

M. TURNAU-MORAWSKA i M. JAHN

ORIENTACJA OPTYCZNA ZIARN KWARCU W DRZEWIE SKAMIENIAŁYM OKOLIC CHRZANOWA

(Tabl. VII i 2 rys.)

Оптическая ориентировка зерн кварца в окаменелых стволах
из окрестностей г. Хшанова

(Таб. VII и 2 рис.)

Optic orientation of quartz grains in the fossil wood from the environs of Chrzanów

(Pl. VII and 2 fig.)

Streszczenie. Przeprowadzono analizę mikroskopową płytek cienkich wykonanych z pnia drzewa skamieniałej araukarii (*Araucarioxylon schroellianus* Goepf), występującej „in situ” wśród osadów permskich okolic Chrzanowa i znanej z literatury paleobotanicznej. Badania w świetle spolaryzowanym wykazują, że substancją mineralizującą jest wyłącznie kwarc, którego na ogół dobrze wykształcone ziarna wypełniają komórki drewna. Około 40% ziarn wykazuje faliste znikanie światła, którą to anomalie optyczną interpretuje się dotąd przeważnie jako wynik ciśnień górotwórczych. Ponieważ osady permu chrzanowskiego nie są zmetamorfizowane, przeto jedynym ciśnieniem wchodzącym tu w grę byłby opór błon komórkowych, ujawniający się w czasie krystalizacji kwarcu w tkankach roślinnych.

W sierpniu roku 1948 miałam sposobność — dzięki uprzejmości dr St. Siedleckiego — zwiedzić piękne odsłonięcia permu w okolicach Chrzanowa. Wraz z okazami o charakterze ściśle petrograficznym zebrałam wówczas w wąwozie permskim na W od Zagórza odłamek pnia skrzemieniałej araukarji (*Araucarioxylon schroellianus* Goepf.), znanej od pół wieku badaczom flor kopalnych Polski¹. Piękno obrazów jakie ukazują w mikroskopie polaryzacyjnym cienkie płytki, wykonane wzdłuż i w poprzek osi pnia, zachęciło nas do szczegółowej analizy substancji mineralnej, impregnującej obecnie komórki drewna. Wspólnie ze starszą asystentką Zakładu Mineralogii i Petrografii U.M.C.S. w Lublinie, mgr Marią Jahn, wykonałyśmy szereg obserwacji i pomiarów mikroskopowych, których wyniki przedstawiamy w niniejszej notatce.

Mikrofotografie wykonane zostały przez inż. St. Makowieckiego w mikroskopie „Mef” Reicherta, za wypożyczenie którego najuprzejmiej dziękuję kierownikowi Zakładu Fizjologii Roślin, prof. A. Paszewskiemu.

¹ Odnośną literaturę podaje J. Lilpop w książce pt. „Roślinność Polski w epokach minionych”. Lwów 1929.

I. Opis obrazów mikroskopowych

Substancją mineralną, impregnującą badany odłamek pnia araukarii, jest wyłącznie kwarc. Jak wykazują mikrofotografie, wykonane zarówno w świetle zwyczajnym jak i spolaryzowanym, każdą cewkę drewna wypełnia zazwyczaj pojedyncze ziarno kwarcu. W niektórych tylko partiach szlifów widoczne są nieregularnie rozrzucone plamy drobnoziarnistych agregatów, których rozmieszczenie i budowa nie są zależne od budowy anatomicznej drewna. 40% ziarn wykazuje faliste znikanie światła. Mimo nieznacznych rozmiarów ziarn kwarcu (przeciętna dłuższa średnica, równoległa do osi cewki wynosi 0,1 mm, oś krótsza poprzeczna 0,07 mm) wspomniana anomalia optyczna zaznacza się bardzo wyraźnie. Zgodnie z budową anatomiczną drewna ziarna kwarcu są na ogół wydłużone w kierunku osi cewek, natomiast w strefie promieni rdzeniowych średnica równoległa do cewki jest krótsza aniżeli poprzeczna.

