

## Struktury mikroorganogeniczne siarki rodzimej w tortonie

Niniejszy artykuł jest pierwszą wstępną informacją, wynikającą z badań prowadzonych przez autora w zakresie petrografii serii siarkonośnej tortonu północnej części zapadliska przedkarpacciego. Prace te stanowią jeden z etapów badań prowadzonych w Instytucie Geologicznym. Badania te, realizowane przez zespół, zmierzają do pełnego, w miarę możliwości wszechstronnego, opracowania złóż siarki. W ten sposób w Instytucie Geologicznym zostanie przedstawiony pełny obraz zagadnień geologicznych złóż, które w 1953 r. odkrył w ramach prac Instytutu Geologicznego prof. dr inż. S. Pawłowski.

Jednym z celów tych prac jest również określenie warunków powstania siarki rodzimej.

Złoża siarki rodzimej występują w obrębie serii gipsowej, zaliczanej do tortonu (J. Czarnocki, 1935; K. Kowalewski, 1958; W. Krach, 1958; S. Alexandrowicz, 1958).

Materiał do referowanych badań pobrano z kilku wierceń (w Dobrowie i Porębie) oraz z kopalni siarki w Piasecznie. Próbkę została pobrana z wierceń przez autora wspólnie z mgr K. Pawłowską, z kopalni natomiast przez autora. Jednocześnie do celów porównawczych prof. S. Pawłowski udostępnił mi próbki rud siarki z innych złóż, w tym również z Azji Środkowej i z Luizjany. Inż. J. Orska udostępniła mi próbki i szlify siarki rodzimej z cechsztynu Kłodawy, opisanej przez prof. A. Łaszkiwicza (1959). W pracach kameralnych brała udział mgr T. Hanczke.

Wymienionym osobom składam wyrazy podziękowania, szczególnie prof. S. Pawłowskiemu i mgr K. Pawłowskiej, z którymi w toku kształtowania się poglądów kilkakrotnie konsultowałem.

Siarka rodzima występująca w serii osadów chemicznych tortonu północnej części zapadliska przedkarpacciego uważana jest za utwór, który nie powstał w czasie sedymentacji tej serii, lecz wytworzył się w niej jako produkt wtórny (R. Krajewski, 1935; A. Bolewski, 1935; 1936; K. Bohdanowicz, 1952; A. Łaszkiwicz, 1957; S. Pawłowski, 1958<sup>1</sup>; Z. Obuchowicz<sup>2</sup>).

<sup>1</sup> S. Pawłowski wyraził swój pogląd również w wielu opracowaniach rękopiśmiennych oraz w licznych wypowiedziach.

<sup>2</sup> Z. Obuchowicz wypowiedział swój pogląd w referacie na Posiedzeniu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Krakowie, w dniu 15.I.1960.

Pierwotnym osadem był gips (lub anhydryt), który w wyniku późniejszych procesów został przerobiony na margiel i siarkę lub wapien i siarkę. Gips w początkowej formie występuje w różnych ilościach. Obecnie dysponujemy tak bogatym materiałem geologicznym, że możemy przedstawić wszystkie stadia przejściowe od czystego gipsu przez gips osiarkowany, wapien osiarkowany z gipsem do wapienia (czy marglu) osiarkowanego, niemal bez żadnego śladu gipsu.

Wyjaśnieniem pochodzenia siarki rodzimej w utworach pogipsowych oraz w seriach osadowych w ogóle, zajmowali się liczni geolodzy i geochemicy. Na ogół poglądy te sprowadzają się do następujących wniosków:

1. Jeżeli nagromadzenie siarki rodzimej wiąże się z sedymentacją serii siarkonośnej, wówczas czynnikiem powodującym wytrącanie się siarki na dno zbiornika sedymentacyjnego były prawdopodobnie bakterie siarkowe. Zagadnienie to szczególnie silnie rozwinął W. J. Wiernadski (1908).

2. Jeżeli nagromadzenie siarki rodzimej wiąże się z procesami wtórnymi i polega na redukcji gipsów (bądź anhydrytów), wówczas jako czynnik powodujący tworzenie się siarki rodzimej są wysuwane węglowodory oddziaływające na skały siarczanowe lub roztwory siarczanowe.

Oba wymienione poglądy, w licznych wariantach dotyczących szczegółów procesu redukcji i utlenienia, znalazły wyraz w wielu opracowaniach specjalnych, monograficznych i w podręcznikach traktujących o złożach siarki, a także w opracowaniach z dziedziny geochemii, hydrochemii, oceanografii, gleboznawstwa, mikrobiologii i innych.

Jednocześnie jednak dla wielu złóż nie ustalono dotychczas jednoznacznie sprawy ich związku z procesem sedymentacji bądź wtórnego osiarkowania osadów siarczanowych. Przykładem tego jest między innymi ostatnia praca D. Kogana (1959).

