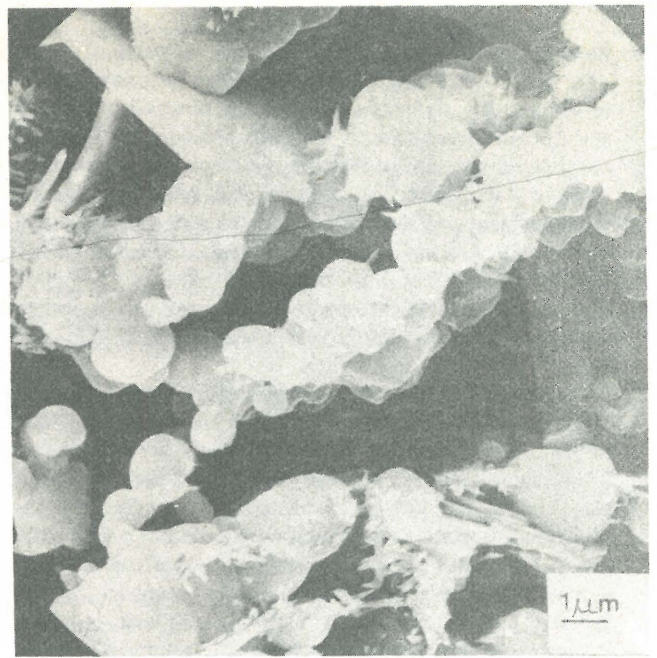
Miejscami (ryc. 8) otoczka objęła również fragmenty pierwotnego osadu mikrytowego wypełniającego przestrzenie międzyziarnowe, bądź też relikty tego osadu przetrwały związane w porach zawężonych przez wykryształizowane fosforany. W takich enklawach międzyziarnowych, poza materiałem mikrytowym, napotkano interesujące formy sferyczne i dyskoidalne o średnicy od $0,3$ do $2,0 \mu\text{m}$, które można interpretować jako formy bakteriopodobne. Występują one w postaci kolonii po 3–4 i więcej osobników sklejonych ze sobą ściankami wzdłuż linii prostej lub agregatów złożonych z kilkunastu form sferycznych. Wypełnienie wnętrza enklawy nie jest całkowite, ponieważ pomiędzy poszczególnymi nitkowatymi koloniami i agregatami istnieją układające się równolegle wolne przestrzenie. Plastykę tego obrazu podkreślają jeszcze igiełkowate wykwyty chalcidonu krystalobalitego zarówno na formach sferycznych, jak i płytkich mikrytu węglanowego (ryc. 9–11).

Formy bakteryjne czy bakteriopodobne obserwowano już w trakcie badania fosforytów pod dużymi powiększeniami. Większość geologów zajmujących się tym zagadnieniem jest zgodna co do udziału bakterii we wczesnych etapach procesów fosfogenetycznych oraz ich aktywnej



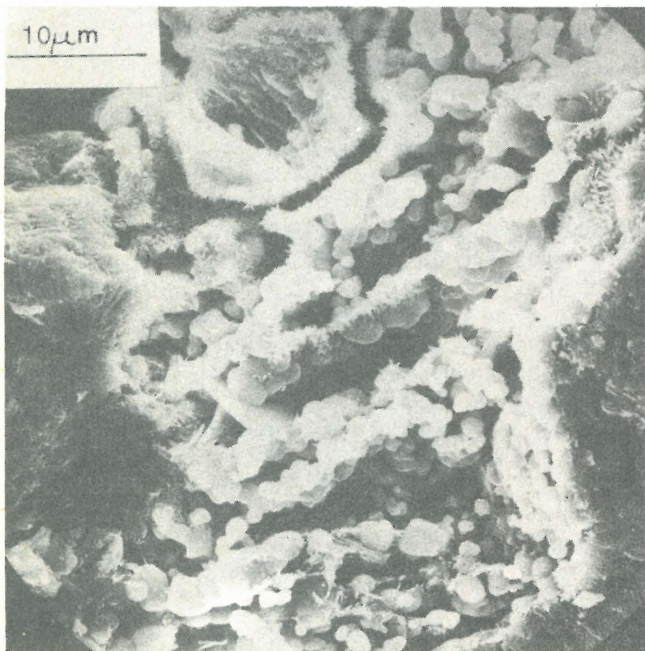
Ryc. 8. $\times 1800$ SEM. Płytkowe struktury mikrytu węglanowego w sąsiedztwie fosforanowego agregatu sferolitycznego (górna lewa część zdjęcia)

