

Wacław RYKA

Problem powstania tarnobrzegskiego złoża siarki rodzimej w świetle badań petrograficznych

Badania mineralogiczne ujawniły znaczącą rolę magnezu i manganu w procesach metasomatycznych przeobrażeń siarczanów w węglany. O antagonistycznym zróżnicowaniu tych pierwiastków decydowała przypuszczalnie substancja organiczna. Stwierdzono dwa rodzaje szczątków pobakteryjnych: starsze i młodsze, którym prawdopodobnie można przypisać odpowiednio funkcje redukowania gipsu do siarkowodoru, a następnie jego utleniania do siarki rodzimej.

WSTĘP

Złoża siarki rodzimej w okolicy Tarnobrzega stworzyły wyjątkowe możliwości poznania mechanizmów ich tworzenia się. Dlatego też skupiały uwagę wielu badaczy różnych specjalności, w tym petrografów, mineralogów i geochemików. Ich prace koncentrowały się przede wszystkim na złożu siarki rodzimej, a także na skałach z nią współwystępujących, i w takim ujęciu zmierzały zwykle do wyjaśnienia genezy złoża.

Celem pracy jest prześledzenie skał, od gipsów do wapieni posiarkowych i siarki, pod kątem ujawnienia zmian zachodzących w skałach podczas przeobrażeń metasomatycznych i ewentualnego wpływu organizmów żywych na ten proces.

Opracowanie wykonałem przy wydatnej współpracy Samodzielnej Pracowni Zespołu Geologii Złóż Siarki, kierowanej przez prof. dra S. Pawłowskiego. Znaczną pomoc uzyskałem od dra B. Kubicy, który dostarczył mi starannie dobraną kolekcję próbek skał, umożliwiającą prześledzenie całych profili złóż siarki. Za to wszystko składam serdeczne podziękowania.

WYNIKI BADAŃ MINERALOGICZNYCH I PETROGRAFICZNYCH

Badania mineralogiczne i petrograficzne prowadzone przy pomocy mikroskopu polaryzacyjnego stwarzają możliwości określenia struktury i tekstury skały oraz

identyfikacji faz mineralnych. Powierzchnia płytki cienkiej, będąca płaszczyzną przekroju skały lub minerału, nie pozwala natomiast na obserwację stosunków przestrzennych między minerałami i ocenę wykształcenia poszczególnych form geometrycznych. Cechy takie są łatwo dostrzegalne wówczas, gdy skała jest gruboziarnista lub minerały skryształizowały na ścianach pustek. Z tych właśnie względów gipsy uważa się za dogodnie skryształizowane, natomiast drobnoziarniste wapienie pogipsowe i siarka nie stanowią wdzięcznego materiału badań, zwłaszcza przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego. Możliwość znacznego powiększenia zasobu informacji stwarzają badania przy zastosowaniu mikroskopu elektronowego skanującego – w przypadku obserwacji morfologii ziarn i struktury skał – oraz mikrosondy elektronowej – w analizie chemicznej.

Skały gipsowe w dominującej części składają się z siarczanów – gipsu i anhydrytu, nie licząc gniazdowych skupień siarki i węglanów. Gips odznacza się nieco słabszym automorfizmem w porównaniu z anhydrytem. Zauważono również, że stopień odwodnienia gipsu nie jest jednakowy we wszystkich próbkach i wyraźnie zwiększa się z automorfizmem i wielkością kryształów. Gips w obrazie elektronów elastycznie odbitych jest łatwo rozpoznawalny, odznacza się on bowiem niższym reliefem od anhydrytu, kalcytu i dolomitu, lecz wyższym od siarki. Skały gipsowe są na ogół dobrze skryształizowane, ale wysoki stopień ziarnistości czasami widoczny jest dopiero przy dużych powiększeniach mikroskopu elektronowego. W powiększeniach małych (tabl. I, fig. 9; tabl. II, fig. 15) przeważnie widoczny jest agregat ziarn o niewielkim stopniu automorfizmu, czasami o wyraźnej włóknistości (tabl. I, fig. 10). Ziarnistość skały rzadziej uzewnętrznia się w powiększeniach mniejszych (tabl. I, fig. 11, 12), z reguły natomiast przy powiększeniach powyżej 2000 ×, aby ujawnić dużo pięknych form krystalicznych (tabl. I, fig. 13, 14; tabl. II, fig. 19). Wiele spośród nich ma bardzo urozmaiconą morfologię, bogatszą od pospolicie występujących dużych kryształów gipsu i anhydrytu.

Dobrze skryształizowane skały gipsowe, składające się z płytek, słupków oraz pręcików gipsu i anhydrytu, są porowate, a miejscami nawet kawerniste (tabl. II, fig. 17), co stworzyło warunki sprzyjające migracji węglodorów i roztworów wodnych. Na ważkość tego czynnika w procesach migracji roztworów i aktywizacji metasomatozy wielokrotnie już zwracano uwagę we wcześniejszych pracach, np. J. Czerwińskiego, T. Osmólskiego, S. Pawłowskiego i in. Niektóre kryształy gipsu i anhydrytu pokrywa nalot lub pył krystaliczny. Skupienia te są niewątpliwie pochodzenia wtórnego i zostały zidentyfikowane w analizie mikroobszaru jako węglan wapnia. Gips i anhydryt na ogół są bardzo ubogie w domieszki pierwiastków; sporadyczny jest magnez, a w śladowych ilościach stront, bar i bizmut. Czasami w kryształach gipsu obserwuje się drobne ziarna celestynu (fig. 1), zawierające śladowe, ale większe niż w gipsie, ilości baru i bizmutu. Jak świadczą badania W. Kowalskiego i in. (1980), minerał ten może być celestynem pierwotnym, który przeobraził się w stroncjanit, a następnie w celestyn późny. Na fig. 1, w bezpośrednim otoczeniu celestynu stwierdzono anhydryt, odznaczający się większą zawartością siarki i wapnia w stosunku do gipsu. Magnez w celestynie rozłożony jest nierównomiernie, bowiem na profilu rentgenospektralnym zawartość tego pierwiastka jest większa w części peryferycznej niż centralnej.

Skały węglanowe są znacznie słabiej skryształizowane od skały gipsowej. Przeważnie są złożone ze skupień minerałów prawie obcokształtnych, co jest widoczne w małych, a także dużych powiększeniach (tabl. II, fig. 20; tabl. III, fig. 21; tabl. IV, fig. 27, 28), które nie wnoszą istotniejszych informacji o budowie skały. Automorfizm węglanów bywa także niewyraźny (tabl. III, fig. 22), sporadycznie zaś bardzo dobrze rozwinięty i wówczas obserwuje się formy romboedryczne (tabl.

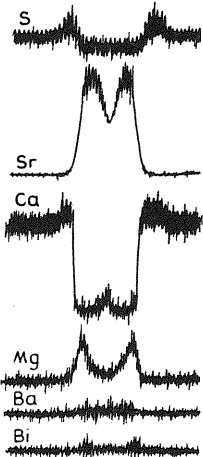
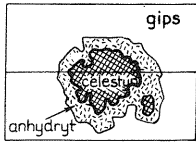


Fig. 1

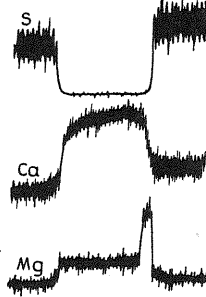
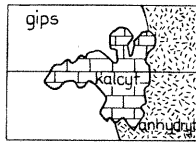


Fig. 2

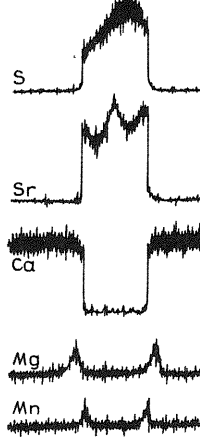
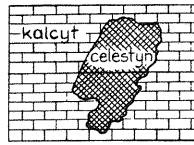


Fig. 3

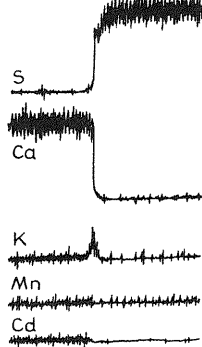
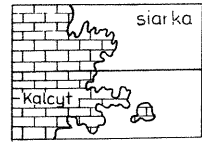


Fig. 4

Fig. 1. Ziarno celestynu w gipsie otoczone anhydrytem (gipsy selenitowe); rysunek obrazu elektronów elastycznie odbitych z linią profilową, wzdłuż której badano zawartość siarki, strontu, wapnia, magnezu, baru i bizmutu. Przewóz 139, głęb. 219,6 m; pow. 1000 ×

Celestite grain surrounded by anhydrite in gypsum (selenite gypsum); micrograph of elastically reflected electrons and profile line of measurements of contents of sulphur, strontium, calcium, magnesium, barium, and bismuth. Borehole Przewóz 139, depth 219.6 m; × 1000

Fig. 2. Ziarno węglanu na granicy gipsu z anhydrytem (gipsy selenitowe); rysunek obrazu elektronów elastycznie odbitych z linią profilową, wzdłuż której badano zawartości siarki, wapnia i magnezu. Przewóz 139, głęb. 219,6 m; pow. 390 ×

Carbonate grain at boundary of gypsum and anhydrite (selenite gypsum); micrograph of elastically reflected electrons and profile line of measurements of content of sulphur, calcium, and magnesium. Borehole Przewóz 139, depth 219.6 m; × 390

Fig. 3. Ziarno celestynu w kalcycie; rysunek obrazu elektronów elastycznie odbitych z linią profilową, wzdłuż której badano zawartość siarki, strontu, wapnia, magnezu i manganu. Buda Stolarska 166, głęb. 247,0–247,1 m; pow. 300 ×

Celestite grain in calcite; micrograph of elastically reflected electrons and profile line of measurements of contents of sulphur, strontium, calcium, magnesium, and manganese. Borehole Buda Stolarska 166, depth 247.0–247.1 m; × 300

Fig. 4. Kontakt wapienia z siarką; rysunek obrazu elektronów elastycznie odbitych z linią profilową, wzdłuż której badano zawartość siarki, wapnia, potasu, manganu i kadmu. Buda Stolarska 166, głęb. 235,1–235,2 m; pow. 300 ×

Contact of limestone and sulphur; micrograph of elastically reflected electrons and profile line of measurements of contents of sulphur, calcium, potassium, manganese, and cadmium. Borehole Buda Stolarska 166, depth 235.1–235.2 m; × 300

III, fig. 23–25), nieraz silnie zdefektowane (tabl. III, fig. 26). Rzadziej kalcyt wykształcony jest w skalenodrach, czasami natomiast dziedziczy kształty po gipsach i anhydrytach. Podobnie jak w skałach gipsowych, ze stopniem przekrysta-

lizowania minerałów zwiększa się kawernistość skały (tabl. III, fig. 22, 24; tabl. IV, fig. 29). W niektórych próbkach wapieni stwierdzono powierzchnie skorodowane (tabl. IV, fig. 30) lub delikatnie pokryte powłokami minerałów ilastych (tabl. IV, fig. 31, 32).