Przyczyny koncentracji siarki rodzimej w złożach tortońskich w Polsce badał i scharakteryzował R. Krajewski (1935) na podstawie złoża w Czarkowach. Przypuszczał on, że początkowe stadia tworzenia się siarki rodzimej odnoszą się do procesu sedymentacji osadów tortonu. Autor ten główny etap osiarkowania wiązał z procesami wtórnymi, wywołanymi działalnością związków bitumicznych, być może trwającymi jeszcze do dziś.

A. Bolewski (1935; 1936), na podstawie badań złoża w Posądy, w procesie osiarkowania widział wpływ substancji bitumicznych. Autor ten zwrócił uwagę na stosunkowo małą zawartość bituminów w złożu i w związku z tym w procesie osiarkowania gipsów i margli sugerował możliwość udziału bakterii.

Poglądy te znalazły wyraz w dziele K. Bohdanowicza (1952), a następnie wypowiedział je A. Łaszkiwicz (1957), mówiąc o wpływie bakterii i bituminów na osiarkowanie, bez bliższego rozwinięcia tego zagadnienia.

Na obszarach złóż odkrytych w ciągu lat 1953—1959 zagadnienia genezy siarki rodzimej zostały wielokrotnie poruszone przez S. Pawłowskię. Wymieniony autor przeanalizował ogromną ilość świeżego materiału, zarówno jeżeli chodzi o litologię i chemizm serii rudnej oraz skał otaczających, jak też o przestrzenne stosunki serii siarkonośnej wśród osadów tortonu. Widzi on proces osiarkowania jako bardzo złożony i zwraca uwagę na charakterystyczne strukturalne warunki, w których

odbyło się osiarkowanie osadów tortonu, oraz wpływ na ten proces określonego zespołu czynników fizyko-chemicznych. Jako czynnik redukcyjny widzi on przede wszystkim substancje bitumiczne.

Ostatnio Z. Obuchowicz wyraził pogląd o możliwości powstania złóż siarki wskutek wtórnego osiarkowania osadów tortonu pod wpływem bituminów przy ewentualnym współdziałaniu bakterii.

Na temat polskich złóż siarki wypowiedział się również A. S. Sokół (1958) w nawiązaniu do złóż tego samego wieku na obszarze zachodniej Ukrainy. Uważa on, że koncentracje siarki w tortonie powstały w wyniku redukcji roztworów siarczanowych pod wpływem bituminów. A. S. Sokół uważa, że niezbędnym warunkiem tworzenia się siarki rodzimej jest aktywny stosunek wód siarczanowych, zawierających stężone roztwory chlorków sodowo-alkalicznych w obecności węglowodorów. Ważny jest również charakter skał, w których obrębie przebiegają te reakcje.

Kiedy przystąpiłem do badania zagadnień petrograficznych serii siarkonośnej tortonu w strefie Grzybów-Tarnobrzeg, wydało mi się niemożliwe wyjaśnienie osiarkowania gipsów wyłącznie pod wpływem węglowodorów. Gdyby bowiem tak było w rzeczywistości, w złożach siarki musiałyby przejawiać się bardziej wyraźne ślady węglowodorów w postaci asfaltu. Siarka miałaby przynajmniej miejscami ciemniejsze, brązowe zabarwienie. To ostatnie zjawisko spotyka się np. w otworze Lubaczów 4, odwierconym przez Przemysł Naftowy, gdzie są osiarkowane anhydryty.

W związku z tym prace moje zmierzały między innymi do sprawdzenia czy w rudzie siarki można natrafić na mikrobiologiczne dowody przebiegu procesu powstania siarki rodzimej. Badałem wszystkie możliwe środowiska, tzn. czysty gips, skały otaczające złożę, gips osiarkowany, osiarkowany margiel i wapień, wreszcie poszczególne odmiany morfologiczne siarki rodzimej.

W licznych obrazach mikroskopowych, zwłaszcza w osiarkowanym gipsie, to znaczy w miejscach stanowiących najwcześniejsze etapy procesu osiarkowania, stwierdziłem oryginalne struktury, które moim zdaniem są organogeniczne, związane z działalnością życiową drobnoustrojów.

Obrazy przedstawione na fig. 1 i 2 w porównaniu z obumierającą kolonią bakterii z rodzaju *Chromatium* (fig. 3) i z krystalizującą siarką rodzimą w nici *Beggiatoa* (fig. 4) są zadziwiająco zbieżne. Różne formy strukturalne siarki rodzimej w obrębie gipsu i wapienia przedstawiają również figury 5÷10.

Figury 1—2 oraz 5—10 wykazują, że kryształki, grudki, bagietki i inne formy skupień nie są ułożone wzdłuż spękań czy szczelin w kryształach gipsu bądź kalcytu. Skupienia albo paciorkowato ułożone kryształki i grudki siarki bardzo często znajdują się w obrębie tego samego kryształu gipsu lub kalcytu, przy czym kierunki ich nie są uzależnione od spękań czy szczelin.

