

MARIA TURNAU MORAWSKA

ZAGADNIENIE MINERALIZACJI DRZEW SKAMIENIAŁYCH

(Tabl. LII—LVII i 4 fig.)

The problem of mineralization of fossil wood

(Pl. LII—LVII and 4 fig.)

Streszczenie. Autorka stwierdza na podstawie analiz mikroskopowych szlifów, że struktura zespołów mineralnych w drzewach skamieniałych, a zwłaszcza prawidłowa orientacja osi optycznych kwarcu jest uzależniona od stopnia zachowania tkanki drzewnej i równomierności w rozmieszczeniu substancji organicznej. Autorka nie zgada się z wnioskami J. Sena, że symetria w strukturze zespołów mineralnych jest naśladownictwem pierwotnej symetrii w tkance drzewnej. W procesie krystalizacji minerałów przeważa tendencja do zgodności orientacji optycznej w jaknajwiększej ilości ziarn w cewkach sąsiednich i do zmiany struktury tkanki drzewnej na strukturę właściwą skałom krystalicznym.

1. WSTĘP

W roku 1954 została wydrukowana krótka notatka dotycząca struktury drzewa skamieniałego (M. Turnau-Morawska i M. Jahn 1954), w której przedstawiłam wyniki moich badań mikroskopowych przeprowadzonych wspólnie z mgr M. Jahnową oraz podałam interpretację genetyczną zaobserwowanych zjawisk strukturalnych.

Inicjatywę do dalszych badań w kierunku zasadniczo odmiennym od głównego kierunku moich zainteresowań zawdzięczam z jednej strony uwadze, jaką zwrócił na wyniki naszych badań J. Sen (1956, 1957), kierownik laboratorium botanicznego na uniwersytecie College of Science, Calcutta, z drugiej strony uprzejmości osób, które dostarczyły mi nowych próbek drzew skamieniałych przedstawiających wdzięczny materiał do badań mikroskopowych.

Najbardziej interesującą próbę drzewa skrzemieniałego otrzymałam od mgra R. Bugaja, który ją przywiózł z miejscowości Sokołowsko, niedaleko Wałbrzycha. Według oznaczeń mgr I. Grabowskiej z Instytutu Geologicznego oraz mgr M. Reymana z Instytutu Botanicznego w Krakowie jest to przypuszczalnie kawałek pnia *Juniperoxylon* sp., drzewa najbardziej podobnego do współczesnego *Juniperus savina*. Wiek drzewa jest przypuszczalnie trzeciorzędowy.

Ze Zjazdu Geologicznego w Sudetach w r. 1957 przywiózł mi dr K. Łydka próbkę drzewa również skrzemieniałego z warstw żaclerskich na E od kopalni Piast koło Nowej Rudy.

Z Zakładu Paleobotaniki Uniwersytetu Warszawskiego otrzymałam od prof. Kostyniuka próbki drzewa skalcytyzowanego i spirytyzowanego z Łukowa ze zbiorów prof. R. Kozłowskiego.

Celem pracy była analiza składu mineralnego i struktury różnych próbek drzew skamieniałych oraz ich interpretacja w świetle uwag przedstawionych w pracach J. Sena (1956, 1957), przesłanych mi w roku bieżącym.

Doktorowi K. Łydcie dziękuję serdecznie za oddanie mi do dyspozycji wyników swoich pomiarów dotyczących orientacji optycznej ziarn kwarcu w próbkach drzew skrzemieniałych. Również dziękuję mgrowi J. Burchartowi za wykonanie mikrofotografii, a mgrowi A. Nowakowskiemu za wykonanie rysunków.

2. MINERALIZACJA DREWNA JAKO CZYNNIK ZACHOWUJĄCY JEGO STRUKTURĘ PIERWOTNĄ

Dla zagadnień związanych z mineralizacją drzew skamieniałych wnioski uzyskane z badań J. Sena oraz z interpretowanych przez niego obserwacji innych badaczy mają duże znaczenie. Wnioski te sformułować można w sposób następujący:

1) Proces mineralizacji drewna jest jednym ze stadiów w zawiłej serii procesów, od których zależy mikrostruktura tkanki drzewa skamieniałego; to stadium jest przygotowane przez częściowy rozkład biochemiczny substancji organicznej, przy czym rozkład ten w niektórych przypadkach przyczynia się do konserwacji ogólnej budowy anatomicznej rośliny. 2) Symetria w rozmieszczeniu elementów krystalicznych drzewa zmineralizowanego jest następstwem pierwotnej symetrii istniejącej w strukturze drewna żywego. Krystalizacja substancji mineralnej w tkankach roślin ma charakter mimetyczny.

Uzasadnienie powyższych wniosków przedstawiam w streszczeniu: Badania za pomocą różnych metod optycznych, rentgenograficznych, metod przy użyciu mikroskopu elektronowego i metod chemicznych wykazały, że w drewnie starożytnym i kopalnym zachodzi na ogół stopniowy zanik celulozy. Jednakże anizotropowa budowa, którą tkanka drzewna zawdzięcza celulozie, może być zachowana dzięki strukturze ligniny, która obejmuje rolę celulozy, gdy ta ostatnia zanika. J. Sen stwierdza, że działania enzymów pewnych gatunków grzybów może niekiedy przyczyniać się do lepszego uporządkowania elementów strukturalnych celulozy wskutek niszczenia nie uporządkowanej strukturalnie celulozy izotropowej i innych substancji nie wykazujących prawidłowej budowy. W początkowych fazach mineralizacji drewna jego anizotropia prawie zupełnie zanika, tu i ówdzie tylko zaznaczają się pasy i plamy dwójłomne, pochodzące być może od resztek uporządkowanej struktury celulozy lub też od dwójłomnych substancji nieorganicznych. Analizy chemiczne wykazują, że w drzewach kopalnych mamy stopniowy wzrost zawartości popiołu, co jest spowodowane infiltracją substancji nieorganicznej. J. Sen wypowiada przypuszczenie, że w pierwszych stadiach mineralizacji nie ma jeszcze uporządkowanej struktury w obrębie substancji mineralnej. W miarę jak wypełnia ona próżnię wewnątrz komórek, uzyskuje stopniowo prawidłową orientację przestrzenną.

Swoje wnioski dotyczące mimetycznego charakteru mineralizacji drewna opiera J. Sen na wynikach pomiaru orientacji osi optycznych

ziarn kwarcu w kilku próbkach drzewa skamieniałego. Jak wynika z wypowiedzi tego autora, moje badania struktur agregatów mineralnych w drzewach skamieniałych przeprowadzone wspólnie z mgr M. J a h n o w ą były pierwsze notowane w literaturze. Natomiast J. S e n po raz pierwszy zastosował stolik uniwersalny do tych badań. Strukturze skamieniałości poświęcił kilka uwag H. W. F a i r b a i r n (1949), badacz skał metamorficznych. Jego zainteresowania dotyczą jednak tylko skamieniałości zdeformowanych. Pomiary J. S e n a przeprowadzone były na szlifach mikroskopowych wyciętych prostopadle do osi pni kilku próbek drzew skrzemieniałych: *Dadoxylon* z osadów permskich, *Glutoxylon* z osadów trzeciorzędowych oraz próbki nie oznaczonego gatunku *Dicotyledones*. We wszystkich próbkach substancją mineralizującą był kwarc. Pierwsza próbka cechowała się brakiem zachowanej substancji organicznej oraz bardzo zniszczoną mikrostrukturą komórkową. W próbce z drugiego gatunku drzewa była zachowana zarówno struktura pierwotna drewna, jak i substancja organiczna. W trzeciej próbce zachowane były ślady substancji organicznej oraz dość dobrze zakonserwowana struktura komórkowa. Z diagramów uzyskanych z pomiarów orientacji przestrzennej osi optycznych u kwarcu wynika, że z reguły osi optyczne kwarcu ułożone są prostopadle do dłuższej osi cewek. Autor stwierdza, że proces krystalizacji kwarcu w tkankach roślinnych mógł polegać na kształtowaniu się włókien wydłużonych w kierunku osi pnia, przy czym wydłużenie było prostopadle do osi optycznej kwarcu. Ta prawidłowa orientacja jest zdaniem autora warunkowana i kierowana istniejącą przed fosylizacją strukturalną organizacją komórek pierwotnego drewna. Anizotropia kierunków orientacji osi optycznych jest wynikiem anizotropii samego drewna. J. S e n widzi potwierdzenie powyższej tezy w wynikach moich obserwacji publikowanych w roku 1954 (l.c.), które wykazały, że ziarna kwarcu są wydłużone zgodnie z kierunkiem osi cewek, a wydłużenie to jest prostopadle do poprzedniego w promieniach rdzeniowych. Takie wydłużenie interpretuje J. S e n jako zgodne z ogólną naturą micelli celulozy w pierwotnym drzewie.

Przeprowadzone przeze mnie ostatnio mikroskopowe badania drzew zmineralizowanych wykazały częściowo słuszność wniosków J. S e n a, częściowo jednak wskazują na potrzebę modyfikacji i uzupełnienia jego poglądów.

Uwagi moje w tej dziedzinie nawiążę do opisów obrazów mikroskopowych próbek drzew zmineralizowanych, które miałam do dyspozycji.

Drzewo skrzemieniałe z warstw žaclerskich z Nowej Rudy. Warunki występowania pnia skrzemieniałego, którego próbkę przywiózł mi dr K. Ł y d k a opisane są w Przewodniku do Zjazdu PTG w Sudetach w r. 1957 (K. D z i e d z i c, 1957). O ile mi wiadomo, nie zostało ono dotąd dokładnie pod względem botanicznym oznaczone, ale są pewne dane do przypuszczenia, że jest to *Araucarioxylon* lub *Dadoxylon*. W mikroskopie bez analizatora zobaczyć można dobrze zachowaną tkankę drzewną zarówno w przekroju podłużnym jak i poprzecznym, jak to widać na mikrofotografiach (tabl. LII, fig. 1, 3, tabl. LIII, fig. 1). Zarysy ścian komórkowych podkreślone są obecnością brunatnego przeświecającego pigmentu organicznego rozproszonego w ziarnach kwarcu, który impregnuje wnętrza cewek jak również ściany

komórek i przestrzenie międzykomórkowe. Niekiedy pigmentem brunatnym przesycone są także ziarna kwarcu wypełniające cewki. Na fotografii tabl. LII, fig. 3 widoczne są dwie białe smugi, w których tkanka drzewna jest zupełnie zniszczona. Przy skrzyżowanych nikolach stwierdzić można, że obok kwarcu dość obfity jest chalcedon. Występuje on zwłaszcza tam, gdzie brunatny pigment organiczny intensywniej zanieczyszcza krzemionkę. Na fotografii tabl. LIII, fig. 1 wykonanej przy większym powiększeniu dobrze widoczne jest zagęszczenie pigmentu organicznego w ścianach komórek i przestrzeniach międzykomórkowych.