Głównym minerałem skał węglanowych jest kalcyt, który w obrazie elektronów elastycznie odbitych odznacza się wysokim reliefem w stosunku do gipsu. Punktowa analiza rentgenospektralna trzech różnych kalcytów wykazała drobne różnice w składzie chemicznym tego minerału (kalcytu z wapieni poselenitowych, kalcytu po gipsie wielkokrystalicznym i kalcytu z wapieni laminowanych). Okazało się, że kalcyt z wapieni laminowanych ma najmniej domieszek izomorficznych, natomiast dwie pozostałe próbki zawierają sporo izomorficznej domieszki magnezu, nieco powyżej 1% wag. Podobne ilości magnezu w granicach 0,34–0,74% wag. w kalcytych z Machowa oznaczył J. Parafiniuk (1982). Ponadto w próbkach tych stwierdzono śladowe ilości siarki, potasu, bizmutu, kobaltu, arsenu, antymonu i galu oraz manganu, baru i strontu. Trzy ostatnio wymienione pierwiastki zostały ilościowo oznaczone w kalcytych z Tarnobrzega przez J. Parafiniuka (1982) i ujawniły następujące zawartości: mangan 0,011–0,082, bar 0,00–0,04 i stront 0,04–0,66% wag. Między składem chemicznym wapieni i oznaczeniami rentgenospektralnymi kalcytów powstały pewne różnice. Spowodowane są one obecnością drobnych wrostków glinokrzemianów, siarczków i tlenków w wapieniach. W analizie rentgenospektralnej objawiły się one niewielką ilością glinu, krzemu, sodu, tytanu, cyrkonu, żelaza, cyny, cynku i chromu.

Kontakty węglanów ze skałą gipsową są wyraźne (fig. 2), zaznaczone przede wszystkim na rentgenospektralnym profilu siarki. Różnice w zawartości wapnia świadczą, że badane ziarno węglanu znajduje się na styku gipsu (strona lewa) z anhydrytem (strona prawa). Samo ziarno kalcytu jest niejednorodne, na kontakcie z anhydrytem zasobniejsze w izomorficzną domieszkę magnezu.

Aragonit jest znacznie rzadszy od kalcytu i najczęściej towarzyszy stroncjanitowi lub celestynowi. Z pierwszym może podstawiać się izomorficznie. Oprócz drobnych zawartości siarki i krzemu aragonit może zawierać ślady baru, bizmutu, glinu i chromu, natomiast nie udało się stwierdzić manganu, arsenu i antymonu. Niezbyt pospolitym węglanem jest dolomit, sporadycznie wspominany w opracowaniach dotyczących złóż siarki rodzimej obszaru tarnobrzeskiego. Zbadanie mineralogiczne tego składnika może okazać się celowe, bowiem przypuszczalnie ma ono istotne znaczenie dla wyjaśnienia stopnia skryształizowania minerałów pod wpływem działania lub obecności magnezu. Na przykład w próbkach skały gipsowej z Suchej Łąki 160 zauważono, że dolomit gromadzi się na styku skupień drobnoziarnistego gipsu z dużymi kryształami gipsu włóknistego.

Minerały strontowe w węglanach są pospolitsze niż w skałach gipsowych. Występują w postaci dużych, samodzielnych ziarn lub kryształów, tworzą fazy rozproszone w węglanach lub też są spoiwem brekcji węglanowych. W grupie minerałów strontowych zidentyfikowano celestyn pierwotny (opisany poprzednio przy skałach gipsowych), celestyn późny, stroncjanit i przypuszczalnie barytocelestyn, najprawdopodobniej spokrewniony z celestynem późnym, który zawiera sporą ilość baru, niewiele wapnia i odznacza się brakiem innych pierwiastków śladowych. W skład celestynu późnego oprócz znacznej domieszki baru wchodzi śladowe ilości żelaza, manganu, bizmutu, sodu, chromu, tytanu oraz wanadu. Na profilu rentgenospektralnym poprowadzonym przez celestyn występujący w węglanach (fig. 3) obserwuje się charakterystyczny wzrost ilości magnezu, który skupia się w partiach kontaktowych kalcytu, czyli inaczej niż w celestynie pierwotnym ze skał gipsowych

(fig. 1), gdzie skoncentrował się na kontakcie z anhydrytem. W zewnętrznej części celestynu późnego gromadzi się natomiast niewielka ilość manganu. Celestynowi poświęcono w przeszłości wiele uwagi. Był on przedmiotem badań mineralogicznych A. Łaszkiwicza (1957) oraz W. Kowalskiego i in. (1980). Tak znacznego zainteresowania nie wzbudził stroncjanit, który obserwowano w charakterystycznym igiełkowym pokroju. Według W. Kowalskiego i in. (1980) oprócz sporej domieszki wapnia w granicach 3,4–4,2% wag. zawiera on niewielkie ilości siarki i krzemu oraz ślady baru, bizmutu, glinu i chromu.

Baryt towarzyszący skałom węglanowym ma na ogół postać nieprawidłowo wykształconych ziarn, rzadziej natomiast jest spoiwem brekcji wapieni. Obie odmiany barytu są ubogie w domieszki pierwiastków obcych. Rzadko stwierdza się niewielkie ilości magnezu i strontu, sporadycznie zaś ślady manganu, żelaza, ołowiu, kobaltu i cyrkonu.

Przedmiotem szczególnego zainteresowania mineralogów jest rzadsza, ale doskonale wykształcona morfologicznie siarka krystaliczna (A. Łaszkiwicz, 1957). Mniej natomiast zajmowano się siarką pylastą, która jest pozbawiona własnych postaci krystalicznych (J. Czermiński, 1960). Ta druga odmiana siarki okazała się jednak bardzo istotna przy rozpatrywaniu zagadnień genetycznych złoża. Jak wykazały duże powiększenia mikroskopu elektronowego, siarka pylasta, raczej granulkowa, może być zlepem pobakteryjnym (tabl. V, fig. 33–36) lub bezpośrednim nagromadzeniem form bakteryjnych (tabl. VI, fig. 39, 40). Powierzchnie zbitej siarki pylastej są rzadko pokryte substancją ilastą (tabl. V, fig. 37) oraz kalcytowym pyłem krystalicznym (tabl. V, fig. 38). Wykorzystując rozległy kontakt skały węglanowej z siarką (fig. 4), wykonano szereg równoległych profili rentgenospektralnych. Okazało się, że siarka jest uboga w domieszki mineralne i zawiera tylko ślady boru, potasu, manganu, bizmutu, arsenu i tytanu. Nie stwierdzono natomiast strontu, baru, antymonu, kadmu i sodu. Cechą tego profilu jest występowanie cienkiej powłoki minerałów ilastych na granicy wapienia i siarki. Obecność minerałów ilastych uzewnętrznia się wyraźnym zwiększeniem ilości potasu i sodu, a ponadto krzemu i glinu.

PROBLEM UDZIAŁU ORGANIZMÓW ŻYWYCH W TWORZENIU ZŁÓŻ SIARKI

Na udział organizmów żywych w powstawaniu złóż siarki rodzimej obszaru tarnobrzeskiego wskazywali już: J. Czermiński (1960, 1968), J. Czermiński, T. Osmólski (1974), T. Osmólski (1973), S. Pawłowski (1960, 1968), S. Pawłowski i in. (1979) i wielu innych. Mimo nagromadzenia wielu dowodów naukowych, problem ten nie jest jednakowo rozumiany. W nieco inny sposób wyjaśnia się bowiem rolę źródła bituminów, pochodzenie i skład wody, w której zachodziły procesy metasomatozy gipsów, czas skrasowania utworów lub też rodzaj i rolę bakterii. Zamierzeniem moim nie jest zajmowanie stanowiska w tych złożonych i niezupełnie jeszcze wyjaśnionych sprawach popieranym licznymi i ważkimi argumentami, lecz ujawnienie szeregu faktów, które mogą okazać się przydatne w rozwiązywaniu genezy siarki.

W procesie tworzenia złóż siarki rodzimej w okolicy Tarnobrzega niewątpliwy wydaje się udział organizmów żywych. Przemawiają za tym następujące fakty:

1. W próbkach wód siarkowodorowych pobranych z Podkarpacia stwierdzono bakterie *Desulfovibrio desulfuricans* (Beij.) Baars, które następnie hodowano i za pomocą których przeprowadzono eksperymentalną redukcję gipsu do siarki (F.