Badania różnych odmian morfologicznych siarki rodzimej prowadzą do stwierdzenia, że pomijając siarkę krystaliczną, podstawowe składniki (kryształy lub grudki) siarki mają wymiary, w których górna granica jest dość ściśle ustalona. Kryształki te (i grudki) najczęściej mają wymiary 10÷45 mikronów, przy czym najczęściej wynoszą one 17÷35 mikronów. Wymiary podstawowych składników można zaobserwować nie tylko w tzw.

siarce pylastej, lecz również na krawędziach skupień tzw. siarki woskowej. Obraz mikroskopowy w siarce woskowej często nawet wykazuje, że ta odmiana morfologiczna składa się z utajonych drobniejszych kryształków, które obecnie (zapewne w wyniku częściowych procesów rekrytalizacji) zostały już w różnym stopniu zatarte. Krawędzie skupień siarki woskowej, gdzie obserwuje się opisane zjawiska, oraz przejścia do skały otaczającej przedstawiają fig. 10÷12. Również po daleko posuniętym zdarciu płytki cienkiej na szlifierce okazuje się, że w siarce woskowej także istnieją kryształki będące składnikami tej odmiany morfologicznej, przy czym również mają one wymiary w granicach kilkunastu do czterdziestu mikronów (fig. 13 i 14).

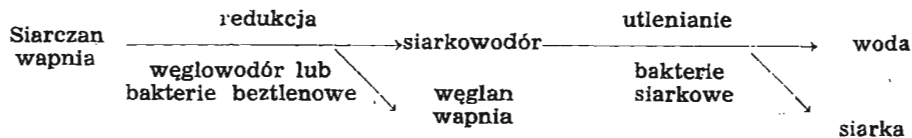
Oczywiście spotykane są również takie struktury w rudzie siarki, gdzie tego rodzaju obrazy nie istnieją. Nie wykluczają one jednak wniosków wyrażonych w niniejszym opracowaniu. Dobrze wykształcone kryształy siarki zostały opisane przez A. Łaszkiwicza (1957).

Nie wchodząc bliżej w liczne zagadnienia dotyczące petrografii siarki i skał ją otaczających, z których wiele znajduje się dopiero w toku opracowania, obecnie ograniczę się jedynie do podkreślenia, że zarówno wskazane struktury, jak też utrzymujące się wymiary kryształków (i grudek) w siarce rodzimej nie mogą być przypadkowe. Uważam, że powstały one dzięki drobnoustrojom, które utleniły siarkowódór i wprowadziły do złoża siarkę rodzimą.

W Piasecznie struktury te są gorzej zachowane. Bardzo możliwe, że w najbardziej płytkich częściach osiarkowanego tortonu w ogóle, nastąpiły daleko idące, nawet kilkakrotne, przemieszczenia siarki w obrębie złóż, wskutek znacznie większego ruchu wód niż w głębszych częściach osiarkowanego tortonu. Dlatego też „przemodelowanie“ struktur zarówno w Piasecznie, jak też w Posądy i Czarkowach nie pozwalało na uzyskanie tak dobrych materiałów do badania zagadnień genetycznych, jak w innych częściach strefy tortońskiej, gdzie stan materiałów obrazuje mniej zmienione stosunki po procesie osiarkowania.

Sam przebieg procesu nie jest znany. Uważam jednak, że poznanie tego procesu w polskich złożach siarki będzie możliwe. Sugestie R. Krajewskiego (1935) mówiące, że proces tworzenia się złoża trwa zapewne do dziś, mogą się okazać trafne. Koncentracje siarki w tortonie (przynajmniej na niektórych odcinkach) mogą być bardzo młode.

Moim zdaniem udział bakterii siarkowych w tworzeniu się siarki rodzimej w tortonie jest niewątpliwy. Gdybyśmy chcieli widzieć ich rolę nawet w minimalnym zakresie, wówczas należy dopatrywać się współdziałania bakterii z węglowodorami gazowymi, jak to sugerował A. Bolewski (1935). Proces osiarkowania gipsów mógł przebiegać następująco:



Proces ten odbywał się w całości zapewne w roztworze. W tej sytuacji początkowe stadium (stadium redukcji) dokonywało się pod wpływem węglowodorów. Jeżeli jednak o procesie tym decydowały bakterie, wów-

czas węgiel do utworzenia węglanu wapnia mógł być wzięty z  $\text{CO}_2$ , znajdującego się w wodzie. Bakterie te mogą nie mieć żadnego odzwierciedlenia w rudzie, gdyż w wyniku ich działania powstał siarkowodor.