W płycie cienkiej, wykonanej prostopadle do osi pnia, ziarna kwarcu są łądząco podobne do ziarn z obwódkami regeneracyjnymi, znanymi w piaskowcach kwarcytowych. Rdzeń ziarna odgranicza się od obwódki w świetle zwyczajnym dzięki szaro-żółtemu pigmentowi, przypuszczalnie natury organicznej. W świetle spolaryzowanym rdzeń i obwódka wykazują zgodną orientację optyczną, jednocześnie wygaszając światło. Można przypuścić, że zjawisko regeneracji ziarn kwarcu zachodziło tu w sposób podobny jak w piaskowcach, w których krzemionka wnikała wtórnie na miejsce spoiwa pierwotnego odmiennej natury, względnie wypełniała puste przestrzenie między ziarnami kwarcu. O ile jednak w piaskowcach kwarcytowych rdzeń jest niewątpliwie starszy od obwódki, o tyle nic nie wiemy odnośnie kolejności krystalizacji krzemionki w komórce i błonie komórkowej.

II. Orientacja optyczna ziarn kwarcu

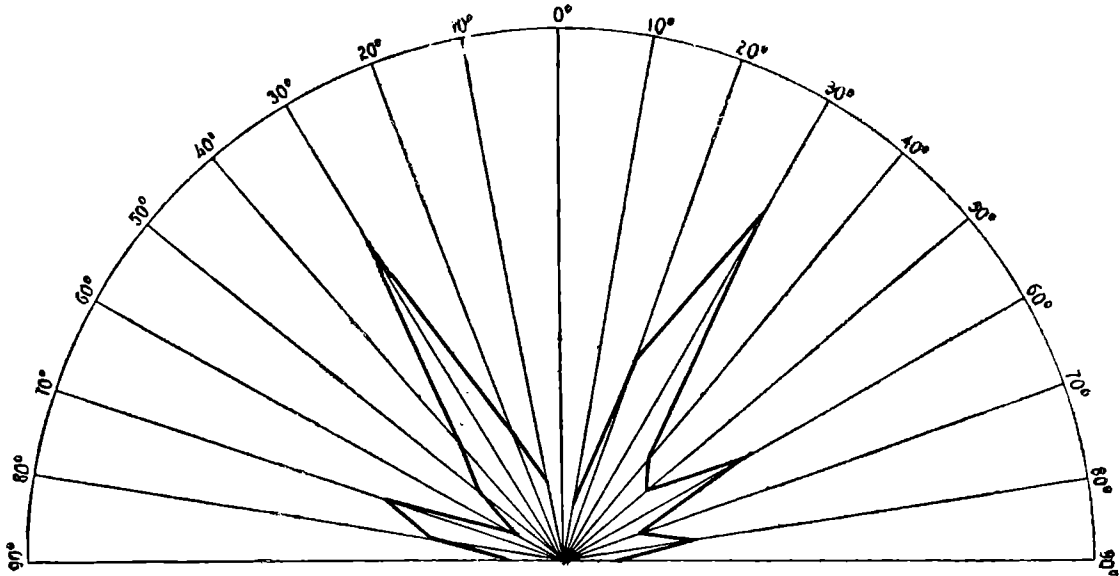
Pełny obraz rozmieszczenia kierunków optycznych w przestrzeni użyjemy jedynie przy użyciu stolika uniwersalnego F e d o r o w a. Niestety Zakład nasz nie rozporządza podobnym aparatem, mogliśmy przeto wyzyskać do analizy jedynie rzuty wektorów optycznych na płaszczyznę szlifów. Przekrój podłużny okazał się najodpowiedniejszy do pomiaru ze względu na większe powierzchnie przekroju ziarn oraz łatwość uzyskania dokładnie równoległej do osi drewna płytki cienkiej. Wykonano 200 pomiarów kątów znikania światła dla kierunku γ' , z uwzględnieniem kierunku obrotu (na prawo względnie lewo) względem osi podłużnej cewek. Zmierzone kąty zostały ujęte w klasy o przedziale 10 stopni a ilości ziarn, odpowiadające górnej granicy danego przedziału zostały odcięte na promieniach koła, wykreślonych w odstępach co 10 stopni. Obraz na ryc. 1¹, przedstawiający orientację optyczną ziarn w przekroju podłużnym drewna, jest w przybliżeniu symetryczny a maksymalna ilość ziarn odpowiada kątowi 30° między kierunkiem γ' a osią cewki.