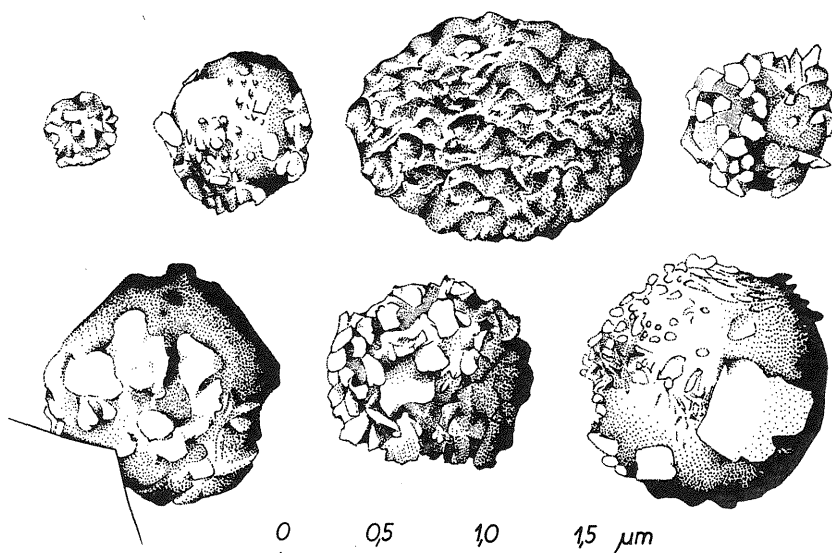


Fig. 5. Odkształcone formy po bakterjach, przypuszczalnie redukujących, pokryte kalcytem i minerałami ilastymi

Deformed post-bacterial forms (possibly after reducing bacteria), covered with calcite and clay minerals

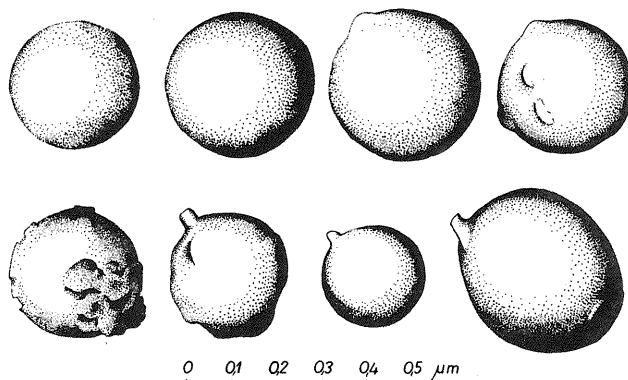


Fig. 6. Nieodkształcone formy po bakterjach, prawdopodobnie utleniających; bakterie mają wyrostki cytoplazmatyczne lub guzki; jedna bakteria jest częściowo otulona pyłem kalcytowym

Undeformed post-bacterial forms (possibly after oxidizing bacteria), with appendix or knobs; one form partly coated with calcitic dust

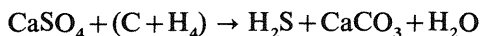
Domka. J. Gąsiorek, 1975). Poza wymienionymi autorami podobne badania przeprowadził M. Pawlikowski (1982). Ten ostatni wyseparował bakterie redukujące siarczany i utleniające metan. Pierwsze wykazują wrzecionowate kształty i długość mniejszą od 1,5 μm , o drugich natomiast bliższych informacji nie podano.

2. Badania izotopowe zmetasomatyзовanych skał z obszaru tarnobrzeskiego ujawniły silnie ujemne wartości delta, charakterystyczne dla rop i bituminów, a nawet lekkiego gazu ziemnego. Szczególne wzbogacenie węglanów pogipsowych w izotop lekki ($\delta^{13}\text{C}$ poniżej -40‰) wskazuje na epigenetyczny cykl rozwoju

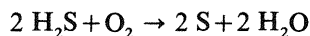
zachodzący w warunkach utleniania węglowodorów gazowych przez mikroorganizmy (S. Hałas, 1982; S. Hałas, A. Kurpiewski, 1982).

3. Pobakteryjne struktury siarkowe opisane przez J. Czermińskiego (1960, 1968) w próbkach wapieni pogipsowych z obszaru złóż tarnobrzeskich siarki, w których upatrywano działania kolonii bakterii z rodzaju *Chnomatium* i nici *Beggiatoa*.

Współczesna literatura światowa wskazuje na zasadność przypisywania bakteriom *Desulfovibrio desulfuricans* (Beij.) Baars roli redukowania gipsu do siarkowodoru w obecności ropy naftowej lub gazu ziemnego (J.B. Davis, D.W. Kirkland, 1979). Reakcja ta może przebiegać następująco:



Brak jest natomiast zgodności co do dalszej roli bakterii w procesach utleniania siarkowodoru. Przyjmuje się, że proces może się rozwijać przy współdziałaniu bakterii *Thiobacillus thiooxygenans* lub *Thiobacillus thiooxidans*, albo też na drodze chemicznej bez udziału bakterii:



W rozważaniach takich istotne znaczenie może mieć stwierdzenie bakterii utleniających siarkowodór do siarki, występujących w ściekach miejskich. W grupie tych bakterii wyróżnia się formy jednokomórkowe i nitkowate, pełzającą *Beggiatoa alba* oraz promieniste kolonie przytwierdzone do podłoża *Thiotrix nivea*, odkładającą kuleczki siarki w plazmie komórkowej.

Przedstawione informacje są szczególnie istotne, jeśli się zważy, że w jednej skale (M. Pawlikowski, 1982) w procesie tworzenia siarki mogły współdziałać bakterie o różnej specjalizacji: starsze – redukujące i młodsze – utleniające. Oznaczenie rodzaju bakterii w postaci skamieniałości nie jest możliwe i na redukujące i utleniające można je podzielić tylko umownie, na podstawie stanu zachowania i ustalenia porządku chronologicznego starsze – młodsze. W próbkach wapieni pogipsowych z obszaru tarnobrzeskich wydzielono umownie szczątki bakterii starszych i młodszych, które mogą przypuszczalnie odpowiadać bakteriom redukującym i utleniającym.

Bakterie starsze (redukujące) stwierdzono bezpośrednio na płaszczyznach przełamania wapieni pogipsowych lub w niewielkich kawernach. Na płaszczyznach przełamania siarki szczątki bakteryjne występują znacznie rzadziej. Są to formy na ogół duże, nieregularne, silnie odkształcone mechanicznie, obrósłe krystalicznym pyłem kalcytu i minerałami ilastymi. Średnica ich mieści się w granicach 1,2–0,8 μm, dochodząc do 1,5 μm. Formy mniejsze są nieliczne (fig. 5). Wiele spośród szczątków bakterii reprezentuje formy ruinowe, prawie doszczętnie roztrawione lub też zniszczone przez inne organizmy (tabl. VI, fig. 41–44). Przekroje przez szczątki bakteryjne wskazują na niejednorodną budowę wewnętrzną, powłokową, wypełnioną zróżnicowanym tworzywem mineralnym (tabl. VII, fig. 45, 46). Profile rentgenostrukturalne przeprowadzone przez przekroje takich bakterii wykazały, że środek składa się z siarki, obwódka zewnętrzna z kalcytu, natomiast pośredni pierścień z gipsu. W zewnętrznej części skorupki kalcytowej poza wapieniem i siarką stwierdzono niewielkie ilości magnezu.

Bakterie młodsze (utleniające) są częściej spotykane i znacznie lepiej zachowane, bardzo słabo odkształcone i tylko sporadycznie pokryte krystalicznym pyłem kalcytowym. Są one kuliste i osiągają średnicę do 0,4 μm. Zwykle są nieco mniejsze i średnice ich wahają się w granicach 0,2–0,3 μm (fig. 6). Cechą bakterii młodszych

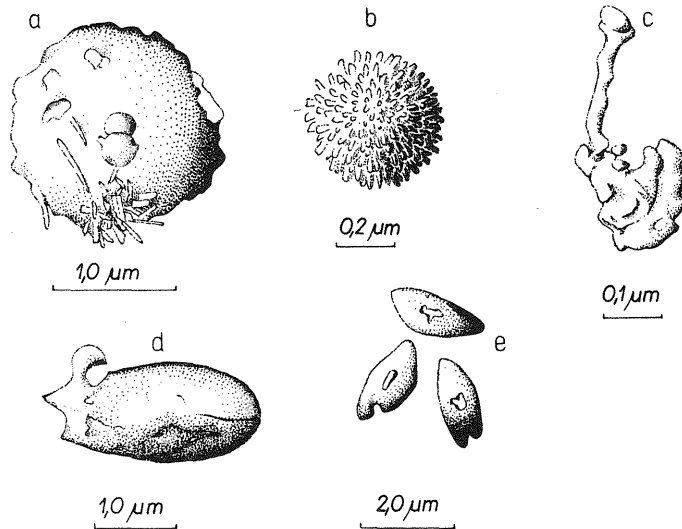


Fig. 7. Szczątki form życia organicznego
Relics of organic forms

a – odkształcony szczątek bakterii redukującej, pokryty krystalicznym pyłem kalcytu i minerałów ilastych, na którego powierzchni jest widoczna dwoinka bakterii utleniającej (R-20, głęb. 291,7 m); b – szczątek po bakterii kolczastej z wielką ilością wypustek (Kotowa Wola, głęb. 170,3 m); c – kielkujące przetrwalniki bakterii (Sucha Łąka 160, głęb. 285,3 m); d – przetrwalnik glonu (Międzywodzie 119, głęb. 266,3 m); e – formy przetrwalnikowe grzybni (Międzywodzie 119, głęb. 248,3 m)

a – deformed relics of reducing bacteria, covered with crystalline calcitic dust and clay minerals; note oxidating diplococcus at the surface (borehole R-20, depth 291.7 m); b – relics of spiny bacteria with very numerous projections (borehole Kotowa Wola, depth 170.3 m); c – germinating bacterial cysts (borehole Sucha Łąka 160, depth 285.3 m); d – algal cyst (borehole Międzywodzie 119, depth 266.3 m); e – forms of mycelium cysts (borehole Międzywodzie 119, depth 248.3 m)

jest obecność mostków cytoplazmatycznych, w postaci pojedynczych walcowatych wyrostków. Wypustki pączkowate mogą być natomiast rezultatem pączkowania bakterii w warunkach nie sprzyjających rozmnażaniu.