Obrazy szlifów mikroskopowych przy skrzyżowanych nikolach widoczne są na fotografiach tabl. LII, fig. 2, 4 i tabl. LIII, fig. 2. Na tabl. LII, fig. 2 można stwierdzić wydłużenie ziarn kwarcu w kierunku osi cewek i promieni rdzeniowych. Wielkość ziarna w cewkach wynosi: 0,04—0,05 mm szerokości oraz 0,1 — 0,5 mm długości. Ogólny rzut oka na fig. 2 wykazuje, że ziarna w cewkach sąsiednich tworzą grupy po kilka do kilkunastu ziarn jednakowej orientacji optycznej, zaznaczone są wyraźnie jasne i ciemne plamy zespołów ziarn jednakowo wygaszających światło spolaryzowane. Każda grupa stanowi właściwie jedno ziarno obejmujące w postaci wrostków czy przerostów relikty substancji organicznej ściany komórkowej. W wyniku zgodnej orientacji optycznej w grupach ziarn kwarcu otrzymujemy mozaikę ziarn izometrycznych o średnicy około 0,5 mm, o kształtach nieregularnych, pozazębionych. Obraz mikroskopowy struktury jest podobny do obrazu mikroskopowego kwarcytu, a byłby z nim identyczny gdybyśmy na obraz kwarcytu patrzyli przez subtelą siatkę sporządzoną na wzór tkanki drzewnej. Nie można zaprzeczyć, że w tym zjawisku zaznacza się pewna niezależność struktury mineralnej od struktury tkanki roślinnej. Podobna niezależność dotyczy ziarn chalcedonu nie uwidoczniionych na fotografiach. Sferolit chalcedonu obejmuje często kilka lub kilkanaście cewek. Zjawisko zgodnej orientacji optycznej ziarn kwarcu cewek sąsiednich zaznacza się także w przekrojach poprzecznych (tabl. LII, fig. 4, tabl. LIII, fig. 2). Struktura organiczna w pewnej mierze hamuje dążność ziarn mineralnych do uzyskania struktury skał kwarcowych krystalicznych. Można zauważyć na fotografii tabl. LIII, fig. 2, że ziarna kwarcu są większe i bardziej nierównomiernie wykształcone w części, gdzie tkanka drzewna jest zniszczona, niż w części z zachowaną strukturą organiczną. Nie da się jednak zaprzeczyć zjawisku zwalczania przez substancję mineralną ograniczeń nałożonych przez relikty tkanki żywej i dążność do uzyskania struktury właściwej martwym kamieniom.

Brunatny pigment organiczny nie ma nigdzie charakteru samodzielnej substancji, o której zakładam, że ma charakter związku organicznego, gdyż z żadnym minerałem nie można jej zidentyfikować. Ta rozproszona w kwarcu i chalcedonie substancja zmniejsza mniej lub więcej przezroczystość tych minerałów, ale nie zmienia ani ich współczynników załamania, ani dwójłomności, ani orientacji optycznej. Przy skrzyżowanych nikolach można stwierdzić zgodność orientacji optycznej kwarcu zwykle klarownego wewnątrz cewki i kwarcu zaprószonego pigmentem w ścianie komórkowej tworzącego jakby obwódkę wyraźną dzięki pigmentacji. Ten fakt uzupełnia serię moich spostrzeżeń, w których stwierdziłam, że nie ma ścisłego naśladownictwa w krystalizacji minerału w stosunku

do pierwotnej struktury drewna. J. Sen (1956) podkreśla heterogeniczność optyczną celulozy w różnych częściach pierwotnej i wtórnej ściany komórkowej. Zróżnicowanie składu i struktury ściany komórkowej omawia także E. S. Barghoorn (1952). Ta heterogeniczność nie znalazła jednak wyrazu w optycznym zachowaniu się kwarcu wewnątrz cewek i w ścianie komórkowej.

Drzewo skrzemieniałe z Sokołowska, okolice Wąbrzycha. Gatunek: *Juniperoxylon* sp. Wiek: przypuszczalnie trzeciorzęd. Jak pisałam we wstępie, próbkę dostarczył mi mgr R. Bugaj z miejscowości kuracyjnej Sokołowsko położonej około 2 km od Mieroszowa. Próbką została pobrana z kilkudziesięciokilogramowego pnia leżącego w strumieniu poniżej urzędu pocztowego w Sokołowsku. Według relacji mgra Bugaj'a resztę okazu rozparcelowali mieszkańcy Sokołowska i dzisiaj nie pozostało po nim śladu. Przynależność tego drzewa do trzeciorzędu jest zastanawiająca wobec występowania utworów perm-skich jako najmłodszych na tym terenie. Przeprowadzone w sezonie letnim 1957 wspólnie z dr K. Łydką poszukiwania dalszych okazów drzewa skamieniałego w Sokołowsku — jak też i w łózysku potoku powyżej tej miejscowości — nie dały żadnych rezultatów. Ani śladu tego drewna nie można się było dopatrzeć w żwirach piaskowcowych strumienia. Można więc przypuścić, że pień drzewa jest pozostałością osadów miocenkich, albo też piękny ten okaz został przywieziony za czasów niemieckich przez jakiegoś przyrodnika lub amatora-zbieracza i następnie wyrzucony do potoku. Stosunki morfologiczno-geologiczne wykluczają możliwość transportu pnia w strumieniu z terenu gdzie mógł on występować in situ. Mgr Bugaj był skłonny uważać ów szczątek drzewa za jakąś współczesną skamieniałość, co nie wydaje się prawdopodobne.

Próbka, którą otrzymałam, jest kawałkiem pnia długości kilkunastu centymetrów i kilku centymetrów średnicy w przekroju. Jest barwy ciemno-czerwono-brunatnej, na zwietrzałej powierzchni barwy srebrzysto-białej. Struktura drewna subtelnie zachowana. Widać połyskujące na powierzchni ziarna kwarcu i być może piryty, którego ślady zobaczyć można w mikroskopie.

Z mikrofotografii (tabl. LIII, fig. 3, tabl. LIV, fig. 1, tabl. LV, fig. 1) szlifów mikroskopowych w świetle zwykłym widać, że tkanka drzewna jest miejscami bardzo dobrze zachowana, miejscami zupełnie zniszczona. Tu i ówdzie strzępy tkanki drzewnej są otoczone agregatami dobrze wykryształizowanego kwarcu, co widać na fotografii (tabl. LIV, fig. 2) wykonanej w świetle spolaryzowanym przy skrzyżowanych nikolach. Nierównomierne rozmieszczona substancja organiczna ma strukturę włóknistą, współczynniki załamania nieznacznie wyższe od kwarcu, barwę jasnobrunatną, bardzo słaby pleochroizm, dwójłomność wysoką. Jest to przypuszczalnie celuloza przzerośnięta węglem brunatnym. Czasem towarzyszą jej ślady piryty lub markasytu (smugi czarne, żółtobiałe w świetle odbitym). Prócz tego — jak to zauważyć można na fotografii (tabl. LV, fig. 1) — w niektórych szeregach cewek rozrzucone są utwory pryzmatyczne, czerwono-brunatne, przeświecające, przypuszczalnie należące do węgla brunatnego. Chalcyonu brak. Ziarna kwarcu wypełniające pojedyncze cewki mają wymiary 0,03 — 0,04 mm szerokości, 0,06 — 0,4 mm długości. Jak widać na fotografiach (tabl. LIII, fig. 4 i tabl. LV, fig. 2) obrazów

mikroskopowych w świetle spolaryzowanym, kilka lub kilkanaście ziarn w cewkach sąsiednich ma zgodną orientację optyczną. Tworzy się mozaika ziarn pozazębionych o charakterze kwarcytu. Ziarna tego agregatu mają średnice 0,2 — 0,4 mm i są mniej więcej izometryczne. Kwarc wypełniający wnętrza cewek i kwarc zastępujący substancję ściany komórkowej mają zgodną orientację optyczną.

Drzewo skamieniałe z Łukowa. Występuje w osadach kry jurajskiej w Łukowie na Podlasiu¹.

Substancje mineralizujące drewno należą do kalcytu i pirytu lub markasytu. Na ogół kalcyt znacznie przeważa wypełniając wnętrza cewek, częściowo ściany komórek i przestrzenie komórkowe. Piryty wypełniają zwykle środkową część ściany komórkowej podkreślając zarysy tkanki drzewnej (tabl. LVI). Tam, gdzie brak jest pirytu, zauważyć można jednakową orientację optyczną kalcytu w cewkach i ścianach komórkowych. W innych częściach próbki widać pod mikroskopem, że piryty wypełniają zarówno wnętrza, jak i ściany komórek. W tych częściach struktura tkanki drzewnej nie jest wyraźna. Miejscami tkanka jest zniszczona i wypełniona kalcytem tworzącym piękne sferolity przecięte żyłkami kalcytu drugiej generacji o strukturze ziarnistej (tabl. LVII, fig. 1). Nie jest wykluczone, że węglan wapnia krystalizował częściowo jako aragonit i przekształcał się potem w kalcyt włóknisty. To przypuszczenie nie da się jednak ściśle uzasadnić.

Sferolity kalcytowe występują w niektórych szlifach także i w tych częściach, gdzie tkanka jest dobrze zachowana, nie mają tu jednak kształtu kulistego, lecz kształt elipsoidy wydłużonej w kierunku osi cewek. Te sferolity — podobnie jak w przypadku chalcedonu w drzewie z warstw żaclerskich — obejmują kilka lub kilkanaście cewek sąsiednich (tabl. LVII, fig. 2). Na ogół cewki i ściany komórkowe impregnowane są kalcytem ziarnistym ze zgodną orientacją ziarn kalcytu w kilku lub kilkunastu cewkach sąsiednich. Podobnie więc jak w przypadku drzew skrzemieniałych przy skrzyżowanych nikolach obraz ma charakter obrazu skały krystalicznej — w tym przypadku wapienia krystalicznego — widzianej pod mikroskopem przez siatkę o rysunku tkanki drzewnej.

Na podstawie wszystkich powyższych obserwacji obrazów mikroskopowych drzew skamieniałych nasuwają mi się następujące wnioski:

Szkielet tkanki roślinnej ogranicza w pewnym stopniu swobodę krystalizacji minerałów, które kierunkami wydłużenia przystosowują się do kształtu cewek, a wielkość zgodnie zorientowanych optycznie zespołów krystalicznych jest mniejsza w obrębie tkanki dobrze zachowanej niż w tkance zniszczonej. Istnieje jednak wyraźna tendencja do przekształcania struktury narzuconej przez tkankę roślinną w strukturę właściwą skałom krystalizującym z roztworu. Obecność chalcedonu w niektórych

¹ Wśród drzew skamieniałych z osadów kry jurajskiej M. Reymann stwierdziła występowanie typu *Araucarioxylon* (M. Reymann Acta Soc. Bot. Pol. vol. XXV, nr. 3. 1956.) Nie mam dostatecznych argumentów do twierdzenia, że okaz przeze mnie analizowany pod kątem widzenia mineralizacji należy do tego typu. Mogę tylko podkreślić analogię obrazów mikroskopowych opisanego tu drewna z Łukowa i innych znanych mi drzew skamieniałych typu *Araucarioxylon*, rzucającą się w oczy mimo odmiennego gatunku substancji mineralizującej.

drzewach skrzemieniałych, a kalcytu włóknistego w drzewach zwapnionych wskazuje, że krystalizacja rozpoczęła się w chwili, gdy roztwór mineralizujący przenikający tkanę drzewną przeszedł w stan koloidalny.