Dopiero drugi etap — utlenienie siarkowodoru, dokonane przez bakterie siarkowe — prowadzący do utworzenia się siarki rodzimej, jest zarejestrowany w złożu w postaci odpowiednich struktur.

Według S. Winogradskiego (1953) bakterie siarkowe mogą żyć w wodach podziemnych. Gromadzą one siarkę w postaci kropelek. W ciele drobnoustrojów siarka wg Berthelota<sup>3</sup> najczęściej jest rozpuszczalna. Siarka ta krystalizuje w nici bakterii (fig. 4) lub po obumarciu komórek (fig. 3). Wówczas poszczególne kropelki łączą się i dają kryształki lub grudki. Wielkość tych grudek jest uzależniona od wymiarów komórki (czy kolonii) bakterii, przy czym kryształki mogą wykraczać nieco poza ramy określone grubością nici (fig. 4).

Spośród bakterii siarkowych, których wielkości są bardzo różne (od ułamków mikrona do ponad 50 mikronów), jako największe notowane są *Beggiatoa mirabilis* ma grubość nitki do 22 mikronów (M. Stephenson, 1949; A. Rippel-Baldes, 1955), a *Beggiatoa gigantea* wg Z. Klasa<sup>4</sup> ma grubość nitki do 55 mikronów. Te wielkie wymiary *Beggiatoa gigantea* oraz inne cechy sprawiają, że przynależność tej formy do bakterii jest nawet podawana w wątpliwość. Wielkość komórek *Chromatium* dochodzi do kilkunastu mikronów (S. Winogradski, 1953). Inne bakterie siarkowe są mniejsze. Wymienione wielkości bakterii są rzędu wyrażonych w kryształkach siarki.

## WNIOSKI

1. W złożach siarki rodzimej w tortonie pewien etap w procesie tworzenia się siarki z siarczanów został dokonany zapewne przez drobnoustroje.

2. Świadczą o tym struktury siarki rodzimej oraz wymiary kryształków i grudek siarki pylastej, a częściowo również siarki woskowej.

3. Wielkości kryształków istniejące w złożu są spotykane również w współcześnie żyjących niektórych gatunkach bakterii siarkowych.

4. Powstanie siarki rodzimej nastąpiło albo w wyniku współdziałania węglowodorów z bakteriami siarkowymi, albo wyłącznie w wyniku procesu mikrobiologicznego. Proces ten zachodził w obrębie roztworów siarczanowych.

5. Wyjaśnienie procesu osiarkowania przez sprawdzenie wyrażonych tu sugestii jest możliwe przy współpracy geologa, petrografa, geochemika, hydrogeologa i mikrobiologa.

Publikując niniejsze wstępne opracowanie nadal badanego zagadnienia, autor oczekuje rozwinięcia się dyskusji, która niewątpliwie przyczyni się do rozwoju pojęć w tej dziedzinie i współpracy różnych specjalistów w odniesieniu do tego problemu.

Instytut Geologiczny

Nadesłano dnia 31 stycznia 1960 r.

<sup>3</sup> Cytowane na podstawie S. Winogradskiego (1953).

<sup>4</sup> Cytowane wg A. Rippel-Baldes (1955).

## PIŚMIENICTWO

- ALEXANDROWICZ S. (1958) — Zarys stratygrafii mikrofaunistycznej miocenu śląsko-krakowskiego. Kwart. geol., 2, nr 1, p. 54—81. Warszawa.
- BOHDANOWICZ K. (1952) — Surowce mineralne świata. Pr. specjalne Państw. Inst. Geol., 2, nr 3. Warszawa.
- BOLEWSKI A. (1935) — O złożu siarki w Posądy. Spraw. Państw. Inst. Geol., 8, nr 3, p. 205—301. Warszawa.
- BOLEWSKI A. (1936) — Poszukiwanie geologiczno-górnictwa w Posądy. Pr. Gór.-Hutn., 28, p. 182—189. Dąbrowa Górnicza-Katowice.
- CZARNOCKI J. (1935) — O ważniejszych zagadnieniach stratygrafii i paleogeografii polskiego tortonu. Spraw. Państw. Inst. Geol., 8, nr 2, p. 89—207. Warszawa.
- CZARNOCKI J. (1934) — O bogactwach kopalnych Gór Świętokrzyskich. Ziemia, 24, p. 276—283. Warszawa.
- KOWALEWSKI K. (1958) — Stratygrafia miocenu południowej Polski ze szczególnym uwzględnieniem południowego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Kwart. geol., 2, nr 1, p. 3—43. Warszawa.
- KRACH W. (1958) — Stratygrafia miocenu dorzecza górnej Odry i górnej Wisły oraz jej związek z obszarem wschodnim. Kwart. geol., 2, nr 1, p. 88—104. Warszawa.
- KRAJEWSKI R. (1935) — Złoże siarki w Czarkowach. Spraw. Państw. Inst. Geol., 8, nr 2, p. 27—66. Warszawa.
- ŁASZKIEWICZ A. (1957) — Siarka i celestyn z Tarnobrzega i Szydłowa. Arch. min., 20, [1956], p. 96—100. Warszawa.
- ŁASZKIEWICZ A. (1959) — Siarka z Kłodawy. Kwart. geol., 3, nr 2, p. 225—230. Warszawa.
- PAWŁOWSKI S. (1958) — Siarka rodzima. Chemia w szkole, 4, nr 2 (20), p. 49—60. Warszawa.
- RIPPEL-BALDES A. (1955) — Grundriss der Mikrobiologie. Springer-Verlag. Berlin.
- СОКОЛОВ А. С. (1958) — Основные закономерности геологического строения и размещение осадочных месторождений самородной серы. Советская геология, № 5, стр. 80—103. Москва.
- STEPHENSON M. (1949) — Bacterial metabolism. Longmans, Green & Co. London.
- ВЕРНАДСКИЙ В. И. (1908) — Опыт описательной минералогии. Москва.
- WINOGRADSKI S. (1953) — Mikrobiologia gleby. P. W. R. i L. Warszawa.