Prawie wszystkie opisywane dotychczas bakterie są ziarniakami (*coccus*), natomiast bakteria pokazana na fig. 7a może być dwoinką (*diplococcus*), zauważoną na powierzchni bakterii redukującej. Odosobnionym przykładem jest bakteria z wielką liczbą wypustek (fig. 7b). Znacznie rzadsze są utleniające bakterie pakietowe, złożone z kilku osobników *saracinea* (tabl. VII, fig. 47, 48). Sporadycznie spotyka się formy, które mogą być kielkującymi przetrwalnikami (fig. 7c), natomiast same przetrwalniki są przypuszczalnie dość pospolite i mogą się pojawiać obficie na powierzchniach przełamów skały. Przekroje przez bakterie utleniające obserwuje się nadzwyczaj rzadko. Jeden z nich pokazano na fig. 8, a profilowa analiza rentgenospektralna poprowadzona przez ten przekrój ujawniła, że szczątek jest prawie jednorodny, złożony z węglanu wapnia, a tylko w strefach zewnętrznych wzbogacony w magnez podstawiający wapń.

Obserwacja powierzchni siarki pylastej może wskazywać, że powstała ona w wyniku koncentrowania się drobnych granulek siarki w plazmie komórkowej, które po obumarciu organizmów sklejały się i tworzyły złożę siarki. Przy małych powiększeniach mikroskopu elektronowego (tabl. V, fig. 33–35) granulki siarkowe nie są widoczne, natomiast wyraźnie uzewnętrzniają się dopiero w powiększeniach większych od 3000 \times . Na tabl. V pokazano bezładne skupienia granulek siarki o średnicach 0,025 μm (fig. 36) oraz 0,16 μm (fig. 38), na ogół o bardzo równomier-

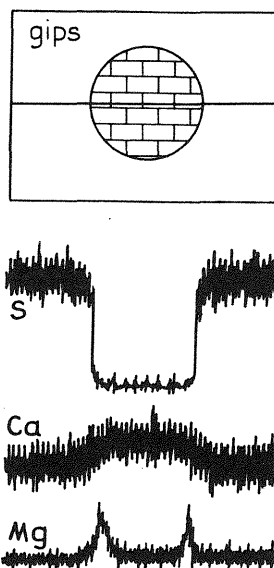


Fig. 8. Przekrój przez bakterię, przypuszczalnie utleniającą; rysunek elektronów elastycznie odbitych wraz z linią profilową, wzdłuż której badano zawartości siarki, wapnia i magnezu

Cross-section of possibly oxidizing bacteria; micrograph of elastically reflected electrons and profile line of measurements of contents of sulphur, calcium and manganese

nych średnicach. Zupełnie inaczej wyglądają granulki siarki pokrywające szczątki glonów. Powierzchnie tych utworów pokryte są nitkami obumarłych paciorkowców (*streptococcus*), które składały się z paciorkowato ułożonych granulek siarki obleczonej plazmą komórkową. Średnice granulek siarkowych w tworach nitkowatych nie osiągają $0,02 \mu\text{m}$, a bakterie, które je produkowały, mogą być podobne do rodzaju *Beggiatoa alba* lub *Thiotrix nivea*.

Formy glonowe w mikroskopie elektronowym nie były zbyt często obserwowane, a jeśli tak, to tylko we fragmentach, co się wiąże z ich dużymi kształtami. Przykładem małej formy takiego organizmu jest glon przedstawiony na tabl. VII, fig. 49, forma przetrwalnikowa glonu (fig. 7d), a pośrednio ślady żerowania (tabl. VI, fig. 40). Obok glonów w skale stwierdzono ślady grzybów zaznaczone obecnością strzępeków grzybni (tabl. VII, fig. 50) oraz form przetrwalnikowych (fig. 7e).

WNIOSKI

Badania rentgenospektralne w mikroobszarze umożliwiły prześledzenie rozkładu pierwiastków w minerałach ze złoża siarki rodzimej. Okazało się, że niektóre pierwiastki spełniają istotną rolę w przeobrażeniach metasomatycznych, np. mangan i magnez, których mechanizm koncentrowania się nie został wyjaśniony. W związku z gromadzeniem się tych pierwiastków w strefach kontaktowych wielu minerałów można im przypisać ważną rolę w procesach wymiany metasomatycznej, zwłaszcza na styku celestynu z gipsem i kalcytem oraz bakterii utleniających z otoczeniem.

W wapieniach pogipsowych i siarce stwierdzono szczątki bakterii, przypuszczalnie o różnej specjalności: większych zdeformowanych, nieraz o formach ruinowych, które mogły być organizmami redukującymi, i mniejszych, znacznie lepiej

zachowanych, spełniających prawdopodobnie rolę organizmów utleniających siarkowodór. Bakterie redukujące i utleniające mogą przypuszczalnie wpływać na cały złożony proces tworzenia się złóż siarki rodzimej.

Instytut Geologiczny
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 20 marca 1986 r.

PIŚMIENNICTWO

- CZERMIŃSKI J. (1960) – Struktury mikroorganogeniczne siarki rodzimej w tortonie. *Kwart. Geol.*, **4**, p. 531–538, nr 2.
- CZERMIŃSKI J. (1968) – Epigenetic processes within Tortonian sulphur-bearing series. Report of the Twenty-third Session Czechoslovakia 1968. *Proc. Sec.*, **8**, p. 121–127. Prague.
- CZERMIŃSKI J., OSMÓLSKI T. (1974) – Stosunki izotopowe siarki i węgla w rudzie siarki i utworach towarzyszących a geneza złóż siarki w Polsce. *Kwart. Geol.*, **18**, p. 334–357, nr 2.
- DAVIS J.B., KIRKLAND D.W. (1979) – Bioepigenetic sulfur deposits. *Econ. Geol.*, **74**, p. 462–468, nr 2.
- DOMKA F., GAŚIOREK J. (1975) – Rola mikroorganizmów w procesie powstawania złóż siarki okolic Podkarpacia. *Prz. Geol.*, **23**, p. 61–65, nr 2.
- HAŁAS S. (1982) – Badania izotopowe siarczanów, węglanów oraz wody krystalizacyjnej gipsów w utworach miocenu Podkarpacia. *Prz. Geol.*, **30**, p. 73–77, nr 2.
- HAŁAS S., KURPIEWSKI A. (1982) – Skład izotopowy tlenu i siarki w siarczanach rudy siarkowej ze złóż tarnobrzeskich. *Prz. Geol.*, **30**, p. 69–73, nr 2.
- KOWALSKI W., OSMÓLSKI T., PILICHOWSKA E. (1980) – Stroncjanit ze złóż siarki kopalni Machów. *Arch. Miner.*, **36**, p. 29–43, z. 2.
- ŁASZKIEWICZ A. (1957) – Siarka i celestyn z Tarnobrzega i Szydłowca. *Arch. Miner.*, **20**, p. 95–119, z. 1–2.
- OSMÓLSKI T. (1973) – Problemy genezy i wieku koncentracji siarki. *Kwart. Geol.*, **17**, p. 310–325, nr 2.
- PARAFINIUK J. (1982) – Kalcyt ze złoża siarki rodzimej Machów koło Tarnobrzega. *Arch. Miner.*, **38**, p. 95–103, z. 1.
- PAWLIKOWSKI M. (1982) – Studium mineralogiczno-petrograficzne produktów przeobrażeń gipsów miocenijskich w złożu siarki Wydrza. *Pr. Miner. Komis. Nauk Miner. PAN Krak.*, **72**.
- PAWŁOWSKI S. (1960) – Problemy siarki rodzimej. W: Czterdzieści lat Instytutu Geologicznego, 1919–1959. *Pr. Inst. Geol.*, **30**, cz. 1, p. 311–316.
- PAWŁOWSKI S. (1968) – Geology of sulfur deposits in Poland. Report of the Twenty-third Session, Czechoslovakia 1968. *Proc. Sec.*, **8**, p. 249–267. Prague.
- PAWŁOWSKI S., PAWŁOWSKA K., KUBICA B. (1979) – Geology and genesis of the Polish sulphur deposits. *Econ. Geol.*, **74**, p. 475–483, nr 2.

Вацлав РЫКА

**ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ТАРНОБЖЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
САМОРОДНОЙ СЕРЫ
В СВЕТЕ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Резюме

Изучение минералов Тарнобжегского месторождения самородной серы принесло новые данные о морфологии карбонатов, сульфатов и серы, химическом составе и распределении таких элементов как Mg, Mn, Bi, Cd и K. Оказалось, что магний и марганец играл важную роль в метасоматических преобразованиях. Их концентрация на границе кальцита с целестином или ангидритом и целестина с ангидритом может свидетельствовать о влиянии, какое на метасоматические процессы оказывает органическая жизнь. Магний и марганец враждебны друг другу и концентрируются на противоположенных границах зерен; магний по большей части в вытесняемом минерале, а марганец — в вытесняющем.

В гипсовых известняках и самородной сере отмечено присутствие остатков бактерий, по всей вероятности различного характера. Их можно разделить на старшие и младшие, а условно соответственно: на восстанавливающие сульфаты до сероводорода и окисляющие сероводород до серы. Старшие бактерии достигают 1,5 μm (обычно 1,2—0,8 μm), они сильно механически деформированы, обросли кальцитово пылью и глинистыми минералами. Младшие бактерии встречаются чаще, обычно они шарообразные, диаметром до 0,4 μm (чаще 0,3—0,2 μm). Их характеризуют хорошо сохранившиеся цитоплазматические мостики.

Чрезвычайно редки случаи прохождения разреза через остатки бактерий. На таких разрезах видны тонкие кальцитовые раковины, внешние части которых слегка обогащены магнием, сердцевинки же заполнены серой. Чаще всего, однако, продуктами деятельности бактерий являются только гранулы серы.

Мелкие скопления гранулярной серы часто бывают покрыты остатками водорослей или иных органических продуктов. Они беспорядочно рассеяны, но иногда гранулы пыльной серы диаметром 0,025—0,15 μm имеют бисерное расположение и могут служить свидетельством первоначального накопления серы в клеточной плазме нитеобразных окисляющих бактерий, например, *Beggiatoa alba* или *Thiotrix nivea*.