3. ZAGADNIENIE PRAWIDŁOWEJ ORIENTACJI OPTYCZNEJ ZIARN MINERALNYCH W DRZEWACH SKAMIENIAŁYCH

Przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego i stolika uniwersalnego J. Sen oznaczył orientację optyczną ziarn kwarcu i stwierdził, że niezależnie od wieku drzewa i stanu zachowania tkanki drzewnej osi optyczne kwarcu leżą w płaszczyźnie prostopadłej do osi pnia.

Przy użyciu tej samej metody oznaczył K. Łydka orientację osi optycznych u kwarcu w opisanych drzewach skrzemieniałych z okolic Nowej Rudy i Sokołowska oraz w próbce *Araucarioxylon schroellianum* z okolic Chrzanowa. W tym ostatnio wymienionym drzewie — jak podałam w pracy z r. 1954 (l.c.) — już była mierzona orientacja optyczna ziarn kwarcu, jednak przy zastosowaniu innej metody. Pomiar metodą stolika uniwersalnego wykonany był na szlifie mikroskopowym z innej próbki niż opisana w poprzedniej pracy. Obraz mikroskopowy ostatnio badanej próbki jest podobny do opisanego w mojej pracy (1954), lecz zauważyłam tu obecność licznych dokładnie idiomorficznych ziarn kwarcu w postaci krótkich słupków zakończonych obustronnie piramidą i ułożonych dłuższą osią równolegle do osi cewek. Ziarna te rozrzucone są w tkance drzewnej pojedynczo lub gniazdami.

Orientacja ziarn kalcytu w drzewie z Łukowa ze względu na trudności metodyczne nie została zmierzona.

Wyniki pomiarów K. Łydki przedstawione są na rysunkach (fig. 1, 2, 3 i 4). Rysunek 1 i 4a (Nowa Ruda) wykazuje dość wyraźną analogię z rysunkami ilustrującymi wyniki badań w pracy J. Sena. W drzewie okolic Chrzanowa (fig. 3i 4c) ta analogia jest mniej wyraźna. Przeważają wprawdzie ziarna zorientowane osią optyczną zgodnie z osią pnia, lecz ziarna zorientowane prostopadle do tej osi są również bardzo liczne.

W *Juniperoxylon* z Sokołowska orientacja osi optycznych kwarcu jest zupełnie bezładna (fig. 2 i 4b).

Powierzchnowe ustosunkowanie się do tych wyników mogłoby doprowadzić do wniosku, że im starsze jest drzewo, tym optyczna orientacja jest bardziej prawidłowa, i że zachodzą tu zjawiska analogiczne do zjawisk metamorfizmu. Przedstawione w opisach obrazów mikroskopowych wyniki moich obserwacji jasno wykazują, że przyczyna zjawisk jest inna. Niewątpliwie najlepiej przedstawia się struktura w drewnie z warstw żaclerskich i zachował się w nim jeszcze chalcedon dzięki równomiernemu rozproszeniu substancji organicznej, która — jak to wykazują liczne fakty znane z petrografii skał osadowych — opóźnia przejście krzemionki koloidalnej i kryptokrystalicznej w kwarc. Stan fosylizacji jest w tym drzewie najbardziej zbliżony do stanu pierwszego utrwalenia struktury tkanki przez substancję mineralizującą. W próbce *Araucarioxylon* z okolic Chrzanowa pojawiają się liczne idiomorficzne ziarna kwarcu, których utworzenie związane jest albo z jakimś późniejszym stadium sylikacji, albo też z rekrytalizacją pierwszej generacji kwar-

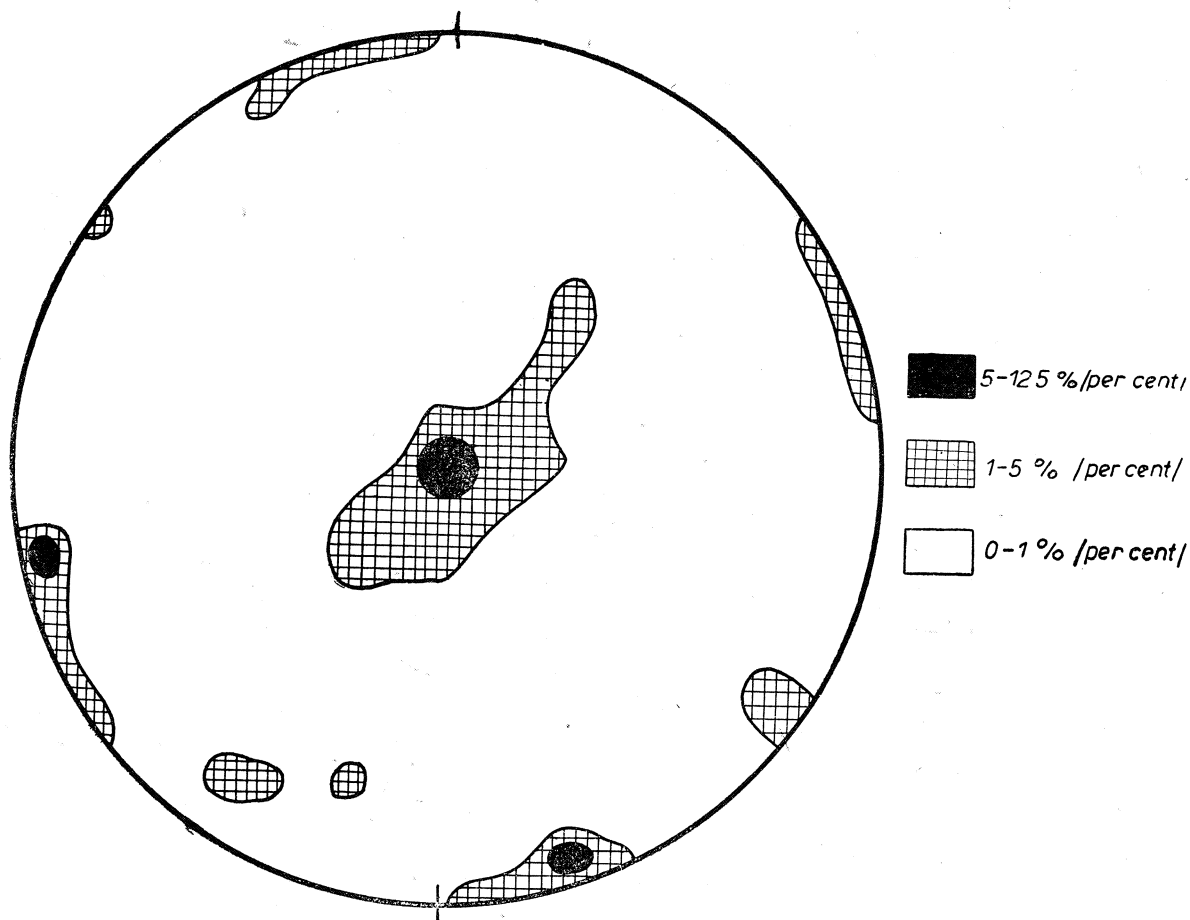


Fig. 1. Orientacja ziarn kwarcu w przekroju prostopadłym do dłuższej osi pnia z karbonu Nowej Rudy

Fig. 1. Quartz fabric in a transverse section of the trunk of silicified wood from Carboniferous of Nowa Ruda

cu pod wpływem krążących roztworów wodnych. A. Arnold (1947) twierdzi, że tylko w przypadku substancji kryptokrystalicznych lub bezpostaciowych struktura tkanki drzewnej jest dobrze zachowana. Tworzenie się kryształów niszczy strukturę tkanek. To twierdzenie ujęte jest albo w sposób nieścisły, albo niezgodne jest z rzeczywistością. Wiele bardzo szczegółowych oznaczeń budowy tkanki drzewnej dotyczy drzew skrzemieniałych, których najczęstszym składnikiem jest kwarc. Ostatnio zainteresowały mnie bardzo szczegółowe opisy struktury tkanki różnych gatunków *Dadoxylon* przedstawione w pracy M. Veillet-Bartoszewskiej (1956) zmineralizowane kwarcem. Wiedza paleobotaniczna w dużej mierze oparta jest na analizie struktury drzew skamieniałych, w których najpospolitszy jest kwarc (poza węglem, którego w tej mojej pracy nie uwzględniam). Przypuszczam, że Arnold pisząc o kryształach miał na myśli większe kryształy dające się zobaczyć okiem nieuzbrojonym. Jeśli tak było w istocie, uwaga Arnolda jest słuszna i zgodna z moimi obserwacjami. Procesy rekrytalizacji zachodzące po pierwszej fazie mineralizacji zmierzają do zniszczenia pierwotnej struktury tkanki drzewnej. Tkanka drzewa z warstw żaclerskich jest dlatego najlepiej zachowana, że poza przekształceniem sferolitów chalcedonu —