Ян ЧЕРМИНСКИ

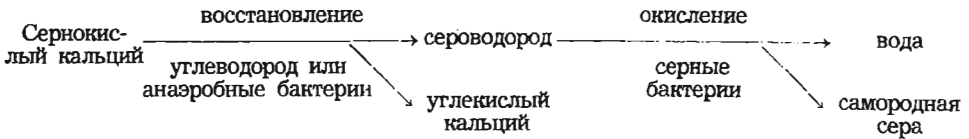
**МИКРООРГАНОГЕННЫЕ СТРУКТУРЫ  
САМОРОДНОЙ СЕРЫ В ТОРТОНЕ**

Резюме

Автором ведутся исследовательские работы в области петрографии самородной серы находящейся в тортоновых отложениях северной части Предкарпатского прогиба. Характерные структуры серы (фиг. 1—2 и 5—10, смотри табл. I—V)

необычайно похожи на серу выпадающую из ниток некоторых серных бактерий (фиг. 4) и отмирающих колоний серных бактерий. Величина кристалликов и комочков серы в отдельных скоплениях равняется  $10 \div 45 \mu$ , чаще всего  $17 \div 35 \mu$ . Эти факты приводят к гипотезе о участии бактерий в процессе образования самородной серы. Указанная величина кристалликов и комочков серы относится к пылевидной сере и в значительной степени также и к „восковой сере” (фиг. 10—14).

Автор видит возможность образования серы путем восстановления сернокислых растворов углеводородами при содействии серных бактерий или путем преобразования сернокислых растворов исключительно в микробиологических процессах, что происходило бы следующим образом:



Jan CZERMIŃSKI

#### MICROORGANOGENIC STRUCTURES OF NATIVE SULPHUR IN THE TORTONIAN

##### S u m m a r y

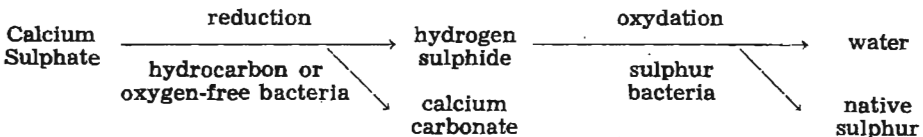
The author is dealing with the petrography of the native sulphur deposits occurring in the Tortonian of the northern part of the Carpathian fore deep. The characteristic structures of this sulphur (Figs. 1÷2 and 5÷10 on Plate I÷V) are extremely similar to sulphur precipitated in the threads of some of the sulphur bacteria (Fig. 4) and of a decaying colony of sulphur bacteria. The size of the sulphur crystals and clumps found in individual clusters is 10—45, most frequently 17—35 microns. These facts seem to support the hypothesis of the bacteria participating in the process of forming of native sulphur. The above mentioned dimensions of sulphur crystals and clumps are also encountered in pelitic sulphur and, to a considerable extent, in "wax" sulphur (Figs. 10÷14 on Plates V÷VII).

The author envisages the forming of the sulphur alternatively by:

1) reduction of sulphate solutions by hydrocarbons, with the cooperation of sulphur bacteria,

2) transformation of sulphur solutions exclusively by microbiological agencies.