Wacław RYKA

**THE QUESTION OF ORIGIN OF THE TARNOBRZEG NATIVE SULFUR DEPOSIT
IN THE LIGHT OF PETROGRAPHIC STUDIES**

Summary

The studies on minerals from the Tarnobrzeg native sulfur deposit gave new data on morphology of carbonates, sulfates and sulfur, and chemical composition, especially distribution of such elements as Mg, Mn, Bi, Cd, and K. The role of magnesium and manganese in metasomatic transformations was found to be significant. These elements are concentrated at boundaries of calcite and celestine or anhydrite

and celestine and anhydrite which may evidence influence of organic life on metasomatic transformations. The behaviour of magnesium and manganese is antagonistic and the elements concentrate at opposite sides of a grain: the former usually in superseded mineral, and the latter in the superseding one.

Relics of bacteria were found in post-gypsum limestones and native sulfur. The bacteria possibly differed in specialization. They may be divided into older and younger and, arbitrarily, those reducing sulfides to H_2S and the others, oxidating H_2S to sulfur. The older bacteria are up to $1.5 \mu m$ in size (usually $1.2 - 0.8 \mu m$ in size), strongly mechanically deformed and overgrown with calcite dust and clay minerals. The younger bacteria, more common than the older, are usually spherical, up to $0.4 \mu m$ in size (usually $0.3 - 0.2 \mu m$ in size), and characterized by well preserved cytoplasmatic bridges.

Cross-sections of remains of bacteria are extremely scarce. They usually display calcitic tests with outer part somewhat enriched in magnesium and the inner infilled with sulfur. The post-bacterial forms are most often represented by sulfur granules only.

Fine granular concentrations of sulfur often cover remains of algae and other organic forms. The arrangement of these forms is random. Therefore, attention should be paid to some occurrences of string-like arranged dusty sulfur granules $0.025 - 0.15 \mu m$ in size. The latter may evidence original concentration of sulfur in cell plasma of thread-like oxidating bacteria such as *Beggiatoa alba* or *Thiotrix nivea*.

TABLICA I

Fig. 9. Skała gipsowa całkowicie skryształizowana, zbudowana z kryształów gipsu o słabo zaznaczonej własnopostaciowości. R-20, głęb. 291,7 m; pow. $300 \times$

HolocrySTALLINE gyprock built of poorly authomorphic crystals of gypsum. Borehole R-20, depth 291.7 m; $\times 300$

Fig. 10. Skała gipsowa dobrze skryształizowana, złożona z gipsu o budowie włóknistej (szpat satynowany). Sucha Łąka 160, głęb. 250,0 m; pow. $220 \times$

Well-crystalline rock built of fibrous gypsum (satin spar). Borehole Sucha Łąka 160, depth 250.0 m; $\times 220$

Fig. 11. Skała gipsowa z dobrze widocznymi ziarnami gipsu włóknistego. Przewóz 139, głęb. 225,8 m; pow. $200 \times$

Gyprock with well visible grains of fibrous gypsum. Borehole Przewóz 139, depth 225.8 m; $\times 200$

Fig. 12. Skała gipsowa całkowicie skryształizowana, złożona z kryształów amorficznych. Kotowa Wola, głęb. 170,3 m; pow. $320 \times$

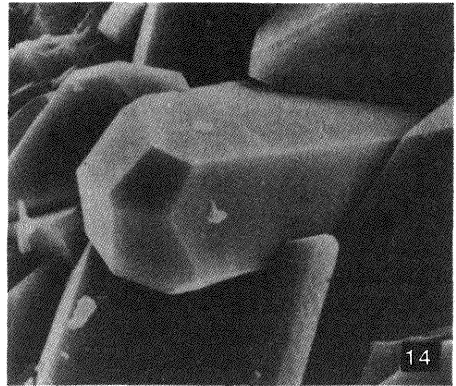
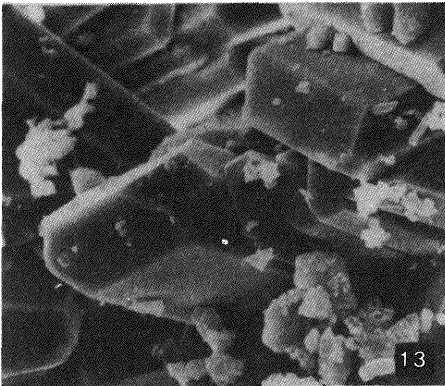
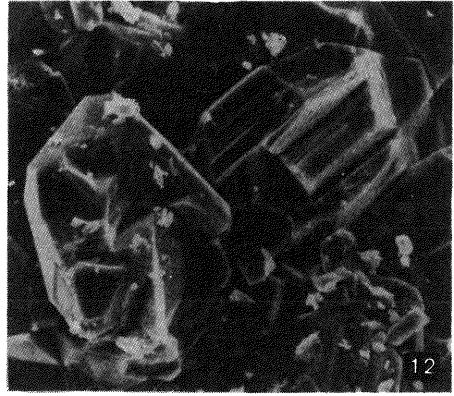
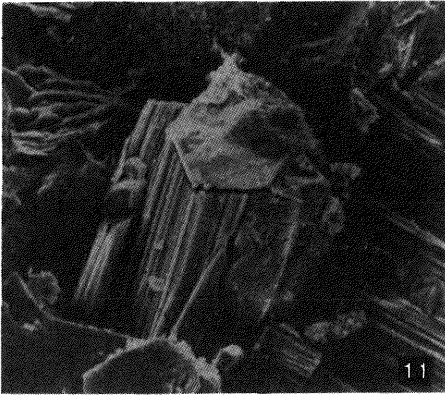
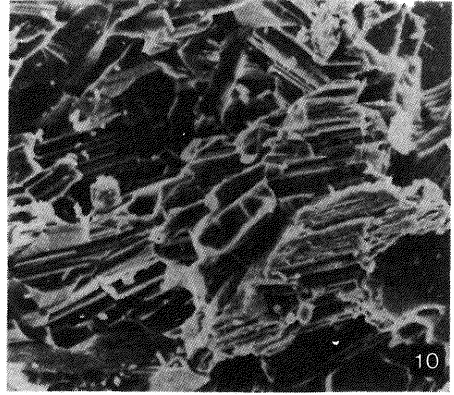
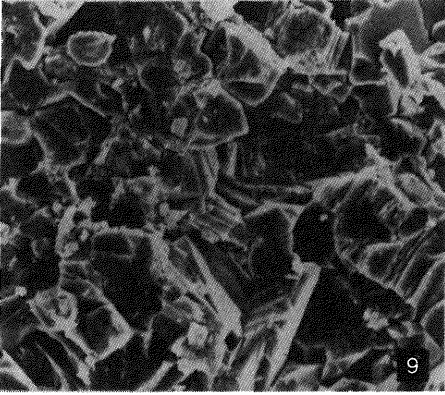
Completely crystalline gyprock built of authomorphic crystals. Borehole Kotowa Wola, depth 170.3 m; $\times 320$

Fig. 13. Skała gipsowa (kontakt wapieni z dehydrytami) złożona z automorficznych kryształów, na powierzchni których występują rozetkowe kryształy pyłu kalcytowego. Grochowiaki 117, głęb. 201,5 m; pow. $2600 \times$

Gyprock (contact of limestones and "dehydrates"), built of authomorphic crystals with rosette calcite dust crystals at the surface. Borehole Grochowiaki 117, depth 201.5 m; $\times 2600$

Fig. 14. Skała gipsowa j.w.; pow. $2600 \times$

Gyprock as above; $\times 2600$



Wacław RYKA – Problem powstania tarnobrzeskiego złoża siarki rodzimej w świetle badań petrograficznych

TABLICA II

Fig. 15. Skała gipsowa równoziarnista, zbudowana z ziarn obcokształtnych. Przewóz 139, głęb. 225,8 m; pow. 240 ×

Equigranular gyprock built of xenomorphic grains. Borehole Przewóz 139, depth 225.8 m; ×240

Fig. 16. Fragment skały gipsowej j.w.; pow. 2000 ×

Fragment of gyprock as above; ×2000

Fig. 17. Skała gipsowa zbudowana z ziarn drobnokrystalicznych; w wyniku przekryształizowania gipsu w miejscach zwiększenia automorfizmu tworzą się kawerny. Kotowa Wola, głęb. 170,3 m; pow. 180 ×

Gyprock built of fine-crystalline grains; note caverns formed in the course of recrystallization of gypsum in more authomorphic parts of crystalline mass. Borehole Kotowa Wola, depth 170.3 m; ×180

Fig. 18. Skała gipsowa (alabastry nad gipsem wielokrystalicznym) zbudowana z automorficznych kryształów gipsu. Kotowa Wola, głęb. 170,3 m; pow. 360 ×