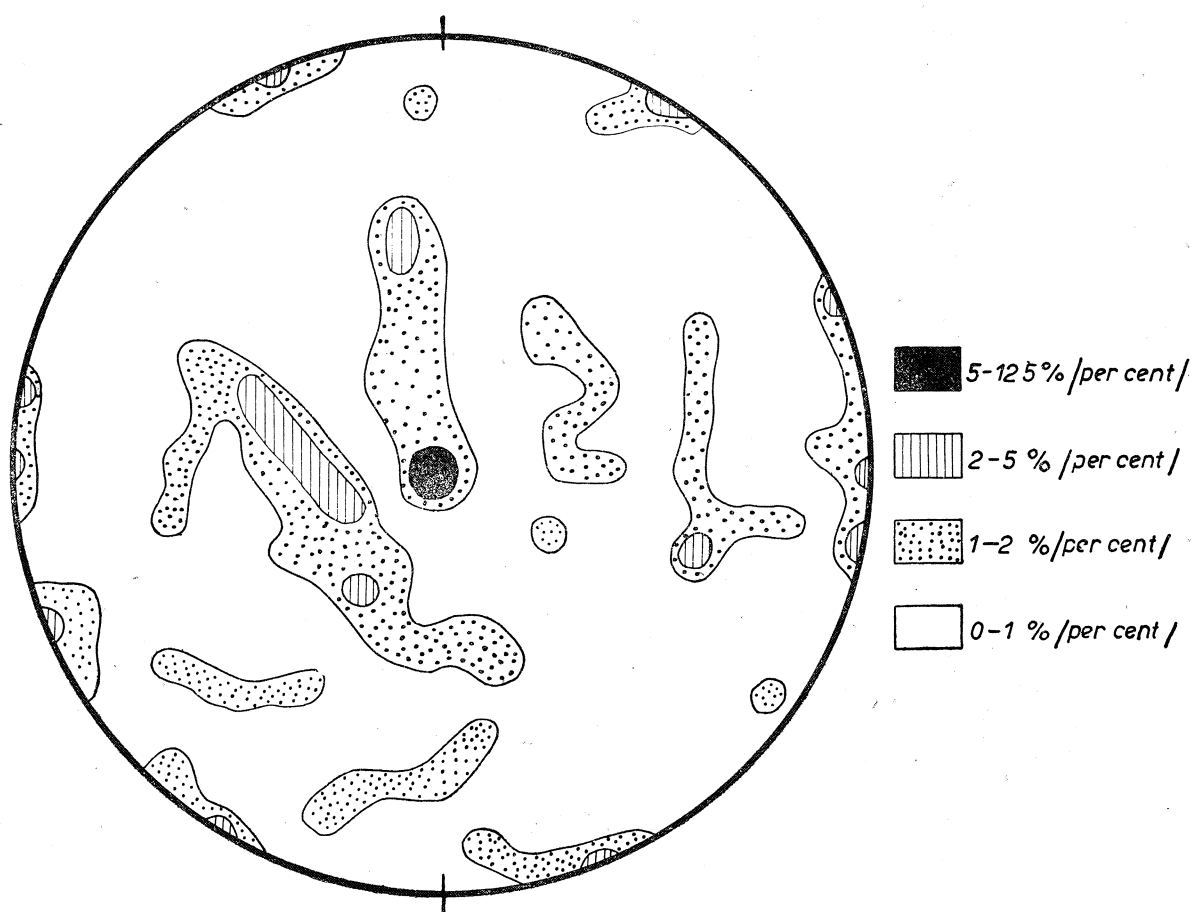


Fig. 2. Orientacja ziarn kwarcu w przekroju prostopadłym do dłuższej osi pnia.
Sokołowsko

Fig. 2. Quartz fabric in a transverse section of the trunk of silicified wood.
Sokołowsko

jeszcze tu i ówdzie zachowanych — w kwarc, nie zachodziły procesy rekrystalizacji zespołów już krystalicznych.

O strukturze próbki *Juniperoxylon* powiedzieć można, że struktura tkanki drzewnej zachowana jest w sposób nierównomierny jak też rozmieszczenie substancji organicznej nie jest jednostajne.

Przyczynę różnie zachowanej prawidłowej orientacji optycznej u kwarcu widzę w stopniu zachowania pierwotnej tkanki drzewnej i sposobie rozmieszczenia substancji organicznej. Ten mój wniosek zgadza się z poglądami paleobotaników przytoczonymi w pracy J. S e n a (1956), że stopień zachowania tkanki drzewa kopalnego zależy więcej od warunków, w których szczątki drzew dostały się do osadów, oraz od właściwych cech danego drzewa (gęstości, stopnia ochrony celulozy przez ligninę) niż od czasu geologicznego.

Mimo licznych zastrzeżeń co do naśladowczych cech krystalizacji minerałów w tkankach drzewnych przyznaję, że w pewnym stopniu orientacja osi optycznych ziarn kwarcu jest uzależniona od pierwotnej struktury drewna. Tę zależność tłumaczę w sposób następujący:

W pierwszym stadium krystalizacji żelu krzemionkowego wytrąconego z roztworu pierwotnie molekularnego w tkance drzewnej — tworzy

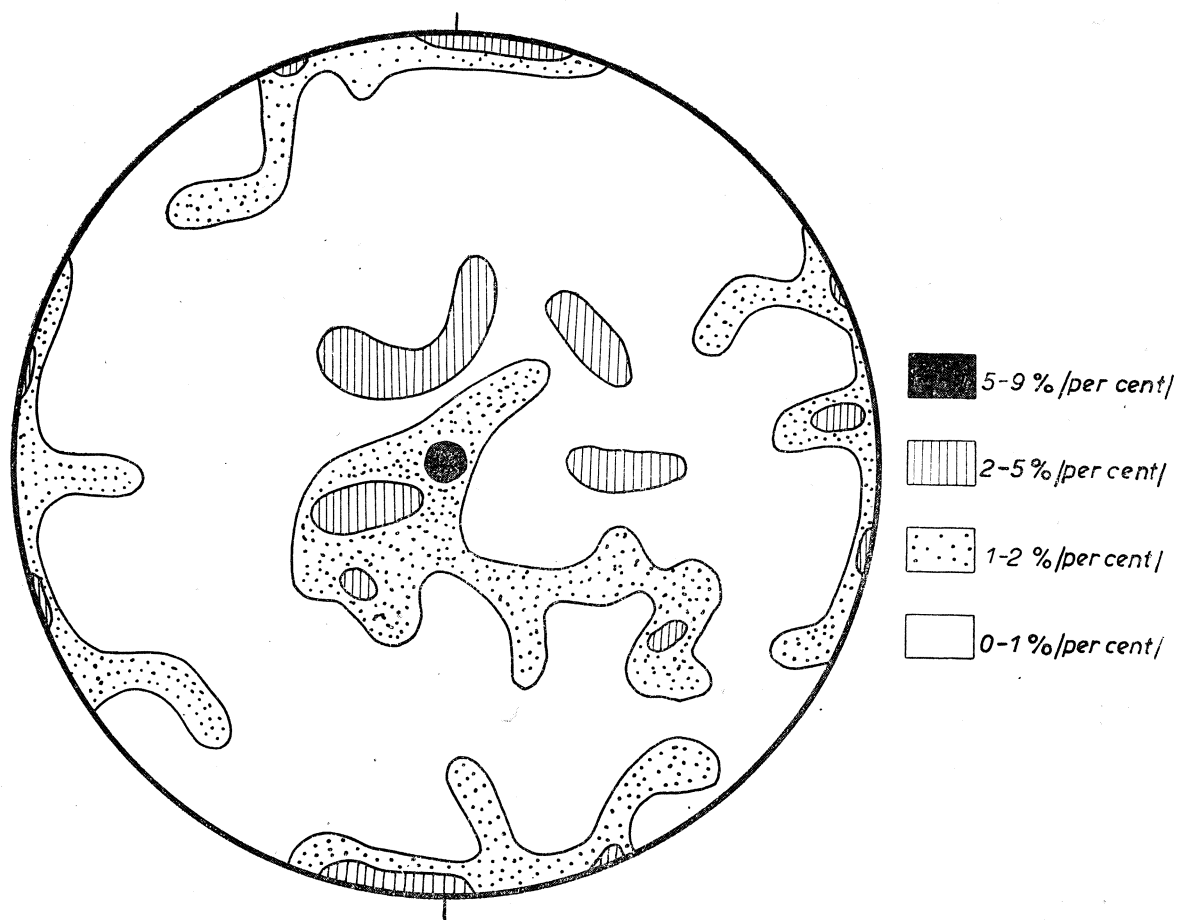


Fig. 3. Orientacja ziarn kwarcu w przekroju równoległym do dłuższej osi pnia *Araucarioxylon*. Kwaczała

Fig. 3. Quartz fabric in a parallel section of the trunk of silicified *Araucarioxylon*. Kwaczała

się chalcedon. Włókna tego minerału mogą się układać i układają się niewątpliwie — jak to zauważyć można w niektórych częściach drzewa warstw żaclerskich — sferolitycznie. Jednak najdłuższe i najlepiej wykształcone włókna są równoległe do dłuższej osi cewek, gdyż w tym kierunku elementy krystaliczne mogą najswobodniej narastać. Wydłużenie chalcedonu jest prostopadłe do większego współczynnika załamania. Z niewielkim odchyleniem od ścisłości można powiedzieć, że wydłużenie to jest prostopadłe do osi optycznej, gdyż chalcedon jest wprawdzie dwuosiowy, ale kąt osi optycznych jest bardzo mały. Przy przejściu chalcedonu w kwarc mniejsze, ukośnie względem osi cewek zorientowane włókna i zanieczyszczone substancją organiczną ulegają rozpuszczeniu i ponownie krystalizują swą orientacją optyczną dostosowując się do kwarcu tworzącego się z dłuższych włókien w obrębie cewek. Proces taki zgodny jest z udokumentowanymi zasadami rekrytalizacji agregatów, mineralnych, w których pewne elementy uzyskują większą czystość i większe rozmiary. Powyższa interpretacja odpowiada wnioskowi J. Sena, (1955) który pisze o „włóknach kwarcu” wydłużonych prostopadłe do jego osi optycznych. Nie są to jednak włókna kwarcu, lecz chalcedon, który dopiero później przekształca się w kwarc.

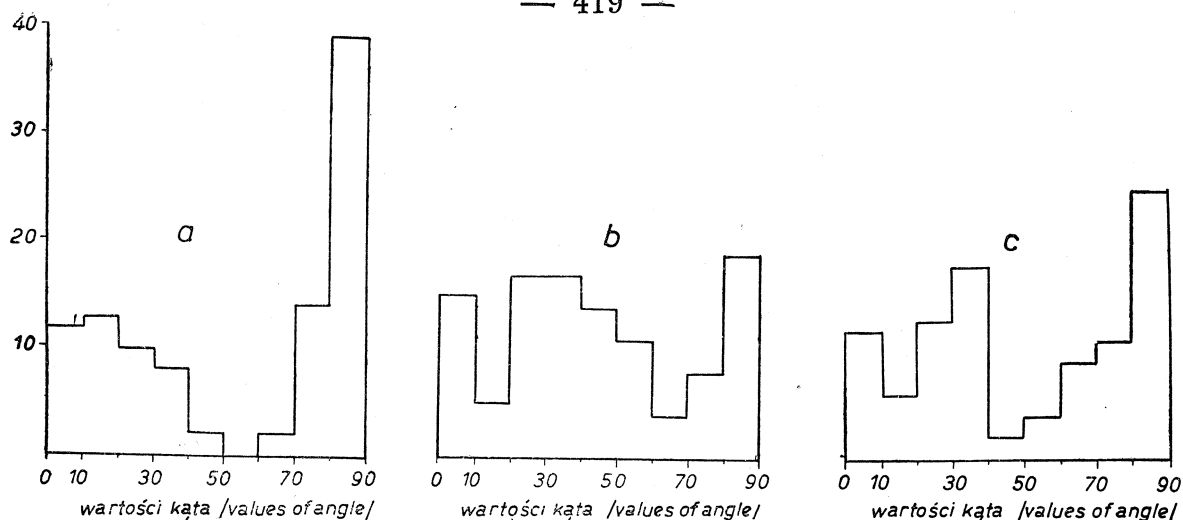


Fig. 4. Histogramy wartości kąta pomiędzy normalną szlifów a osią optyczną prostopadłą do dłuższej osi pnia. a — z karbonu ok. Nowej Rudy. Patrz fig. 1; b — z Sokołowska, patrz fig. 2; c — *Araucarioxylon* z arkozy kwaczałskiej, patrz fig. 3
 Fig. 4. Histogram of the axial values between the normal of section and optical axis of quartz transverse to elongation of the trunk of the fossil wood. a — from Carboniferous of Nowa Ruda, see Fig. 1; b — from Sokołowsko, see Fig. 2; c — *Araucarioxylon* from the Kwaczała arkose, see Fig. 3