This process would appear as follows:



TABLICA I

- Fig. 1. Kryształki siarki w gipsie. Dobrów — 11. Pow. 125 ×  
Minute sulphur crystals in gypsum. Dobrów — 11. Enlarged × 125
- Fig. 2. Kryształki siarki w gipsie. Dobrów — 13. Pow. 170 ×  
Minute sulphur crystals in gypsum. Dobrów — 13. Enlarged × 170



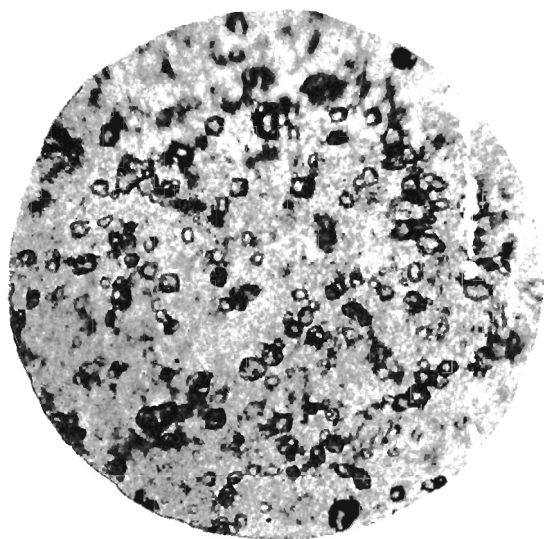


Fig. 1

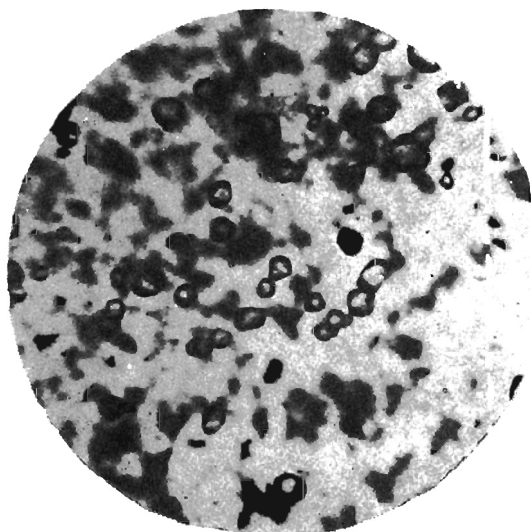


Fig. 2

TABLICA II

- Fig. 3. Krystalizacja siarki w nici bakterii *Beggiatoa* (wg S. Winogradskiego)  
Crystallization of sulphur in thread of bacteria *Beggiatoa* (according to S. Winogradski)
- Fig. 4. Krystalizacja siarki w obumierającej kolonii bakterii siarkowych z rodzaju *Chromatium* (wg S. Winogradskiego)  
Crystallization of sulphur in a decaying colony of sulphur bacteria of genus *Chromatium* (according to S. Winogradski)

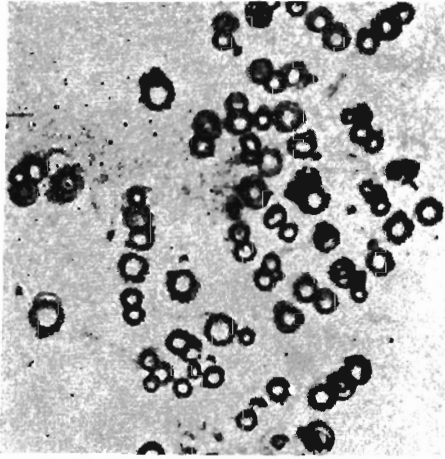


Fig. 24

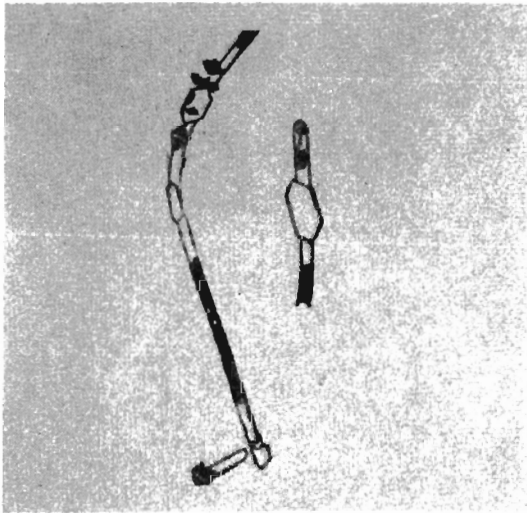


Fig. 43

TABLICA III

- Fig. 5. Kryształki i grudki siarki w wapieniu (w obrębie kryształów kalcytu). Dobrów — 11. Pow. 150 ×  
Minute sulphur crystals and clumps in limestone (within calcite crystals). Dobrów — 11. Enlarged × 150
- Fig. 6. Siarka w wapieniu. Charakterystyczne struktury skupień siarki. Poręba — 16. Pow. 150 ×  
Sulphur in limestone. Characteristic structures of sulphur clusters. Poręba — 16. Enlarged × 150