Stwierdzono, że około 10% ziarn nie rozjaśnia pola widzenia przy skrzyżowanych nikolach. Trudności w uzyskaniu obrazów konoskopowych dla małych ziarn, nie pozwalają najczęściej na rozstrzygnięcie, czy mamy

¹ Ryciny zostały wykonane przez J. E. M o j s k i e g o, asystenta Zakładu Mineralogii U. M. C. S.

do czynienia z przekrojem prostopadłym do osi optycznej czy też z nieprzekryształowaną krzemionką, gdyż żadnych przejść od krystalicznej do bezpostaciowej krzemionki w szlifie nie obserwujemy.

Jako wyjaśnienie wyżej przedstawionej prawidłowości w orientacji optycznej ziarn kwarcu drzewa skamieniałego nasuwa się przypuszczenie, że w czasie krystalizacji krzemionki w komórkach roślinnych istnieją po-



Ryc. 1. Diagram orientacji optycznej ziarna kwarcu w przekroju podłużnym pnia skrzemieniałej araukarii. Promień koła przy 0° oznacza kierunek osi cewek roślinnych, odpowiadający na ogół dłuższej średnicy ziarna. Na promieniach koła wykreślanych co 10° odcięte są ilości procentowe ziarn, odpowiadające danemu kątowi znikania światła względem osi cewki dla kierunku optycznego, odpowiadającego większemu współczynnikowi załamania.

Рис. 1. Диаграмма оптической ориентировки зерн кварца в продольном разрезе в окаменелых стволах араукарии. Радиус круга при 0° обозначает направление оси растительных трахеид, в общем соответствующий более длинному диаметру зерна. На радиусах круга, вычерченных каждые 10°, отрезаны процентные количества зерн отвечающие углу угасания света относительно оси трахеиды для оптического направления, соответствующего большему коэффициенту преломления.

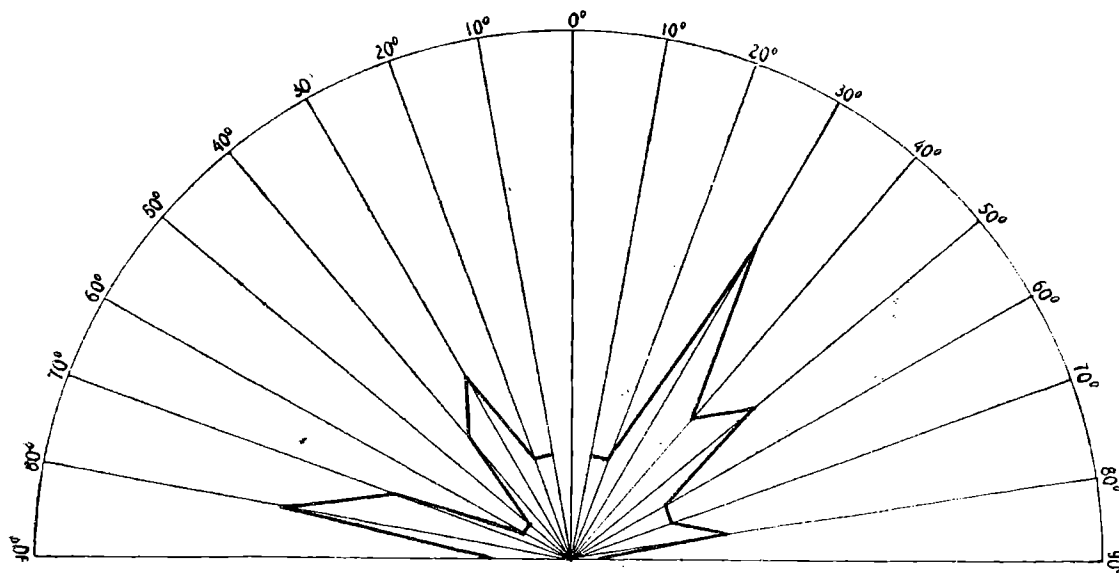
Fig. 1. Optic orientation of quartz grains in a longitudinal section of the silicified araucary. The radius at 0° marks the direction of the tracheides axis, corresponding in general to the longer diameter of the quartz grains. On radius, marker every 10°, the percent of grains are traced, corresponding to a given extinction angle for the larger refractive index and measured towards the tracheide axis.

dobne ciśnienia i napięcia jak w czasie krystalizacji minerałów w skałach metamorficznych strefy „epi“, gdzie głównym czynnikiem struktury i tekstury skał jest ciśnienie kierunkowe (stress).