Powyższy przebieg krystalizacji chalcedonu i kwarcu był historią mineralizacji drzewa z warstw żałerskich. Dalsze etapy, jak powolne utlenianie substancji organicznej już po wytworzeniu się skamieniałości — nie miały dla zachowania tkanki drzewnej większego znaczenia. W innych opisanych próbkach drzew skamieniałych zaznaczają się ślady dalszych etapów rekrystalizacji, których wynikiem mogły być kryształki kwarcu wydłużone w kierunku osi optycznej, jak to zachodzi z reguły u kwarców idiomorficznych lub też odchylonych wydłużeniem pod różnymi kątami od osi optycznej, jak to bywa u kwarców różnych skał krystalicznych. Mogły też zachodzić późniejsze stadia sylikfikacji nie związane konsekwentnie z główną fazą mineralizacji. Przypuszczam, że zgodne pod względem orientacji optycznej substancje mineralne wypełniające komórki, ściany komórki i przestrzenie międzykomórkowe krystalizowały na ogół synchronicznie.

Jest rzeczą zastanawiającą, że na diagramach J. S e n a widać wszędzie jednego typu prawidłową orientację osi optycznych u kwarcu mimo — jak twierdzi autor — różnego stanu zachowania tkanki drzewnej i różnej intensywności śladów substancji organicznej. Odnośne wnioski są niemożliwe bez porównania materiałów analizowanych przez J. S e n a z badanymi przeze mnie szczątkami drzew skamieniałych. Być może sprawa gatunku drzewa odgrywa tu dużą rolę.

Z omawianymi tu zagadnieniami wiąże się sprawa falistego znikania światła u kwarcu, dość powszechnego zjawiska u tego minerału impregnującego tkankę drzew skamieniałych. W pracy z r. 1954 (l. c.) tłumaczyłam je napięciami w czasie krystalizacji kwarcu w tkance drewna. Obecnie jednak jestem skłonna przyznać słuszność prof. St. Ma ł k o w s k i e m u, który w swoim referacie na posiedzeniu Muzeum Ziemi w r. 1955 wiązał zjawisko falistego znikania światła u kwarcu z drzew skamieniałych z relikami struktury włóknistej chalcedonu.

4. UWAGI O SUBSTANCJACH MINERALNYCH DRZEW SKAMIENIAŁYCH I O FIZYCZNO-CHEMICZNYM PRZEBIEGU PROCESÓW MINERALIZACJI

W moich dotychczasowych obserwacjach obrazów mikroskopowych drzew skamieniałych zarówno przedstawionych w tej pracy, jak i w przygodnych obserwacjach dotyczących materiałów nieznanego pochodzenia, stwierdziłam jako substancję impregnującą tkankę drzewną następujące minerały: opal, chalcedon, kwarc, kalcyt, piryt (ewentualnie markasyt) oraz fosforan wapnia. Arnold (1947) wymienia jeszcze węglan magnezu nie podając jednak, czy chodzi o dolomit, czy też magnezyt. J. Sen (1956) twierdzi, że obok kwarcu, który jest najpospolitszym składnikiem drzew skamieniałych, zidentyfikowano za pomocą promieni Roentgena jeszcze 8 innych minerałów, z których najważniejsze są: amezyt, serpentyt oraz α -karnegit. Z tymi minerałami nie spotkałam się nigdy w moich obserwacjach drzew skamieniałych. Przypuszczam natomiast, że w złożach kruszczowych osadowego pochodzenia spotyka się szczątki drewna impregnowane różnymi siarczkami, tlenkami żelaza oraz syderytem.

Co do fizyczno-chemicznych zjawisk związanych z procesem mineralizacji drzew, nie jest to proces we wszystkich szczegółach wyjaśniony. W obydwu swoich pracach J. Sen (1955, 1956), podkreśla te niejasności, powołując się na wnioski Batemana (1950), Barghoorna (1952), Arnolda (1947) i innych. Bateman przedstawia proces mineralizacji drewna jako metasomatyczną wymianę między jonami w roztworze, przy czym substancje organiczne i nieorganiczne tkanki drzewnej zostają — po zastąpieniu przez minerały — odprowadzone w roztworze. Barghoorn wypowiada się w sposób dość ogólnikowy, że w pewnych nie dających się dokładnie określić warunkach fizyczno-chemicznych zachodzi infiltracja soli mineralnych w roztworze do tkanki drzewnej, a potem wytrącenie tych soli z doskonałym niekiedy zachowaniem pierwotnej struktury drewna.

Arnold zaprzecza możliwości metasomatycznego zastępowania substancji organicznej tkanek drzewnych przez infiltrującą substancję mineralną. Zachodzi natomiast reakcja między produktami rozkładu substancji organicznej a substancją mineralną i częściowo mogą się tworzyć związki rozpuszczalne odprowadzane w roztworze. Powołując się na wyniki analiz chemicznych drzew skamieniałych stwierdza Arnold, że substancja organiczna jest zawsze w mniejszej lub większej ilości zachowana w drewnie skamieniałym. Przebieg procesu mineralizacji jest według Arnolda następujący: Roztwory zawierające rozpuszczone sole o składzie zależnym od środowiska fosylizacji drewna — mogą to być: siarczany, węglany, krzemiany, związki żelaza, fosforany — przenikają stosunkowo jeszcze dobrze zachowaną tkankę drzewną, która dostała się do osadu. Produkty rozkładu substancji organicznej działają redukująco na sole mineralne w roztworze, a wskutek tych procesów wydzielają się z roztworu minerały spotykane w drzewach skamieniałych. Zagadnienie procesów redukcji omówione jest przez Arnolda w sposób niezbyt jasny i nie zawsze ścisły. Krzemionka nie zostaje wytrącona — jak pisze Arnold — wskutek redukcji krzemianów, lecz wskutek ich roz-

kładu pod działaniem dwutlenku węgla, przy czym węglany alkaliczne zostają odprowadzone w roztworze.

Arnold przypuszcza, że nadmiar wody impregnującej tkankę drewna w następstwie procesów mineralizacji zostaje wyciśnięty nadkładem warstw na zmineralizowanych szczątkach.

Wszystkie te rozważania niedostatecznie — moim zdaniem — tłumaczą, co się ostatecznie dzieje z substancją organiczną, której zawartość w drzewie skamieniałym jest na ogół bardzo mała w porównaniu ze składem tkanki żywej. Nic nam o tym nie wiadomo, jakiego rodzaju rozpuszczalne związki organiczne mogą się tworzyć przy reakcji między składnikami tkanki drzewnej i roztworami mineralizującymi. Przypuszczam, że główna strata substancji organicznej zachodzi wskutek procesów utleniania. Jeśli procesy te nastąpią po mineralizacji, tkanka drzewa skamieniałego staje się porowata i podatna do następnych faz rekrytalizacji i mineralizacji. W tych zawikłanych procesach można by się doszukiwać przyczyny różnicy orientacji optycznej ziarn kwarcu w różnych drzewach skrzemieniałych.

Moje obserwacje nie dorzuciły wielu danych naświetlających przebieg procesu mineralizacji drewna. Kilka faktów warto jednak podkreślić. W drewnach zawierających równomiernie rozproszoną substancję organiczną występują obok struktur ziarnistych — struktury włóknisto-sferolityczne. Wśród minerałów grupy krzemionki pojawia się niekiedy chalcedon, wśród węglanów — kalcyt włóknisty. Sferolity obejmują zespoły sąsiednich cewek i tworzą niekiedy — zwłaszcza w drewnach skalcytyzowanych — pasma zbudowane z równej wielkości sferolitów, jakby jednocześnie krystalizujących dokoła jednostajnie rozmieszczonych zarodków krystalizacji. Z tego wynika moim zdaniem, że minerały krystalizują z roztworu koloidalnego i że krystalizacja zachodzi synchronicznie w całej masie drewna lub większych jego częściach. Roztwory mineralizujące wypełniają komórki, przestrzenie międzykomórkowe i wszystkie najdrobniejsze pory. Wskutek reakcji substancji mineralizującej z produktami rozkładu składników tkanki drzewnej np. dwutlenkiem węgla może nastąpić koncentracja krzemionki, w którą najczęściej obfitują roztwory mineralizujące wobec olbrzymiej roli krzemianów jako składników skał. Odprowadzenie wody z tkanki przez wysychanie czy wyciskanie pod ciężarem osadu, czy też zmiana kwasowości środowiska spowoduje wytrącenie hydrożelu. W pierwszym stadium powstanie opal i na tym stadium niekiedy proces może się zatrzymać. Najczęściej jednak nastąpi krystalizacja chalcedonu, później kwarcu. Takie ogólne wnioski dotyczą przypadku roztworów bogatych w krzemionkę. Jest mniej oczywiste, dlaczego kalcyt, który najczęściej krystalizuje z roztworów molekularnych — w drzewie z Łukowa i przypuszczalnie innych podobnych — ma charakter utworu powstałego z roztworu koloidalnego. Fakt ten można przypisać działaniu koloidów organicznych.

Także zjawiska mineralizacji innymi substancjami mineralnymi mogą być w sposób raczej prosty zinterpretowane. Jednak te interpretacje mają charakter domysłów. Obserwacje przeprowadzone na większym materiale powinny nas z dziedziny tych domysłów zaprowadzić do lepiej uzasadnionych hipotez.