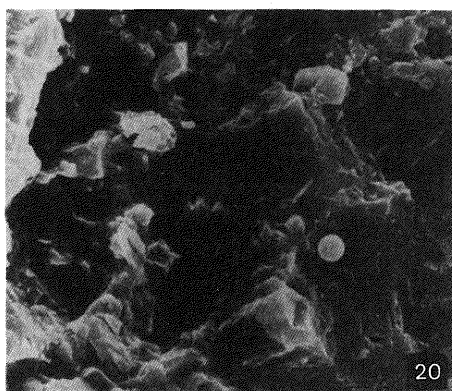
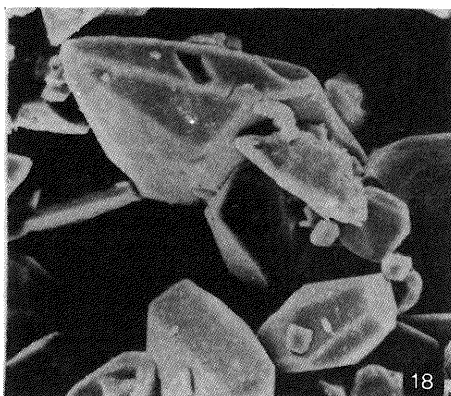
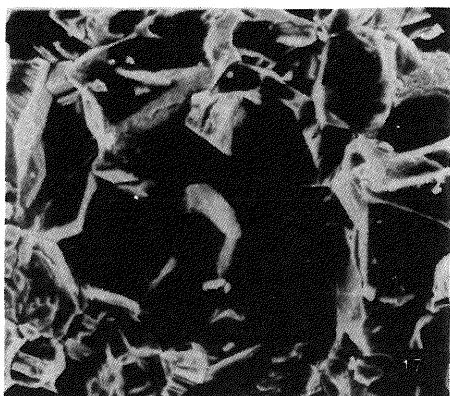
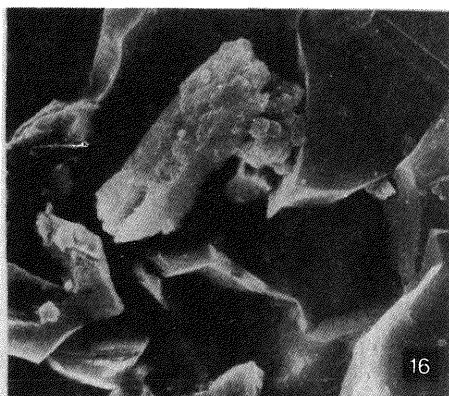
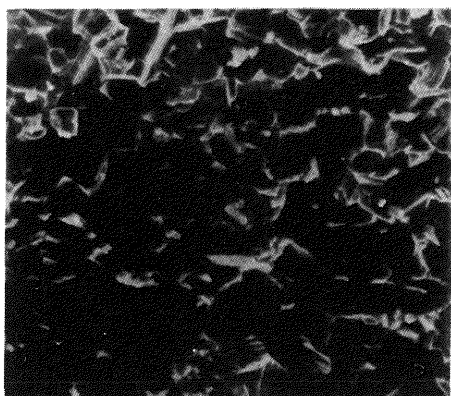
Gyprock (alabasters above giants), built of authomorphic crystals of gypsum. Kotowa Wola, depth 170.3 m; ×360

Fig. 19. Buławowy kryształ gipsu. Przewóz 139, głęb. 225,8 m; pow. 7200 ×

Club-like gypsum crystal. Borehole Przewóz 139, depth 225.8 m; ×7200

Fig. 20. Płonny wapień poselenitowy, słabo skryształizowany. Okrągła biała plamka jest szczątkiem bakterii (ziarniaka). Buda Stolarska 167, głęb. 268,6 m; pow. 3000 ×

Poorly crystalline barren post-selenite limestone. White spot-relics of bacteria (coccus). Borehole Buda Stolarska 167, depth 268.6 m; ×3000



TABLICA III

Fig. 21. Wapień (warstwowany) różnoziarnisty złożony z ziarn o słabo rozwiniętym automorfizmie. Buda Stolarska 166, głęb. 235,1–235,2 m; pow. 780 ×

Nonequigranular limestone (stratified) built of poorly authomorphic grains. Borehole Buda Stolarska 166, depth 235.1–235.2 m; × 780

Fig. 22. Fragment skały j.w.; widoczna mała kawerna, szczątek bakterii (ziarniaka) i pył kalcytowy; pow. 5400 ×

Fragment of rock as above; note small cavern, relics of bacteria (coccus) and calcitic dust; × 5400

Fig. 23. Wapień dobrze wykrystalizowany, złożony z kalcytu romboedrycznego. Buda Stolarska 167, głęb. 232,0–232,1 m; pow. 150 ×

Well-crystalline limestone built of rhombohedral calcite. Borehole Buda Stolarska 167, depth 232.0–232.1 m; × 150

Fig. 24. Fragment skały opisanej wyżej; widoczne defekty romboedrów kalcytowych i szczątek glonu; pow. 480 ×

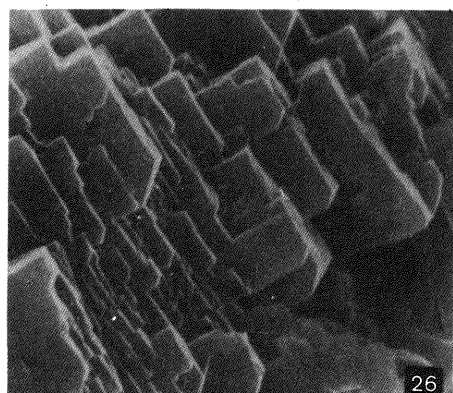
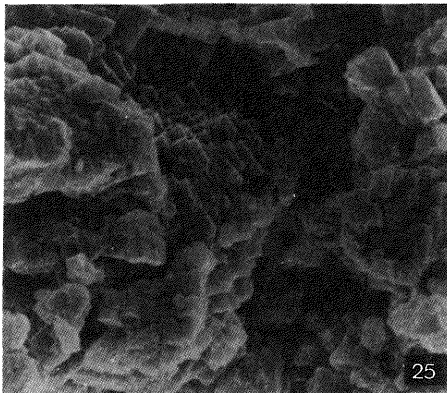
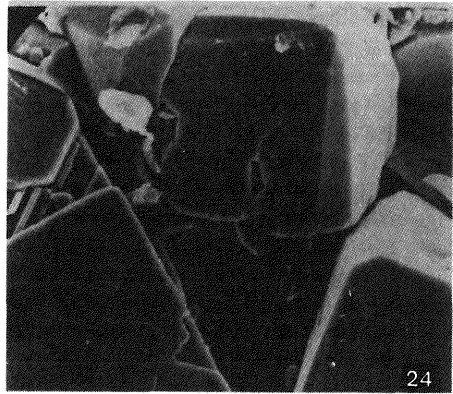
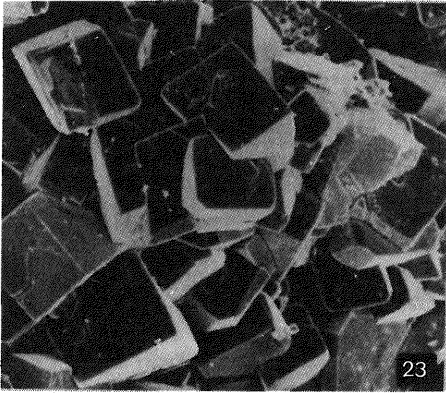
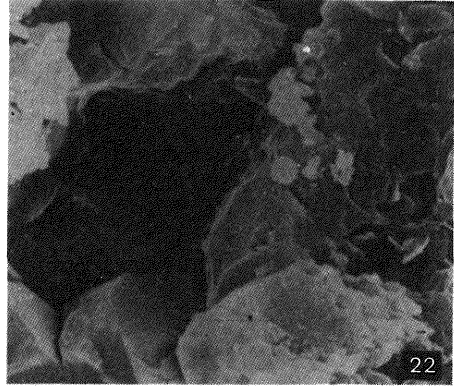
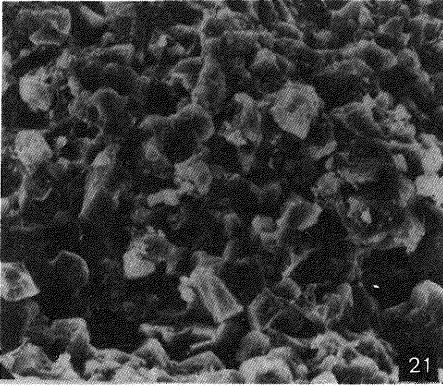
Fragment of rock as above; note calcite rhombohedrons with defects, and relics of alga; × 480

Fig. 25. Wapień (poziom stromatolitowy) bardzo drobnokrystaliczny, całkowicie skryształizowany. Buda Stolarska 167, głęb. 272,9 m; pow. 1300 ×

Very finely but completely crystalline limestone (stromatolitic horizon). Borehole Buda Stolarska 167, depth 272.9 m; × 1300

Fig. 26. Fragment skały wyżej opisanej; widoczne liczne defekty romboedrycznego kalcytu; pow. 6600 ×

Fragment of rock from Fig. 25; note numerous defects in calcite rhombohedrons; × 6600



TABLICA IV

Fig. 27. Wapień (po gipsie wielokryształicznym). Skała nierównoziarnista, słabo skryształizowana, kawernista. Buda Stolarska 166, głęb. 247,0–247,1 m; pow. 200 ×

Limestone after very coarsely crystalline gypsum. Nonequigranular, poorly crystalline, cavernous rock. Borehole Buda Stolarska 166, depth 247.0–247.1 m; × 200

Fig. 28. Fragment skały wyżej opisanej; pow. 860 ×

Fragment of rock from Fig. 27; × 860

Fig. 29. Wapień (po gipsie wielokryształicznym). W wyniku przekryształizowania kalcytu utworzyła się kawerna. Buda Stolarska 166, głęb. 247,0–247,1 m; pow. 120 ×

Limestone after coarsely crystalline gypsum, with cavern formed in result of recrystallization. Borehole Buda Stolarska 166, depth 247.0–247.1 m; × 120