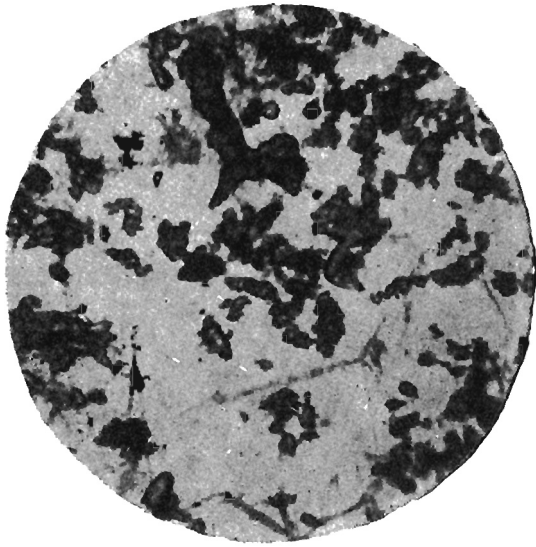


Fig. 5

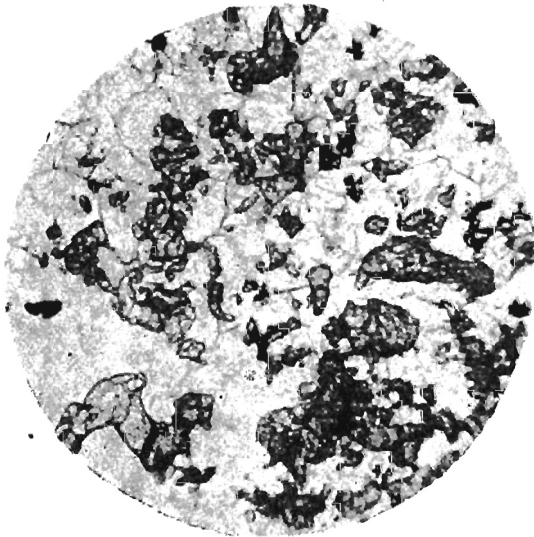


Fig. 6

#### TABLICA IV

Fig. 7. Siarka w wapieniu. Charakterystyczne struktury skupień siarki. Poręba —  
16. Pow. 140 ×

Sulphur in limestone. Characteristic structures of sulphur clusters. Poręba —  
16. Enlarged × 140

Fig. 8. Siarka w wapieniu. Charakterystyczne struktury skupień siarki. Poręba —  
16. Pow. 150 ×

Sulphur in limestone. Characteristic structures of sulphur clusters. Poręba —  
16. Enlarged × 150

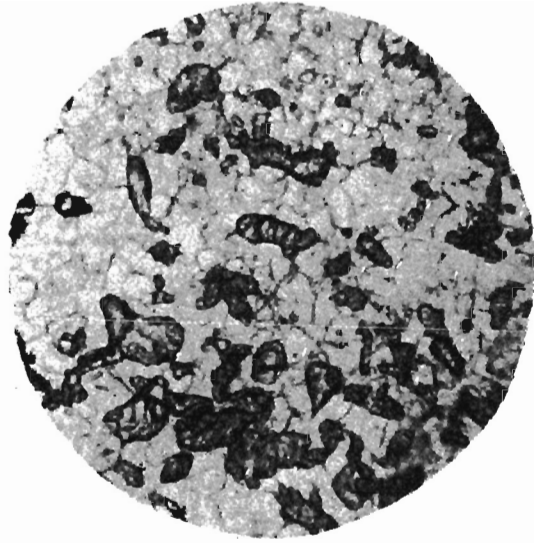


Fig. 7

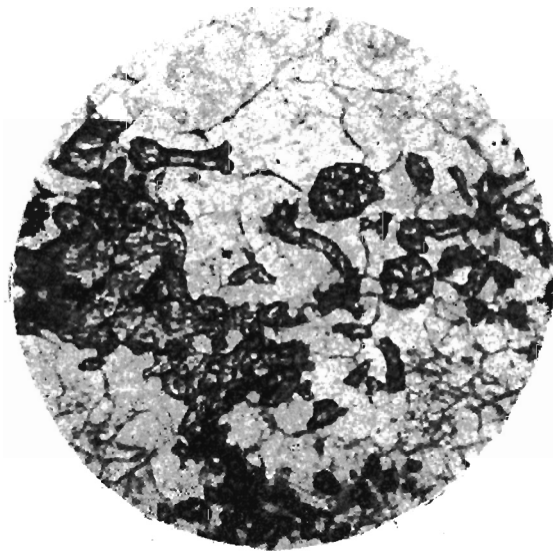


Fig. 8

TABLICA V

Fig. 9. Siarka w gipsie. Wśród różnych form laseczka siarki. Dobrów —13. Pow. 270 ×

Sulphur in gypsum. Amidst various forms, rod-shaped sulphur bacteria. Dobrów — 13. Enlarged × 270

Fig. 10. Siarka w wapieniu na krawędzi skupienia siarki woskowej. Dobrów — 11. Pow. 150 ×