5. WNIOSKI

a) Struktura zespołów mineralnych wypełniających tkankę drzewa skamieniałego zależy w pewnej mierze od właściwości tej tkanki w momencie, gdy proces mineralizacji się rozpoczął. Właściwości te, a mianowicie struktura tkanki, stan jej zachowania, zawartość i rozmieszczenie substancji organicznej rozstrzygają o wielkości ziarn mineralnych, kierunku ich wydłużenia, zachowaniu lub rekrytalizacji struktury sferolitycznej, a przede wszystkim o prawidłowości orientacji kierunków optycznych minerału. Nie jest jednak uzasadnioną hipotezą, że anizotropia struktury mineralnej jest odzwierciedleniem anizotropii pierwotnej tkanki drewna. W procesie krystalizacji substancji mineralnej zaznacza się przede wszystkim tendencja do zachowania zgodnej orientacji optycznej w jaknajwiększej ilości ziarn wypełniających cewki sąsiednie i do przekształcenia struktury tkanki drzewnej na strukturę skał krystalicznych.

b) Stwierdzono na podstawie analizy mikroskopowej szlifów z drzew skrzemieniałych i skalcytyzowanych, że kwarc i kalcyt krystalizowały w obrębie tkanki drzewnej ze stanu koloidalnego; w drzewach skrzemieniałych stadium pośrednie między opalem i kwarcem stanowił chalcedon, między węglanem wapnia koloidalnym a kalcytem ziarnistym stadium pośrednie stanowił kalcyt włóknisty (w pewnej fazie być może aragonit).

c) Przyczyną prawidłowej orientacji osi optycznych u kwarcu — która to prawidłowość nie jest regułą i zdarza się według moich obserwacji u drzew z bardzo dobrze zachowaną tkanką — jest tworzenie się chalcedonu o włóknach najczęściej zorientowanych w kierunku osi cewek i najlepiej w tym kierunku wykształconych. Kwarc powstający z rekrytalizacji takiego chalcedonu ma, podobnie jak chalcedon, wydłużenie prostopadłe do osi optycznej.

d) Stopień prawidłowości orientacji osi optycznych u kwarcu zależy nie od wieku drewna, lecz od stanu zachowania tkanki i od równomierności rozmieszczenia w niej substancji organicznej. Tam gdzie tkanka była źle lub nierównomiernie zachowana, mineralizacja mogła zachodzić w kilku etapach; miejscami były warunki sprzyjające tworzeniu się ziarn kwarcu wydłużonych zgodnie z osią optyczną, co jest regułą u kwarców idiomorficznych; miejscami tworzyły się ziarna allomorficzne z wydłużeniem nieznacznie odchyłonym od kierunku osi optycznej, jak to bywa u wielu granitów i w skałach metamorficznych.

WYKAZ LITERATURY REFERENCES

1. Arnold C. A. (1947), *An Introduction to Paleobotany*. New York and London.
2. Bateman A. M. (1950), *Economic mineral deposits*. New York and London.
3. Barghoorn E. S. (1952), Degradation of plant tissues in organic sediments. *Journ. Sediment. Petrology* 22, pp. 34—41.
4. Dziedzic K. (1957), Problemy geologiczne górnego karbonu i czerwonego spągowca. Przewodnik do XXX Zjazdu Pol. Tow. Geol. w ziemi kłodzkiej, pp. 127—135. Wrocław.
5. Fairbairn H. W. (1949), *Structural petrology of deformed rocks*. Cambridge.
6. J. Sen (1955), Orientation of quartz grains in some indian silicified woods. *The Palaeobotanist*, 4, pp. 77—82.

7. J. Sen (1956), Fine structure in degraded, ancient and buried wood, and other fossilized plant derivatives. *The Botanical Review* (June 1956), 22/4, pp. 343—374.
8. Turnau-Morawska M. & Jahn M. (1954), Orientacja optyczna ziarn kwarcu w drzewie skamieniałym z okolic Chrzanowa (Optic orientation of quartz grains in the fossil wood from the environs of Chrzanów. *Rocz. Pol. Tow. Geol. (Ann. Soc. Geol. Pologne)*, 22, pp. 177—186, Kraków.
9. Veuillet-Bartoszewska M. (1956), Sur l'anatomie et les affinités du *Dadoxylon* (*Araucarioxylon*) *sahariense* nov. sp., bois fossile du Continental intercalaire de l'Emi — Fezzan. *Bull. Soc. Géol. de France*, Sixième Sér. 6, 6/1—3, pp. 227—236, Paris.

Z Zakładu Petrografii Skał Osadowych Uniwersytetu Warszawskiego
Warszawa, listopad 1957

SUMMARY

Abstract. Basing upon microscopic analysis of thin sections the author concludes that the structure of mineral aggregates in fossil wood and especially the preferred optic orientation in quartz grains depend upon the degree of preservation of the plant tissue and upon the uniformity in repartition of the organic matter. The author does not agree with the conclusions of J. Sen that the symmetry in structure of mineral aggregates is inherited from the primary symmetry of the plant tissue. In the crystallization process of minerals prevails a tendency to maintain the same optic orientation in several grains filling up the neighbouring tracheides, and to change the structure of the tissue to that of a crystalline rock.

The author presents the results of her microscopic studies concerning some samples of silicified wood and other samples of calcified and partly pyritized wood. One of the silicified samples was found in situ in the Zaclar beds of the Carboniferous, near Nowa Ruda, Lower Silesia; it belongs probably to the *Dadoxylon* species. The other sample, a specimen of *Araucarioxylon* was collected in the environs of Chrzanów and resembles to that described in a former publication (T. Turnau-Morawska and M. Jahn, 1954). The third sample, probably of Tertiary age is of the *Juniperoxylon* species and was found — probably not in situ near Wałbrzych (Waldenburg), Lower Silesia. The calcified and pyritized samples were found in situ in the Middle Jurassic of Łuków, Podlasie.

The main purpose of these investigations was a study of mineral composition, structure and texture in several samples of fossil wood in light of the conclusions presented in two papers of J. Sen (1955, 1956) from the Botanical Laboratory, University College of Science, Calcutta. This author basing upon studies by means of the universal stage procedure and other investigations of ancient and buried wood in different stages of fossilization, arrives to conclusions which may be summarized in following sentences: 1) The mineralization (or petrification) of wood is one of the stages of the complex series of processes controlling the fine structure of the fossil plant tissue, and this stage is prepared by biochemical destroying of organic compounds which in some cases greatly helps in preservation in the general anatomic plan of the original plant. 2) The patterns of the quartz fabric in the silicified wood show a symmetry inherited by the anisotropy of the wood itself. Possibly some sort of „mimetic” crystallization is responsible for the types of inherited orientation present in the silicified wood.

Basing upon her own observations and the quartz fabric study per-

formed by K. Łydka, the author partly agrees with the conclusions of J. Sen, but supposes that some of his opinions ought to be modified and completed. The author states that the mineral structure in fossil wood depends in some degree of the composition and structure of the plant tissue which it had in the moment when the mineralization process has started. These conditions have influenced the grain size, the elongation direction, the character of mineral aggregates and especially the optic orientation of mineral grains. However it would be not correct to conclude that the mineral structure in fossil wood reflects the primary anisotropy of the plant tissue. Conformably to the present authors observations the dominant tendence in the crystallization of mineral grains in fossil wood is to maintain the same optic orientation in most of grains filling up the neighbouring tracheides and to change the structure of a plant tissue into a structure of a crystalline rock. Observing the thin section in ordinary light one remarks a well preserved fine structure of wood. But in polarized light between crossed nicols the picture resembles that of a crystalline rock seen through a net drawn according to the pattern of the plant tissue.

As to the mechanism of petrification the author supposes that the minerals in fossil wood — of which quartz and calcite are the most common — have crystallized from a colloidal matter which formed after the mineralising solution has infiltrated the plant tissue. The crystallizing proces proceded synchronously in a large part of the tree. During an intermediary stage chalcedony was formed which recrystallized to quartz. The crystallization of calcite grains was preceded by formation of spherolites which belonged perhaps to aragonite in an earlier stage.

The preferred optic orientation of quartz grains observed in some well preserved silicified wood (fig. 1) is the result of crystallization of silica first in form of chalcedony the fibres of which are mostly elongated in the direction of the cells and are better formed in this than in other direction. When quartz recrystallizes from the chalcedony fibres the optic axes are normal to the long axes of the cells in the same manner as in chalcedony.

The more or less symmetrical orientation of quartz optic axes is independent of geological age but depends from the degree of the preservation of the wood sample and from the uniformity in repartition of organic matter. In tissues the preservation of which is not uniform the mineralization processes could proceed in several stages. In some parts of the tissue later generations of quartz could crystallize, elongated in direction of optic axes which is the rule in idiomorphic grains, or the elongation slightly deviated from the direction of optic axe as in quartz grains in many granites and metamorphic rocks.

OBJAŚNIENIA TABLIC
EXPLANATION OF PLATES

TABLICA LII
PLATE LII

- Fig. 1. Obraz mikroskopowy drzewa skamieniałego z warstw żaclerskich okolic nowej Rudy. Przekrój podłużny. Bez nikola, ok. 33 ×
Fig. 1. Fossil wood from the environs of Nowa Ruda, Lower Silesia, Żaclar beds, Carboniferous, Longitudinal section. Without analyzer, ca × 33
Fig. 2. Obraz mikroskopowy tej samej próbki przy skrzyżowanych nikolach
Fig. 2. Microscopic aspect of the same fossil wood under crossed nicols
Fig. 3. Drzewo skamieniałe z warstw żaclerskich koło Nowej Rudy w przekroju poprzecznym. Jasne smugi pochodzą od rozerwania tkanki i wypełnienia drugą generacją kwarcu. Obraz bez analizatora, ok. 33 ×
Fig. 3. Fossil wood from the same sedimentary series, environs of Nowa Ruda. White streaks resulting from tearing of the plant tissue and filling up with a second generation of quartz. Transverse section. Without analyzer, ca × 33
Fig. 4. To samo. Nikole skrzyżowane
Fig. 4. The same. Crossed nicols

TABLICA LIII
PLATE LIII

- Fig. 1. Drzewo skamieniałe z warstw żaclerskich koło Nowej Rudy. Przekrój poprzeczny. Zaciemnienia ścian komórek i przestrzeni międzykomórkowej pochodzą od pigmentu organicznego. Bez analizatora, ok. 125 ×
Fig. 1. Fossil wood, environs of Nowa Ruda. Transverse section. Dark organic pigment in the cell wall and intracellular spaces. Without analyzer, ca × 125
Fig. 2. Drzewo skamieniałe z warstw żaclerskich okolic Nowej Rudy. Przekrój poprzeczny. Tkanka drzewna częściowo zniszczona. Nikole skrzyżowane, ok. 33 ×
Fig. 2. Fossil wood, environs of Nowa Ruda. Transverse section. The plant tissue is partly destroyed, Crossed nicols, ca × 33
Fig. 3. Drzewo skamieniałe z Sokołowska, okolice Wałbrzycha. *Juniperoxylon* sp. Przypuszczalnie trzeciorzęd. Przekrój podłużny. Bez analizatora, 25 ×
Fig. 3. Fossil wood from Sokołowsko near Wałbrzych, Lower Silesia. *Juniperoxylon* sp. Probably Tertiary. Longitudinal section. Without analyzer, × 25
Fig. 4. To samo przy skrzyżowanych nikolach
Fig. 4. The same, crossed nicols