Fig. 8. $\times 1800$ SEM. Plates of carbonaceous micrite accompanied by phosphate spherulitic aggregate (upper part of the photo)



Ryc. 10. $\times 5400$ i ryc. 11 $\times 4800$ SEM. Powiększenie ryc. 9. Wyraźnie widoczne kolonie złączonych ze sobą form bakteriiopodobnych oraz igielkowate wykwity chalcidonu krystalobaliteowego

Fig. 10. $\times 5400$ and Fig. 11 $\times 4800$ SEM. Enlargement of Fig. 9. Distinct colonies of connected bacterium-like forms and needle-like efflorescences of crystalobalitic chalcidite



Ryc. 9. $\times 1800$ SEM. Enklawa międzyciarnowa wypełniona sferycznymi strukturami bakteriiopodobnymi

Fig. 9. $\times 1800$ SEM. Intergranular enclave filled with spherical bacterium-like structures

roli w precipitacji fosforanów. L. Cayeux (1) jako pierwszy już w 1936 r. wypowiedział pogląd, że bakterie towarzyszą wszystkim złóżom fosforytów niezależnie od ich wieku. Opisuje on formy o kształcie zbliżonym do bakterii Coccus i średnicy 0,5–2,5 μm , pochodzące z kenozoiku Afryki Płn. oraz permu Gór Skalistych w St. Zjed. Od tego czasu zasygnalizowano obecność struktur pochodze-

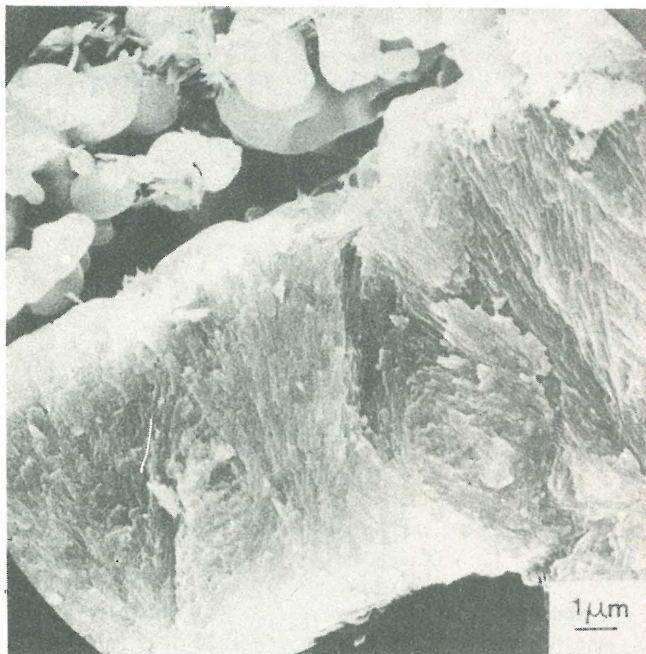
nia bakteryjnego w wielu formacjach fosforytonośnych od kambry po utwory neogenu. Sferyczne struktury o wymiarach 1,1 \times 1,33 μm obserwowano w kambryjskich, oolitowych fosforytach Karatau (16), znaleziono je także w eoceńskich złóżach Tunezji (17), w neogeńskich fosforytach Florydy (12) oraz w utworach fosforytonośnych dolnego cenomanu Wołynia i Podola (17).