Literatura podająca materiał doświadczalny i jego interpretację w dziedzinie orientacji optycznej minerałów a zwłaszcza kwarcu w skałach metamorficznych, jest bardzo bogata¹. Na diagramach orientacji optycznej kwarcu, przedstawionych w odnośnych pracach, występują różnego typu maksima, zależnie od charakteru wybranej skały, lub też po-

¹ Przegląd tej literatury podaje F. J. Turner w podręczniku: „Mineralogical and structural evolution of metamorphic rocks“.

jawia się ich kilka na jednym diagramie. Najczęściej jednak występują maksima dla następujących orientacji ziarn: 1) Oś krystalograficzna leży w przybliżeniu prostopadle do płaszczyzny łupkowatości (orientacja alfa), 2) Oś krystalograficzna leży w kierunku wydłużenia ziarn (orientacja gamma), 3) Osi krystalograficzne mierzonych ziarn koncentrują się w dwu strefach, rozmieszczonych symetrycznie w odległości kątowej około 38° od kierunku łupkowatości. Wyjaśnienia tych zjawisk oparte są na dwojakiego typu hipotezach: Pierwsza z nich, wyrażona w pracach W. S c h m i d t a ¹, P. E s k o l i i A. H i e t a n e n a ², ujmuje zjawisko uporządkowanej orientacji optycznej kwarcu jako wywołane obrotem elementów sieci kry-



Rys. 2. Orientacja optyczna ziarn kwarcu w łupku chlorytowo-kwarcowym z utworów lodowcowych doliny Bugu. Zasada wykresu jak na rys. 1.

Рис. 2. Оптическая ориентировка зерн кварца в хлорито-кварцитовом сланце ледниковых пород долины Буга. Диаграмма в основном такая-же как и на рис. 1.

Fig. 2. Optic orientation of quartz grains in quartz-chlorite schist from glacial deposits of the Bug valley. Explanation of the diagram as on fig. 1.

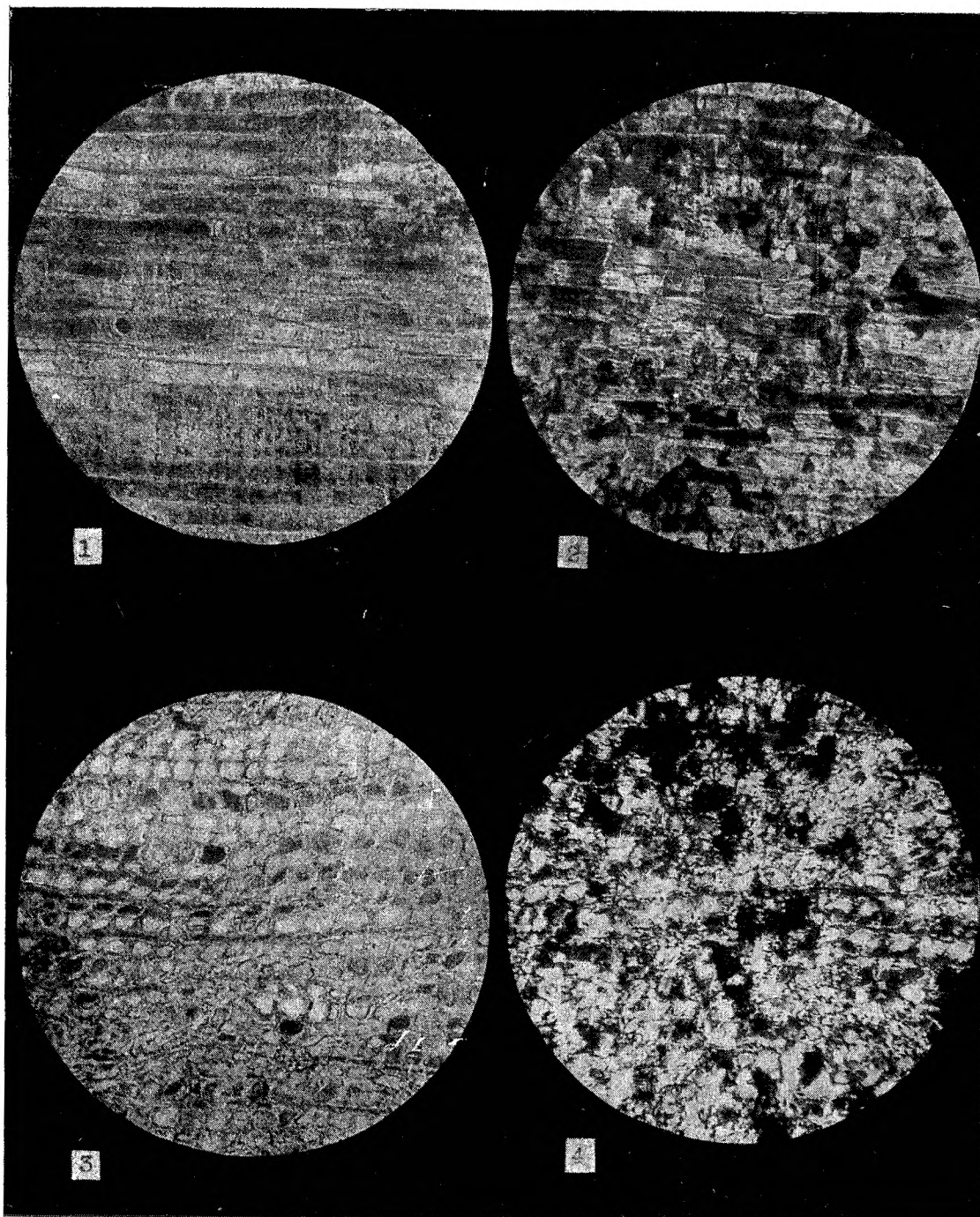
ształu w ten sposób, że układają się one równoległe do pewnych kierunków lub płaszczyzn krystalograficznych, wyróżniających się większą gęstością ułożenia jonów w sieci. Druga hipoteza, sformułowana przez B. S a n d e r a ³, D. G r i g g s a i J. T. B e l l a ⁴, powołuje się na wyniki doświadczeń, w których poddawano kryształy kwarcu wysokiemu ciśnieniu oraz wyraża pogląd, że w czasie metamorfozy dynamicznej następuje mechaniczne rozbitcie kryształów na igielkowate elementy, ograniczone ścianami romboedru jednostkowego, ścianami dwuścianu lub też nieregularnymi powierzchniami, równoległymi do osi „c” kryształu.