TABLICA LIV
PLATE LIV

- Fig. 1. Drzewo skamieniałe z Sokołowska. Przekrój poprzeczny. Tkanka drzewna częściowo zniszczona. Bez analizatora, 34 ×
Fig. 1. Fossil wood of Sokołowsko. Transverse section. The plant tissue partly destroyed. Without analyzer, × 34
Fig. 2. To samo przy skrzyżowanych nikolach, 120 ×
Fig. 2. The same under crossed nicols, × 120

TABLICA LV
PLATE LV

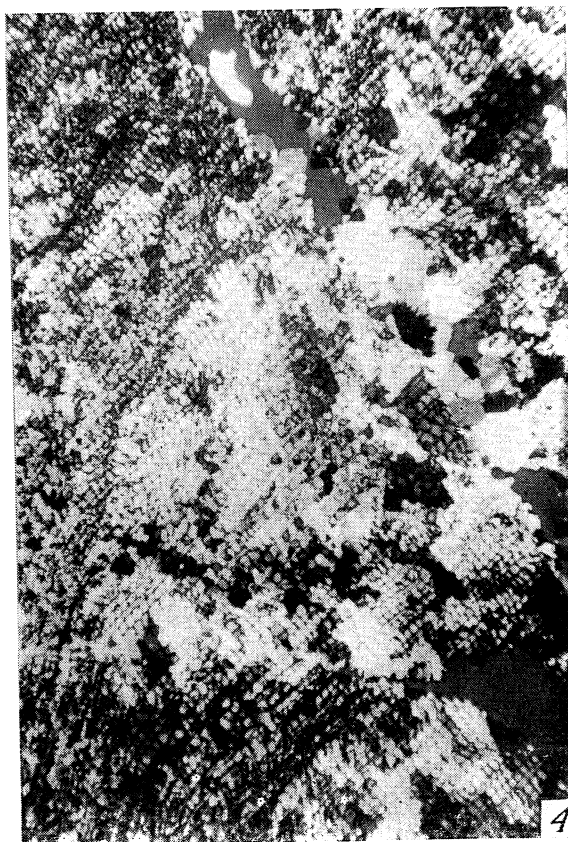
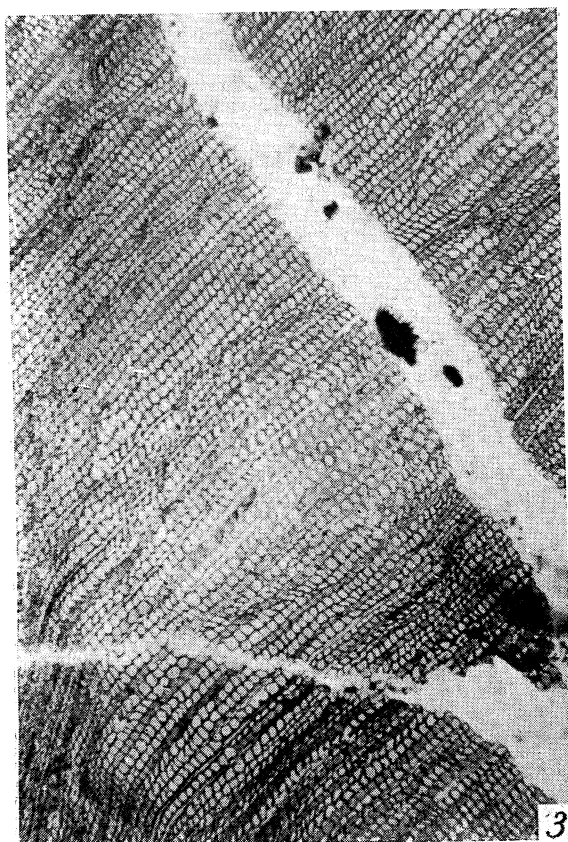
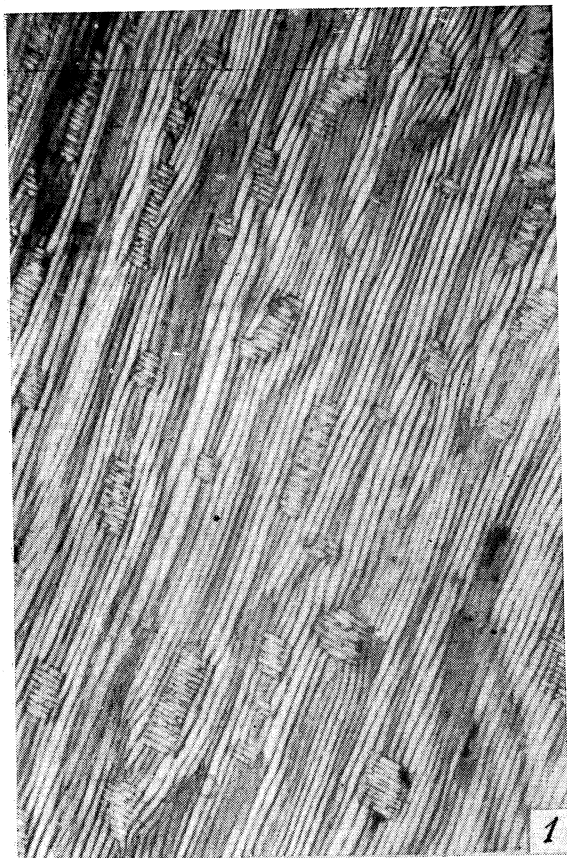
- Fig. 1. Drzewo skamieniałe z Sokołowska. Przekrój poprzeczny. Bez analizatora, 60 ×
Fig. 1. Fossil wood of Sokołowsko. Transverse section. Without analyzer, × 60
Fig. 2. To samo. Nikole skrzyżowane
Fig. 2. The same. Crossed nicols

TABLICA LVI
PLATE LVI

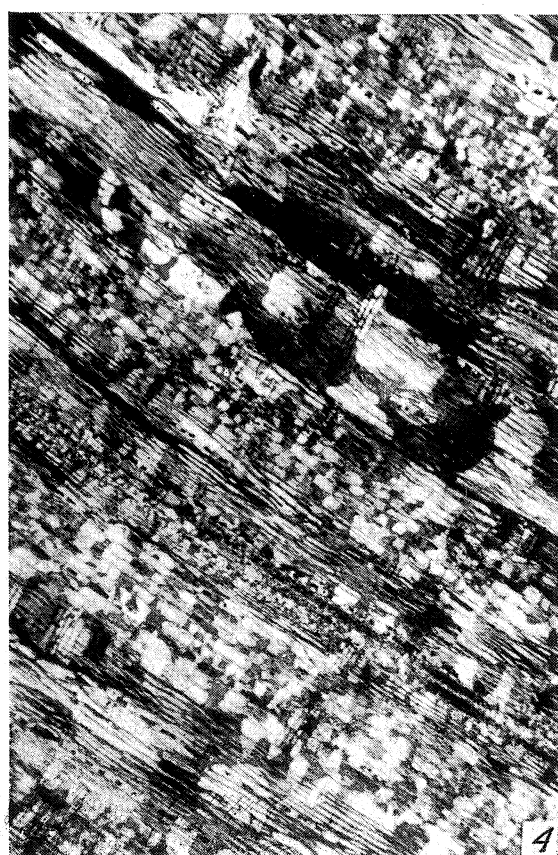
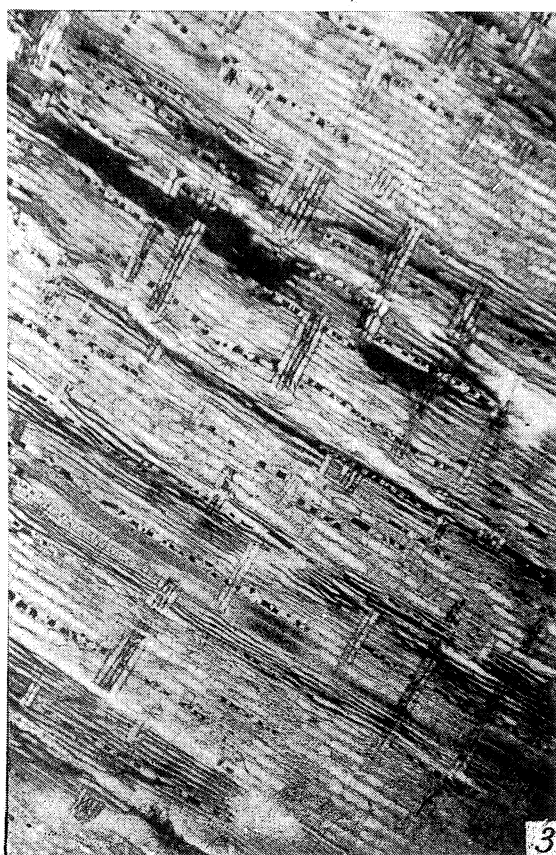
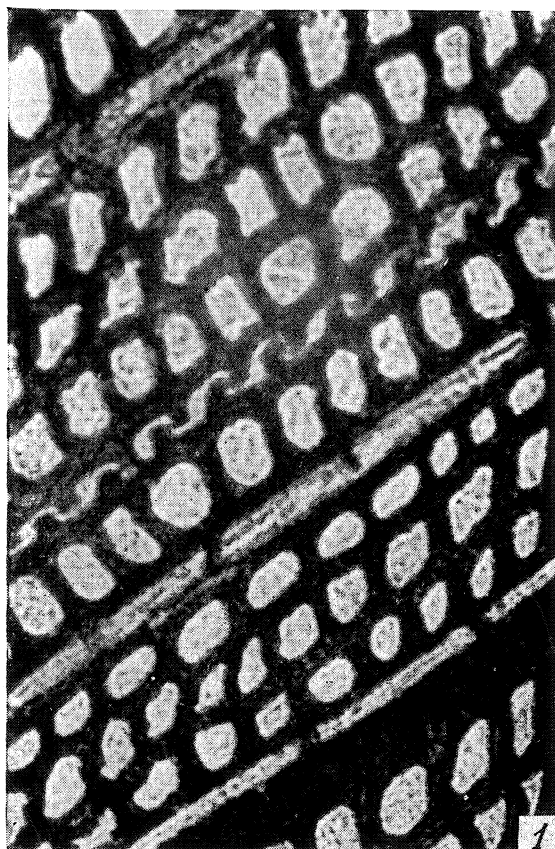
- Fig. 1. Drzewo skamieniałe z Łukowa na Podlasiu. Przekrój poprzeczny. Nikole skrzyżowane, 60 ×
Fig. 1. Fossil wood of Łuków, Podlasie, Middle Jurassic. Transverse section. Infiltrated minerals: calcite and pyrite. Crossed nicols, × 60