W ostatnim okresie opublikowano wyniki badań fosforytów z Egorjewska na platformie rosyjskiej i ze złóż Ben Guerir w Maroku (17). W złożu Egorjewsk z przełomu jury i kredy, formy kuliste podobne do bakterii

Coccus osiągają średnicę 1–3,5 μm . Występują one w postaci odseparowanych osobników i niewielkich kolonii oraz beładnych nagromadzeń. Pojedyncze osobniki i kolonie spotyka się jedynie w owalnych kawernach pozostałych po organizmach nanoplanktonicznych, gdzie są przytwierdzone do podłoża za pomocą nitkowatych wyrostków. W złożu Ben Guerir w peloidach fosforanowych związanych z osadami montu zaobserwowano mikrokolonie złożone z łańcuchów stykających się ze sobą osobników podobnych do bakterii o średnicy 1,5–2,5 μm . Obecność bakterii w fosforanowych mikrostromatolitach z wapieni albu wysokich Tatr stwierdził K.P. Krajewski (19).

J. Lucas i L. Prevot (6) próbowali także eksperymentalnie potwierdzić udział bakterii w tworzeniu się fosforanów. W warunkach laboratoryjnych stwierdzono, że mechanizm działania bakterii polega na zniszczeniu struktury białka (RNA) i jej rozbięciu na trzy części. Pierwsza (cukry) dostarcza energii niezbędnej dla procesów życiowych, natomiast druga i w pewnym stopniu trzecia część uczestniczy w wyeliminowaniu jonów magnezu z wody morskiej, tworząc nietrwały fosforan magnezu – struwit. Po wytrąceniu magnezu i przy udziale jonów wapnia dochodzi do syntezy apatytu, dzięki działaniu wytworzonych w procesach bakteryjnych cząsteczek kwasu fosforowego. W ten sposób można wytłumaczyć wtórną fosfatazację korteksu ooidów węglanowych (w cytowanej pracy podano przykłady transformacji ooidów z Abu Dhabi). Wydaje się, że analogiczne procesy decydują o powstaniu fosforanowych pseudomorfoz po faunie.

W przypadku omówionej uprzednio precypitacji apatytu w przestrzeniach międzyziarnowych bakterie mogą również odgrywać decydującą rolę dostarczając kwas fosforowy do tego środowiska. O możliwości takiej interpretacji genezy spoiwa błonkowego w fosforytach Gór Pieprzowych świadczy stosunek form bakteriopodobnych do tego spoiwa. Na ryc. 12 widoczna jest warstewka form sferycznych o nieco zatartej budowie niejako doklejona



Ryc. 12. $\times 5400$ SEM. Stosunek form bakteriopodobnych do otoczki apatytowej na ziarnie kwarcu

Fig. 12. $\times 5400$ SEM. Relation of bacterium-like forms to apatite envelope on a quartz grain

do powierzchni otoczki apatytowej. Podobna ilustracja przytoczona w pracy J. Lucas i L. Prevot (6) przedstawia bakterie związane z korteksem ooidu będącego w trakcie procesu fosfatazacji.

UWAGI KOŃCOWE

Występowanie fosforytów w kambrze nie jest zjawiskiem lokalnym, ale ma charakter globalny. W epoce tej wyróżniono 6 cykli sedymentacyjnych i fosfogenetycznych (13), przy czym piąty *Paradoxides paradoxissimus*, do którego należy sekwencja osadów Gór Pieprzowych, zaliczono do cyklu 5. Łupki ilaste i ałunowe z nodułami fosforytowymi są dosyć charakterystyczne dla tego cyklu osadowego. Regresja zaznaczona jest przez poziomy zlepieńca z materiałem fosforytowym. Tego typu osady występują na platformie bałtyckiej – w Skanii i na Bornholmie; znane są także wystąpienia fosforytów na platformie awalońskiej w łupkach Walii i centralnej Anglii (Abbey shales) oraz w południowo-wschodniej części Nowej Fundlandii. Do cyklu piątego należą również poziomy fosforytów ze środkowego kambru północnej Australii z Hainanu i prowincji Gansa w południowych Chinach oraz z Kordylierów Ameryki Północnej (13).