¹ W. Schmidt. (1927) Zur Quartzgefügeregel. *Fortschr. Miner.* 11.

² P. Eskola u. A. Hietanen. (1938) On the petrology of Finnish quartzites. *Comm. Géol. Finlande.*

³ B. Sander. (1911) Ueber Zusammenhänge zwischen Teilbewegung u. Gefüge in Gesteinen. *Tscherm. Mitt.*

⁴ D. Griggsa. J. T. Bell. (1939) Hypotheses of quartz orientation of tectonites. *Geol. Soc. Am. Bull.*



M. Turnau-Morawska i M. Jahn

Niezależnie od słuszności tej czy innej teorii, diagram orientacji optycznej ziarn kwarcu w drzewie skamieniałym świadczy, że w czasie krystalizacji krzemionki w komórkach roślinnych, opór błon komórkowych powodował powstawanie napięć i związane z tym tendencje do układania się elementów krystalicznych w płaszczyznach równoległych do ścian romboèdru jednostkowego. Porównanie naszych diagramów z odpowiednimi znanymi diagramami kwarców skał metamorficznych nie było bezpośrednio możliwe, ze względu na inną metodę pomiaru. Zastosowaliśmy przeto wyżej przedstawioną metodę oznaczania orientacji optycznej ziarn kwarcu do analizy łupku chorytowo-kwarcowego z utworów lodowcowych doliny Bugu, wykazującego mikroskopowo cechy metamorfizmu regionalnego strefy „epi“. Diagram na fig. 2, ilustrujący orientację optyczną kwarcu w badanym łupku, przypomina obraz uzyskany dla skrzemieniałej araukarii. Pewna asymetria obrazu może być związana z niedostateczną dokładnością wykonania szlifu, który winien być równoległy do płaszczyzny łupkowatości.

Stwierdzamy zatem, że przy krystalizacji krzemionki w tkankach organicznych mogą w pewnych warunkach zachodzić zjawiska deformacji sieci krystalicznej ziarn kwarcu, czego wyrazem jest ich faliste wygaszanie światła, ujawnia się tendencja do uzyskania uporządkowanej orientacji optycznej, podobnie jak w skałach metamorficznych typu łupków krystalicznych.