TABLICA LVII
PLATE LVII

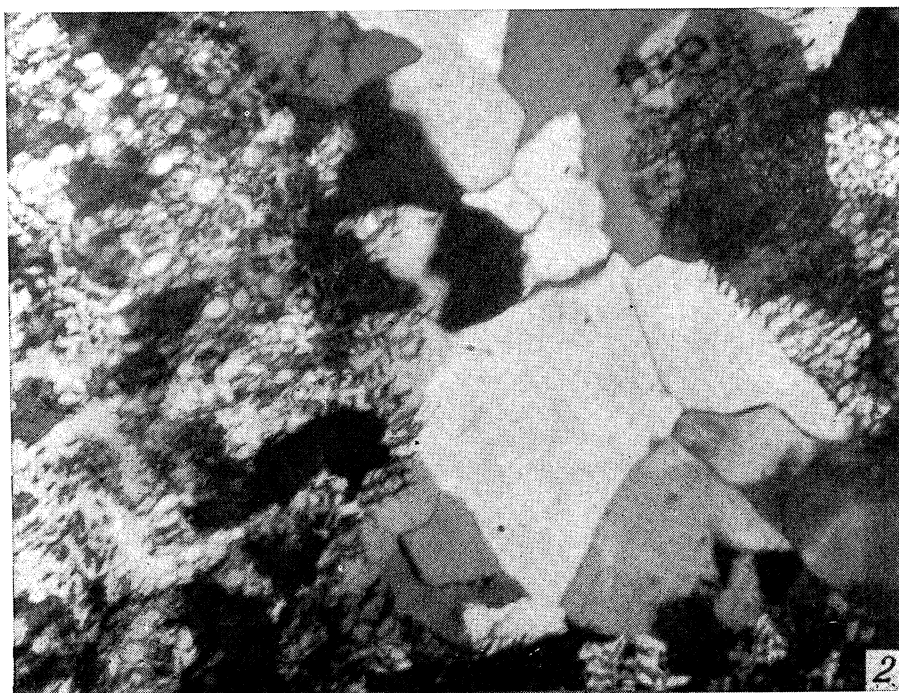
- Fig. 1. Drzewo skamieniałe z Łukowa. Przekrój podłużny. Nikole skrzyżowane. Ciemne zabarwienie tkanek pochodzi od substancji organicznej (celulozy?) i pirytu. W częściach zniszczonych tkanki widoczne sferolity kalcytu włóknistego, 10 ×
Fig. 1. Fossil wood from Łuków. Longitudinal section. Magnification × 10. Crossed nicols. Dark colour of plant tissues is due to organic mater (cellulose?) and pyrite. In destroyed parts of the plant tissue fibrous calcite is present
Fig. 2. Drzewo skamieniałe z Łukowa. Przekrój podłużny. Nikole skrzyżowane. Sferolity kalcytu włóknistego obejmują grupy cewek sąsiednich. 10 ×
Fig. 2. Fossil wood from Łuków. Longitudinal section. Crossed nicols. Spherolites of fibrous calcite include groups of several tracheides. × 10

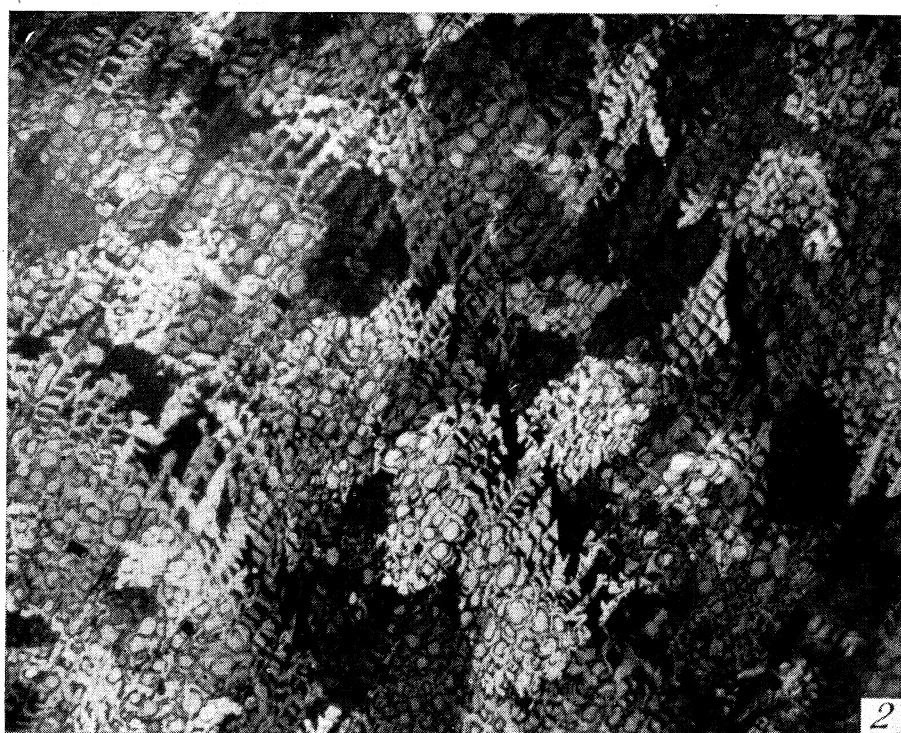
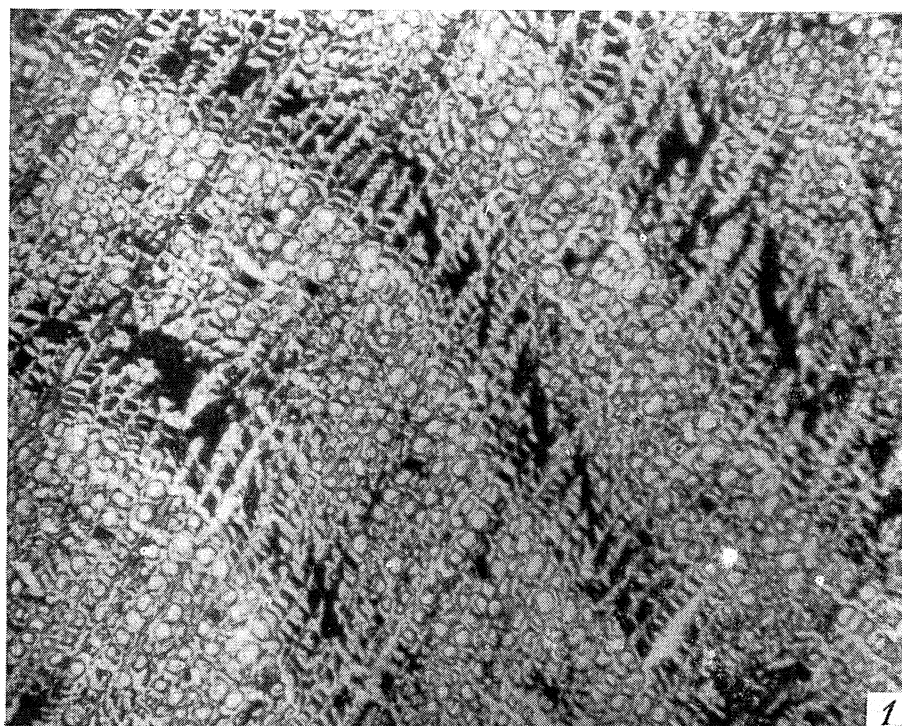


M. Turnau-Morawska

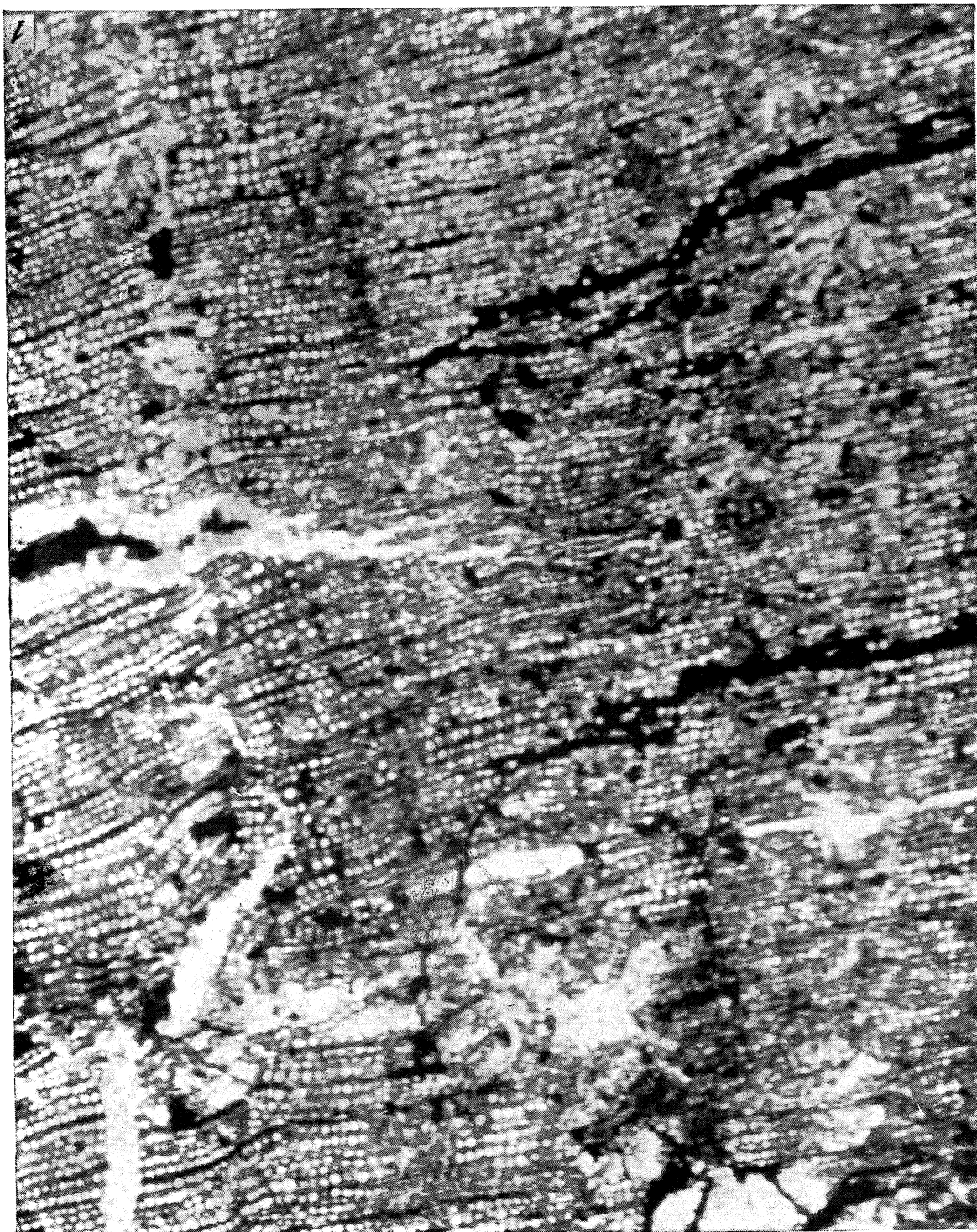


M. Turnau-Morawska





M. Turnau-Morawska



M. Turnau-Morawska