Powstanie zlepieńca z Gór Pieprzowych może się wiązać z obszarami perylitoralnymi basenu kambru środkowego, ulegającego okresowemu spłyceciu i sądząc po znacznym stopniu obtoczenia i często dyskoidalnym kształcie fosforanowych intraklastów, ze środowiskiem poddanym działaniu pływów i falowania. Takie warunki mogą odpowiadać zewnętrznej części plaży. Otoczki piaskowca inkrustowanego fosforanami zawierają często odlewy jam żerowiskowych, ośrodki i skorupki ramienionogów bezzawiasowych, które zdają się spełniać szczególnie aktywną rolę w procesach fosfogenetycznych, stanowiąc jedno z ogniw w biochemicznej przeróbce fosforu.

Na zakończenie warto jeszcze podkreślić fakt, że w świetle ostatnich badań coraz bardziej udokumentowany staje się decydujący udział bakterii w cyklu procesów prowadzących do powstania fosforytów.

*

Autorzy pragną serdecznie podziękować całemu personelowi pracowni mikroskopii elektronowej Zakładu Petrografii i Mineralogii PIG, kierowanej przez mgr B. Kazimierską, za szybkie i staranne wykonanie zdjęć próbek zlepieńca pod dużymi powiększeniami.

LITERATURA

1. Cayeux L. – Existence de nombreuses bactéries dans les phosphates sédimentaires de tout âge. Conséquences. C.R. Acad. Sci. Paris 1936 no. 203.
2. Chworowa J.W., Dmitrjuk A.D. – Mikrostruktury kremnistych porod. Nauka 1972.
3. Kozłowski R. – Fosforyty w utworach kambryjskich Sandomierza. Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol. 1931 nr 30.
4. Kuhl J. – Sprawozdanie z badań petrograficznych nad utworami środkowo-kambryjskimi Gór Pieprzowych koło Sandomierza. Ibidem nr 29.
5. Lamboy M. – Relations entre propriétés optiques et nanostructures des grains de phosphate. Implications génétiques. Rev. de géol. dynamique et de géogr. phisique. 1986 vol. 27 fasc. 5.
6. Lucas J., Prevot L. – The synthesis of apatite by bacterial activity: mechanism. Science géologiques. Univ. L. Pasteur de Strasbourg. 1985 Mem. no. 77.

7. Mastella L., Mizerski W. — Etapy deformacji tektonicznych utworów kambru środkowego Gór Pieprzowych. Prz. Geol. 1981 nr 7.
8. Michniak R. — Petrograficzna charakterystyka granicznych warstw dolnego i środkowego kambru wschodniej części Gór Świętokrzyskich. [W:] Księga pamiątkowa ku czci prof. J. Samsonowicza. Wyd. Geol. 1962.
9. Mirtow Ju. W., Krasilnikowa N.A., Czirkina A.N. — Ultramikrokryształczeskoje strojenie osnovnykh tipov fosforitov. Litolog. i Polez. Iskop. 1976 nr 1.
10. Orłowski S. — Kambr środkowy i jego fauna we wschodniej części Gór Świętokrzyskich. Studia Geol. Pol. 1964 vol. 16.
11. Orłowski S. — Jednostki litostratygraficzne kambru i górnego prekambriu Gór Świętokrzyskich. Acta Geol. Pol. 1975 nr 3.
12. Riggs S.R. — Petrology of the Tertiary System of Florida. Econ. Geol. 1979 vol. 74 no. 2.
13. Shergold J.H. and Brasier M.D. — Proterozoic and Cambrian phosphorites — specialist studies: biochronology of Proterozoic and Cambrian phosphorites. [W:] P.J. Cook, J.H. Shergold (red.) — Phosphate deposits of the world. Vol. 1 — Proterozoic and Cambrian phosphorites. IGCP 156 Cambridge Univ. P. 1986.
14. Szymańska H. — Fosforyty Gór Pieprzowych koło Sandomierza. Prz. Geol. 1957 nr 9.
15. Wawryk W. — Wyniki mikroskopowo-chemicznej analizy fosforytów kambryjskich z okolicy Sandomierza. Roczn. Tow. Geol. 1932 f. 1.
16. Vologdin A.G. and Korde K.B. — On one poorly studied but important group of fossils. Trans. Acad. Sci. USSR 1945 nr 9.
17. Zanin J.E., Letow S.W. — Phosphatized bacteria from Cretaceous phosphorites of East-European Platform and Paleocene phosphorites of Morocco. Sciences geologiques Univ. L. Pasteur de Strasbourg 1985 Mem. nr 77.
18. Żak C. — Wstępne studium tektoniczne środkowego kambru Gór Pieprzowych. Biul. Inst. Geol. 1962 nr 174.
19. Krajewski K.P. — Phosphate microstromatolites in the High-Tatric Albian limestones in the Polish Tatra Mts. Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. Terre 1981 no. 2.