Fakty te należy brać pod uwagę przy wszelkich wnioskach o genezie ziarn kwarcu, obserwowanych na łożysku wtórnym. O ile charakter wrostków, obecnych wewnątrz ziarn kwarcu, może dać cenne wskazówki odnośnie ich genezy, o tyle we wnioskach co do pochodzenia tychże ziarn, opartych na własnościach optycznych, uwarunkowanych budową i stanem deformacji sieci krystalicznej — należy być bardzo ostrożnym.

Z Zakładu Mineralogii i Petrografii
Uniwersytetu M. Curie Skłodowskiej
w Lublinie

OBJAŚNIENIA DO TABLICY VII

- Fot. 1. *Araucarioxylon schroellianus* Goep. z wąwozu permskiego okolic Chrzanowa w przekroju podłużnym w świetle zwyczajnym 65 ×.
Fot. 2. *Araucarioxylon* w przekroju podłużnym w świetle spolaryzowanym. Nikole skrzyżowane. 65 ×.
Fot. 3. *Araucarioxylon* w przekroju poprzecznym i świetle zwyczajnym. 65 ×.
Fot. 4. *Araucarioxylon* w przekroju poprzecznym i świetle spolaryzowanym. Nikole skrzyżowane. 65 ×.

ОБЪЯСНЕНИЯ К ТАБЛИЦЫ VII

- Фот. 1. *Araucarioxylon schroellianus* Гоерр. из пермского яра в окрестностях Хшанова, продольный разрез в обыкновенном освещении. 65 ×.
Фот. 2. *Araucarioxylon*, продольный разрез в поляризованном освещении при скрещенных николях. 65 ×.
Фот. 3. *Araucarioxylon*, поперечный разрез в обыкновенном освещении. 65 ×.
Фот. 4. *Araucarioxylon*, поперечный разрез в поляризованном освещении при скрещенных николях. 65 ×.

EXPLICATION OF PLATE VII

- Fot. 1. *Araucarioxylon schroellianus* Goep. from environs of Chrzanow. Longitudinal section, ordinary light. 65 ×.
Fot. 2. *Araucarioxylon*, longitudinal section, polarised light, crossed nicols. 65 ×.
Fot. 3. *Araucarioxylon*, transversal section, ordinary light. 65 ×.
Fot. 4. *Araucarioxylon*, transversal section, polarised light, crossed nicols. 65 ×.

РЕЗЮМЕ

Известные из палеоботанической литературы останки араукарий находящиеся в пермо-карбонских осадках в окрестностях города Хшанова (краковское воеводство) подверглись анализу при применении поляризационного микроскопа с целью более близкого ознакомления с веществом импрегнирующим ткани древесины.

Констатировано в этой субстанции наличие исключительно кварца; каждая-же трахеида древесины обыкновенно выполнена единичным зерном кварца. Несмотря на незначительные размеры зерн (диаметр приблизительно 0,07 мм) можно заметить во многих зернах (40 %) явственное волнообразное угасание света, которую-то оптическую аномалию считается за характерную для кварца в гранитах. В тонкой пластинке вырезанной перпендикулярно к оси трахеид зерна кварца обнаруживают регенерационную кайму поразительно сходную с каймами встречающимися часто в кварцитовых песчаниках. Предположительно явление прироста кристаллического кремнезёма происходило во время силификации древесины подобно цементированию песков. Нет сомнения в автогенности кварца в трахеидах древесины наравне как в сосудах так и в каймах.

Трудно установить последовательность кристаллизации кремнезёма в клетках и клеточной оболочке.

Результаты измерения углов угасания света измеренных по отношению к оси трахеид дают в диаграмме симметрическую картину. В максимальном количестве зерн угол угасания света равен приблизительно 30°. Правильность оптической ориентировки указывает на сходство между давлением во время кристаллизации минералов в метаморфических породах в зоне «эпи», где главным фактором метаморфизации есть давление направляющее (stress).

Так как пермо-карбонские осадки, в которых сохранились стволы араукарий, не обнаруживают примет метаморфизма, несомненно причиной напряжений и давления при кристаллизации было сопротивление клеточных оболочек древесины.

Из наблюдений под микроскопом на тонких пластинках изготовленных с окрепнелых стволов араукарий в поперечном и продольном направлении возникают нижеследующие выводы:

Во время кристаллизации кварц из растворов кремнезёма проникающих в растительную ткань отчасти еще во время ее жизни, главным-же образом вероятно после обумирания — возникают явления деформации кристаллической сетки, следствием чего есть волнообразное угасание света в зернах кварца.