Sulphur in limestone at margin of cluster of wax sulphur. Dobrów — 11. Enlarged × 150



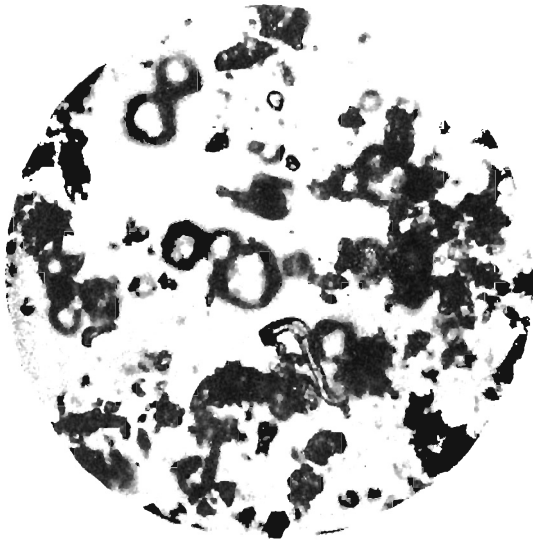


Fig. 9

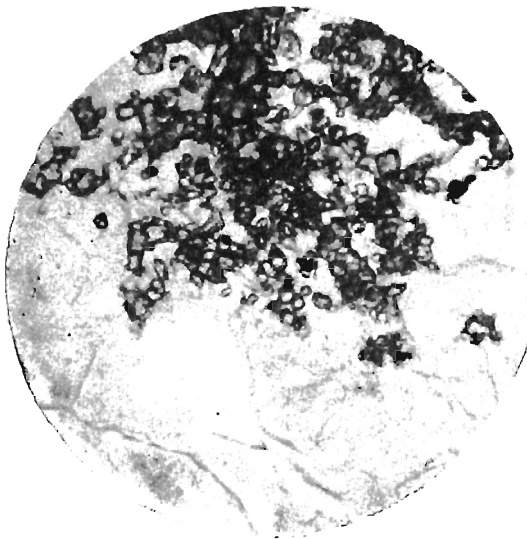


Fig. 10

TABLICA VI

Fig. 11—12. Siarka w wapieniu na krawędzi skupienia siarki woskowej. Dobrów —  
11. Pow. 150 ×  
Sulphur in limestone at margin of cluster of wax sulphur. Dobrów — 11.  
Enlarged × 150

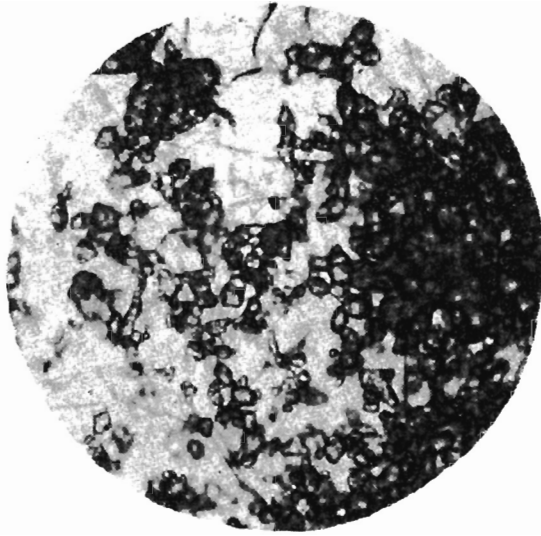


Fig. 11

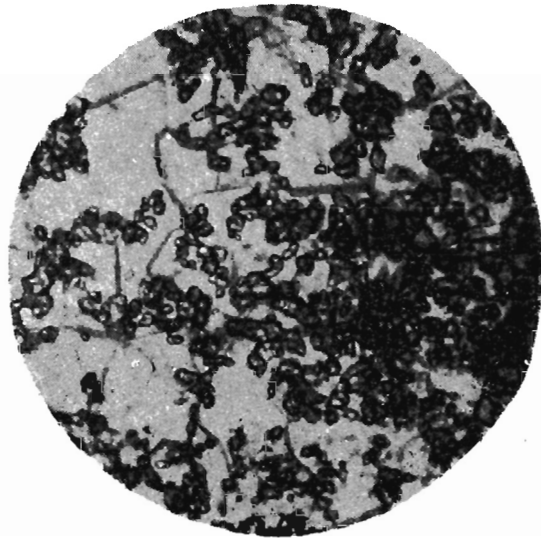


Fig. 12

TABLICA VII

Fig. 13—14. Siarka rodzima. W skupieniu siarki woskowej wymiary kryształków i grudek wahają się w niewielkim interwale. Poręba — 16. Pow. 140 ×

Native sulphur. In a cluster of wax sulphur, the dimensions of crystals and clumps vary within a narrow range. Poręba — 16. Enlarged × 140