SUMMARY

Phosphorite conglomerates from the Pieprzowe Mts near Sandomierz (eastern part of the Holy Cross Mts) accompany the siltstone-sandy sediments that form interbeds in clayey and alum shales of the stage *Paradoxides paradoxissimus* of the Middle Cambrian. Sandstone pebbles with filmy phosphate cement are the main components of this conglomerates; there is also secondary content of phosphorite material, coming from clayey shales (Fig. 2).

The sandstone matrix of the conglomerate as well as pebbles contain valves of hinge-less brachiopods *Lingulella vistulae* (Gürich).

Filmy cements that envelopes quartz grains and noted in the optical microscope, is of laminated colophan mass type. Only the images from electron microscope indicate nanostructures of apatite of columnar type and characteristic spherulitic structures (Figs. 3–7). Intergranular enclaves contain spheric and discoidal forms of 0,3–2,0 µm in diameter that can be considered for the ones of bacterium origin. They form colonies and aggregates, 3–4 and more individuals each (Figs 9–12). Similar bacterium features have been already noted in phosphorite deposits of the Neogene from Florida, Paleogene from northern Africa, Cenomanien from the Russian Platform and Cambrian from Karatau deposits.

The origin of the conglomerate from the Pieprzowe Mts is connected with peritidal areas of the Middle Cambrian basin, subjected to occasional shallowing. Precipitation of phosphates probably occurred in the environment of intergranular waters in poorly diagenetic sediment and with active action of bacteria.

РЕЗЮМЕ

Фосфоритовые конгломераты Пепшовых гор в районе г. Сандомеж (восточная часть Свентокшиских гор) залегают среди алевроитопесчанистых отложений, которые слагают прослои в серии глинистых и кварцевых сланцев зоны *Paradoxides paradoxissimus* среднего кембрия. Основным компонентом конгломератов являются песчаниковые гальки с фосфатным, кристификационным цементом. В подчиненном количестве представлен фосфатный материал, происходящий из глинистых сланцев (рис. 2). Как в песчаниковой основной массе, так и в гальке встречаются раковины плеченогих *Lingulella vistulae* (Gürich).

Кристификационный цемент, образующий корки вокруг зерен кварца, под микроскопом проявляет строение в виде листоватой коллофановой массы и лишь под электронным микроскопом выявляются наноструктуры апатита шестоватой формы и характерные сферолитовые текстуры (рис. 3–7). В межзерновых пространствах наблюдались сферические и дискоидальные формы диаметром 0,3–2,0 µm, представляющие очевидно структуры бактериального происхождения. Они образуют колонии и агрегаты по 3–4 особи (рис. 9–12). Такого рода бактериальные формы известны в фосфоритовых месторождениях неогена Флориды, палеогена Северной Африки, сеномана Русской платформы и в кембрийских месторождениях Каратау.

Конгломераты Пепшовых гор образовались в перитидальной зоне среднекембрийского бассейна, подвергавшегося периодическому обмелению. Осаждение фосфатов происходило, вероятно, в межзерновых пространствах, в слабо диагенизированном осадке, при содействии бактерий.