Fig. 30. Wapień skorodowany. Międzywodzie 119, głęb. 248,3 m; pow. 3600 ×

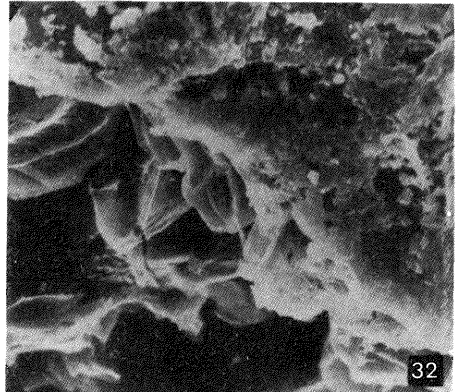
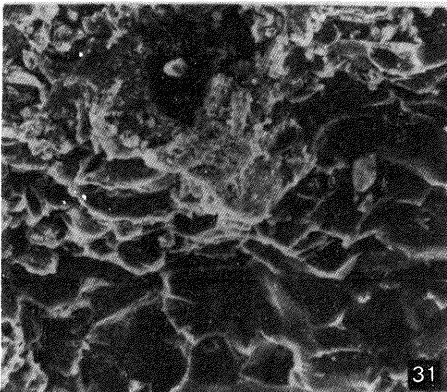
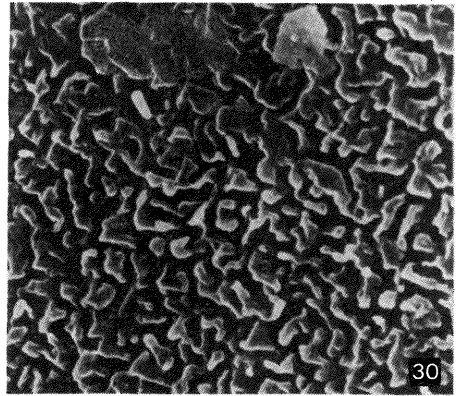
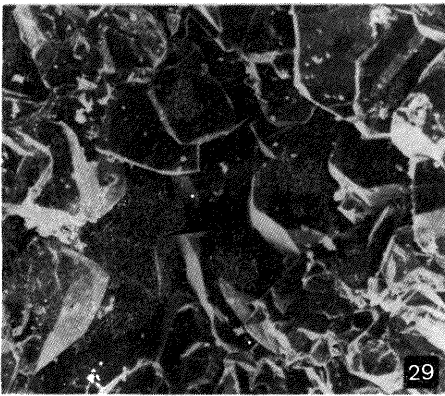
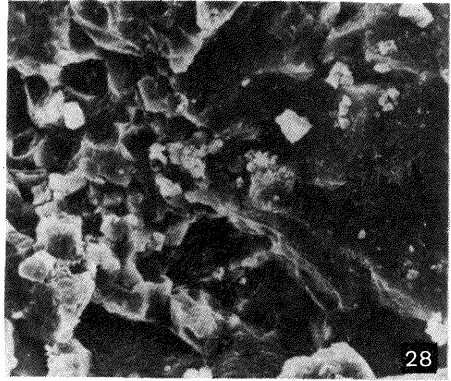
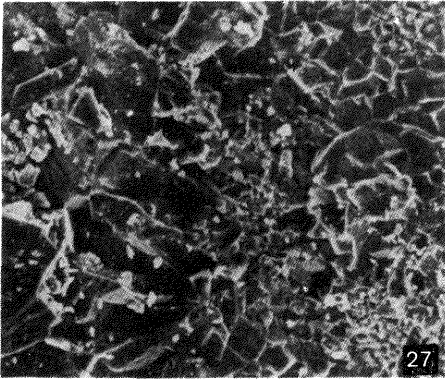
Corroded limestone. Borehole Międzywodzie 119, depth 248.3 m; × 3600

Fig. 31. Droбноziarnisty wapień (lewa strona) kontaktujący z siarką (prawa strona). Powierzchnia siarki falista i ciemniejsza, natomiast powierzchnia wapienia kawernista i jaśniejsza. Międzywodzie 119, głęb. 266,3 m; pow. 240 ×

Contact of fine-grained limestone (in the left) and sulfur (in the right); surface of sulfur wavy and dark, and that of limestone – cavernous and lighter-coloured. Borehole Międzywodzie 119, depth 266.3 m; × 240

Fig. 32. Szczegół poprzedniego obrazu. Na powierzchni wapienia widoczne powłoki minerałów ilastych i liczne drobne szczątki bakteryjne (ziarniaki i dwoinki); pow. 1200 ×

A detail of Fig. 31; note coatings of clay minerals and numerous fine bacterial remains (coccus and diplococcus); × 1200



TABLICA V

Fig. 33. Skała gipsowa (lewa strona) w kontakcie z siarką. Dobrze skryształizowany gips złożony z ziarn o doskonałej łupliwości styka się z ciemną siarką pylastą. Sucha Łąka 160, głęb. 285,3 m; pow. 200 m
Contact of gyprock (in the left) and sulfur; well-crystalline gypsum, built of grains with excellent cleavage contacts dark dusty sulfur. Borehole Sucha Łąka 160, depth 285.3 m; $\times 200$

Fig. 34. Skała wyżej opisana; pow. 600 \times
Rock as above; $\times 600$

Fig. 35. Fragment skały pokazanej na fig. 33. Na powierzchni siarki ujawniają się granulkowe formy; pow. 1800 \times

Fragment of rock shown in Fig. 33; sulfur with granular forms at the surface; $\times 1800$

Fig. 36. Fragment skały pokazanej na fig. 33. Na powierzchni siarki bardzo wyraźnie widoczne pobakteryjne formy granulkowe; pow. 4000 \times

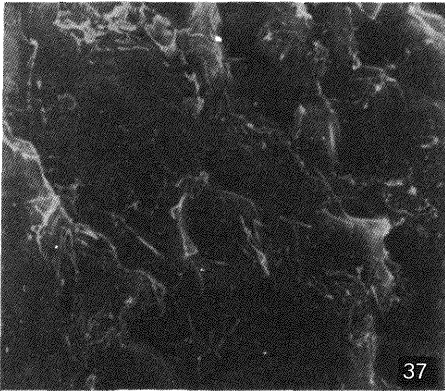
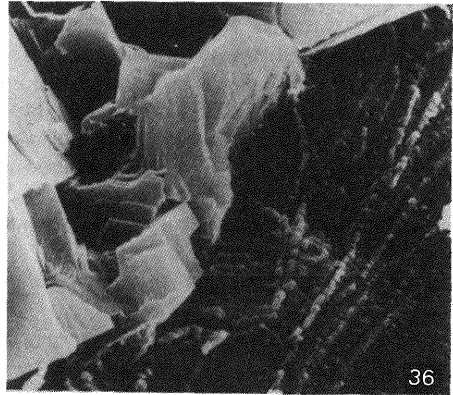
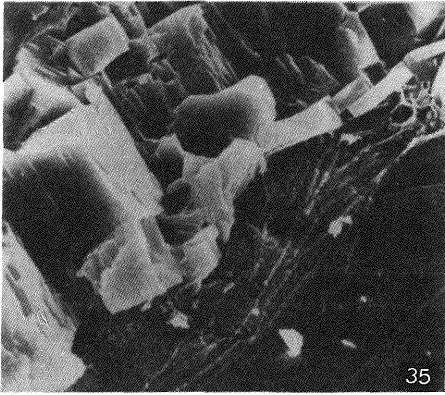
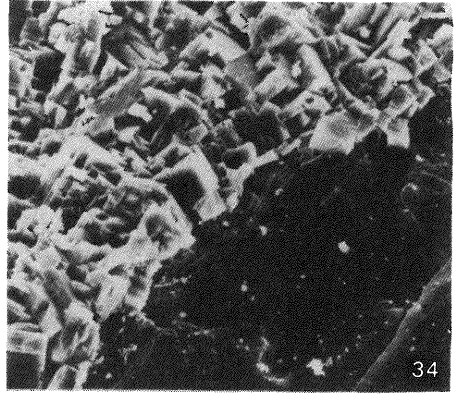
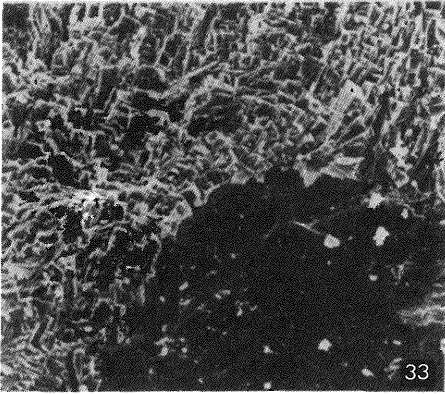
Fragment of rock shown in Fig. 33; granular post-bacterial forms very well visible at surface of sulfur; $\times 4000$

Fig. 37. Nierówna powierzchnia siarki; granulkowe przypuszczalnie pobakteryjne formy przykryte minerałami ilastymi. Międzywodzie 119, głęb. 266,3 m; pow. 1000 \times

Uneven surface of sulfur; granular, possibly post-bacterial forms covered with clay minerals. Borehole Międzywodzie 119, depth 266.3 m; $\times 1000$

Fig. 38. Bardzo silnie porowata siarka granulkowa; przypuszczalnie są to formy pobakteryjne. Na powierzchni siarki tkwi krystaliczny pył kalcytowy. Międzywodzie 119, głęb. 248,3 m; pow. 3000 \times

Very strongly porous granular sulfur — possibly post-bacterial forms; surface covered with crystalline calcite dust. Borehole Międzywodzie 119, depth 248.3 m; $\times 3000$



Wacław RYKA – Problem powstania tarnobrzeskiego złoża siarki rodzimej w świetle badań petrograficznych.

TABLICA VI

Fig. 39. Powierzchnia szczątków organicznego obłożona nitkami skupień pobakteryjnych granulek siarki. Buda Stolarska 167, głęb. 232,0–232,1 m; pow. 10 000 ×

Organic remains with threads of concentrations of post-bacterial sulfur granules at the surface. Borehole Buda Stolarska 167, depth 232.0–232.1 m; × 10 000

Fig. 40. Powierzchnia szczątków organicznego obłożona nitkami skupień pobakteryjnych granulek siarki i śladami żerowania organizmów. Buda Stolarska 167, głęb. 232,0–232,1 m; pow. 3000 ×

Organic remains with surface with threads of concentrations of post-bacterial sulfur granules and traces of browsing. Buda Stolarska 167, depth 232.0–232.1 m; × 3000

Fig. 41. Ruinowa forma pobakteryjna, przypuszczalnie po bakterii redukującej. Międzywrodzie 119, głęb. 248,3 m; pow. 3000 ×

Degraded post-bacterial form (possibly after reducing bacteria). Borehole Międzywrodzie 119, depth 248.3 m; × 3000

Fig. 42. Ruinowa forma pobakteryjna, przypuszczalnie po bakterii redukującej, tkwiąca w roztrawionym wapieniu. Międzywrodzie 119, głęb. 248,3 m; pow. 3600 ×

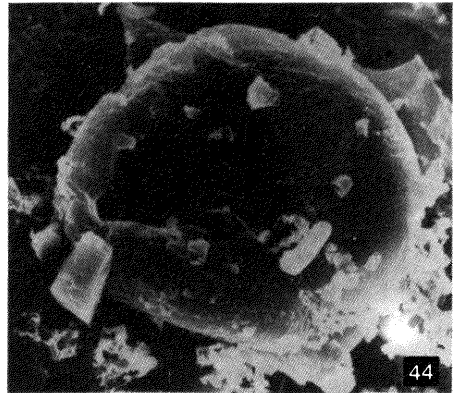
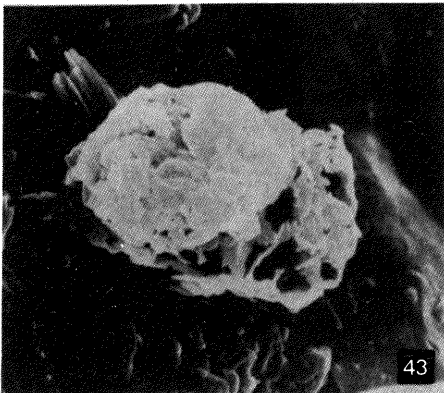
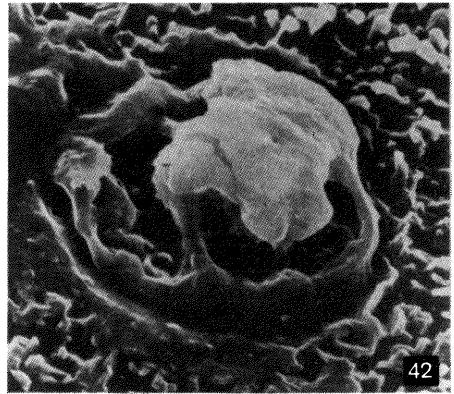
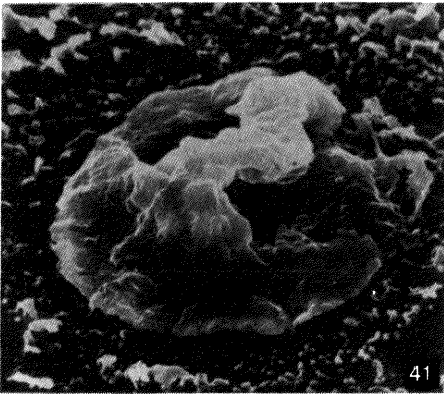
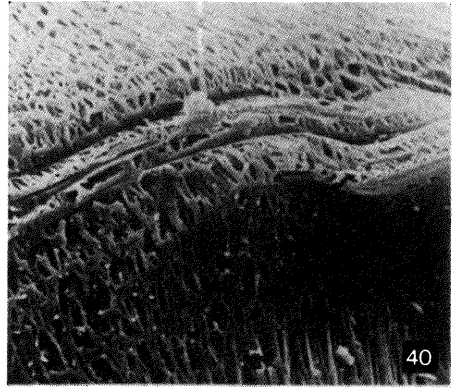
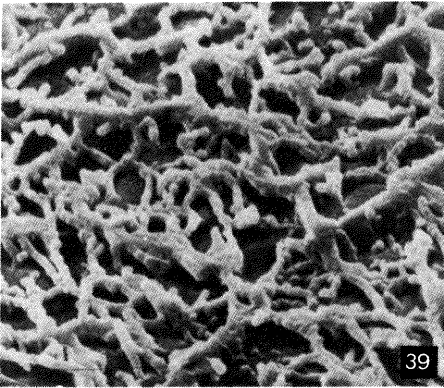
Degraded post-bacterial form (possibly after reducing bacteria) in corroded limestone. Borehole Międzywrodzie 119, depth 248.3 m; × 3600

Fig. 43. Zrekrystalizowana forma po bakterii, zbudowana z ziarn węglanów pokrytych minerałami ilastymi. R-20, głęb. 291,7 m; pow. 7800 ×

Recrystallized post-bacterial form built of carbonate grains covered with clay minerals. Borehole R-20, depth 291.7 m; × 7800

Fig. 44. Zdeformowana forma pobakteryjna, przypuszczalnie po bakterii redukującej. Międzywrodzie 119, głęb. 236,6 m; pow. 1800 ×

Degraded post-bacterial form (possibly after reducing bacteria). Borehole Międzywrodzie 119, depth 236.6 m; × 1800



Wacław RYKA — Problem powstania tarnobrzeskiego złoża siarki rodzimej w świetle badań petrograficznych

TABLICA VII

Fig. 45. Przełam formy pobakteryjnej. Widoczna niejednorodna budowa wewnętrzna, powłokowa. Międzywodzie 119, głęb. 236,6 m; pow. 3000 ×

Section of post-bacterial form; note inhomogeneous, layered structure. Borehole Międzywodzie 119, depth 236.6 m; × 3000

Fig. 46. Przełam formy pobakteryjnej tkwiącej w roztrawionej skale węglanowej. Powłoka zewnętrzna bakterii pęknięta i w niej jak w koszyczku tkwi nienaruszona powłoka wewnętrzna. Międzywodzie 119, głęb. 248,3 m; pow. 3200 ×

Section of post-bacterial form found in corroded carbonate rock; outer layer of the form broken, displaying the enveloped, undamaged inner layer. Borehole Międzywodzie 119, depth 248.3 m; × 3200

Fig. 47. Pakietowiec po szczątkach bakteryjnych, prawdopodobnie po bakteriach utleniających. Kotowa Wola, głęb. 170,3 m; pow. 5400 ×

Sarcina after relics of possibly oxidizing bacteria. Borehole Kotowa Wola, depth 170.3 m; × 5400

Fig. 48. Pakietowiec po szczątkach bakteryjnych na alabastrach, prawdopodobnie po bakteriach utleniających. Kotowa Wola, głęb. 170,3 m; pow. 3600 ×

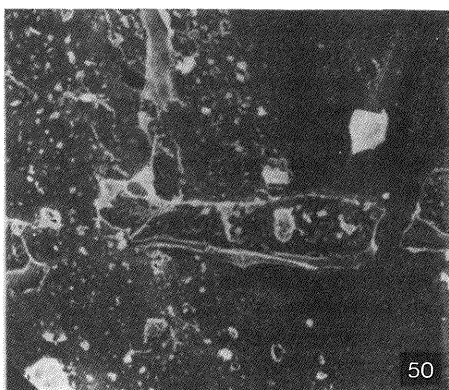
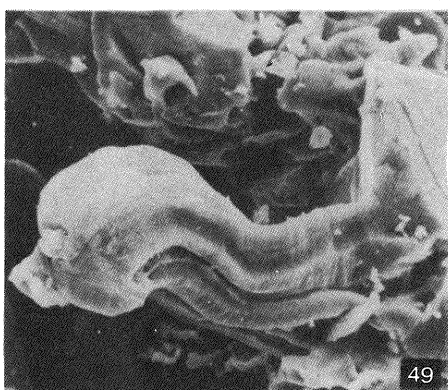
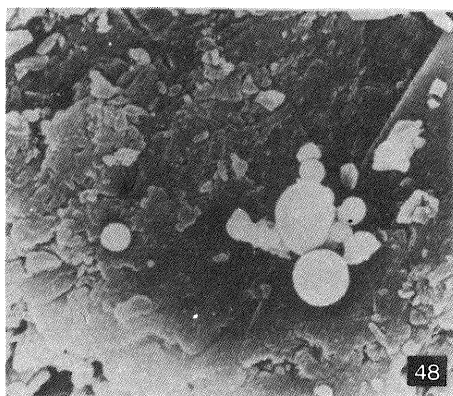
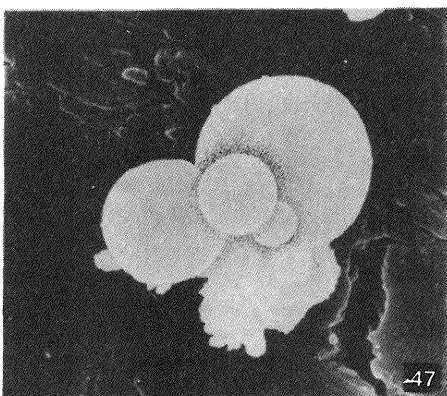
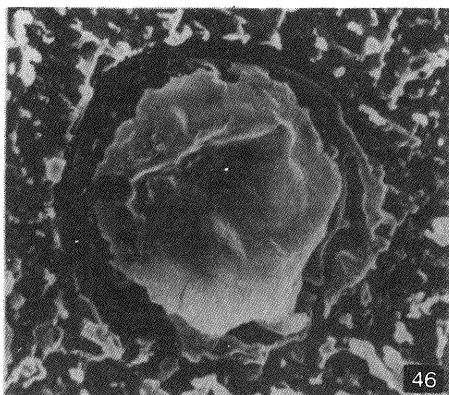
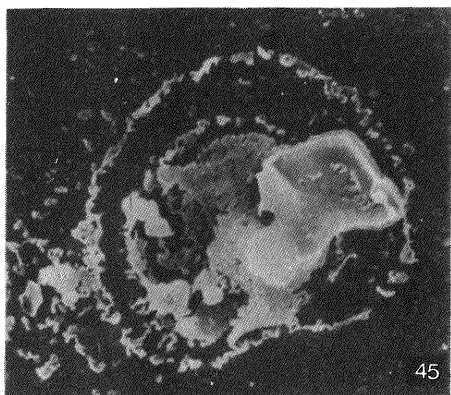
Sarcina after relics of possibly oxidizing bacteria on alabaster. Borehole Kotowa Wola, depth 170.3 m; × 3600

Fig. 49. Pseudomorfoza szczątków organicznego, prawdopodobnie po glonie. Buda Stolarska 167, głęb. 232,0–232,1 m; pow. 440 ×

Pseudomorph of organic, possibly algal remains. Borehole Buda Stolarska 167, depth 232.0–232.1 m; × 440

Fig. 50. Pseudomorfoza po strzępkach grzybni, występującej w wapieniu, pokrytej minerałami ilastymi. Międzywodzie 119, głęb. 236,6 m; pow. 1100 ×

Pseudomorph of mycelium fringes found in limestone; note surface covered with clay minerals. Borehole Międzywodzie 119, depth 236.6 m; × 1100



Wacław RYKA — Problem powstania tarnobrzesckiego złoza siarki rodzimej w świetle badań petrograficznych