Кроме того сопротивление клеточных оболочек древесины способствует правильности в ориентировке оптических осей в кристаллах кварца. Факты те следует принимать во внимание при всяких выводах относительно генезиса зерн кварца встречающихся среди вторичных месторождений.

SUMMARY

Abstract. The authors have performed a microscopic study of the silicified trunk of *Araucarioxylon schroellianus* Goepf., appearing in situ in the Permian sediments of the environs of Chrzanów (Cracow area). The silica impregnating the fossil plant in question is exclusively quartz. 40% of the quartz grains are marked by strain shadows, which optical anomaly is usually interpreted as a result of tectonic pressure.

The authors conclude that during crystallization of silica in organic cells some phenomena of deformation in the crystalline lattice may occur, which appears in the strain shadows of quartz grains.

The authors have performed a microscopic study of the silicified trunk of *Araucarioxylon schroellianus* Goepf., appearing in situ in the Permian sediments of the environs of Chrzanów¹. Thin sections both parallel and across the axis of the trunk were executed and microphotographs made both in ordinary and polarised light. The microscopic examination of thin sections have shown, that the silica impregnating the fossil plant in question is exclusively quartz. As seen on the microphotograph (Plate VI) each tracheide is filled generally with a simple quartz grain, only small areas of the thin section are spotted with irregular fine-grained aggregates, independent from the anatomic structure of the tree. 40% of the quartz grains are marked by strain shadows. Notwithstanding the small size of the grains (0,1 X 0,07 mm in average) this optic anomaly is always remarkable. In conformity with the anatomic structure of the tree the quartz grains are generally elongated in direction of the tracheide-axis, whereas in the zone of medullary rays they are flattened in the same direction. In the thin section perpendicular to the axis of the trunk, the quartz grains are similar to those of sandstone-quartzites, where the grains are enlarged by secondary growth. In ordinary light the centre of the grain is separated from the rim by means of a yellow-greyish pigment, probably of organic nature. Between crossed nicols the centre and the rim show simultaneous light extinction. One may suppose that the phenomenon of the secondary enlargement of quartz grains was an analogous process in case of the silicification of the plant and in the diagenesis of sandstones, where silica was infiltrated in place of an older cement of different chemical nature or filled the pores between the grains. The centre of quartz grains in sandstones is evidently older than the rim; the age relation of quartz crystals in the cell and membrane are not known.

A diagram presenting the optic orientation of quartz grains may be obtained only by using the apparatus of Fedorow, which is lacking till now in Institute of Mineralogy and Petrography in Lublin. The authors used therefore for the construction of a diagram the projections of optic axes on the plane of the thin section. 200 measurements of extinction angles for the direction of γ' were executed in a thin section parallel to the axis of the trunk. The sign of the rotation (on the right and on the left of the tracheide-axis) was taken into account. The measured angles were ordered in classes of 10°-interval and the numbers of grains, corres-

¹ The literature concerning the paleobotanical problem of this plant in Poland is presented in the manual of J. Lilpop „Roślinność Polski w epokach minionych“, 1929. (Vegetation of Poland in past epochs).

ponding to the upper limit of the interval were marked on radius of the circle, drawn in intervals of 10° . The picture of Fig. 1, presenting the optic orientation of quartz grains in a longitudinal section of the trunk is approximately symmetrical and the preferred orientation of grains corresponds to the angle of 30° between the direction γ' and the tracheide-axis. It was stated besides that about 10% of grains do not show any reaction to the polarized light and that probably in all these grains the optic axes lie in a plane perpendicular to the axis of the trunk.

As an explanation of the above presented regularity in the preferred orientation of quartz grains, building up the silicified plant, appears the supposition that during crystallization of silica in the cells stresses and strains occur, similar to those which arise in metamorphic rocks of the epi-zone.

On figures presenting the preferred optic orientation of quartz appear maxima of several types, depending upon the character of the analysed rock. Most commonly appear the following maxima 1) The „c“ crystal axis parallel to the elongation of the grains. 2) The „c“ crystal axis perpendicular to the plane of schistosity. 3) Two maxima symmetrically placed at 38° from the direction of the grain elongation.

The explanation of these phenomena are based upon two types of hypotheses the first of them, expressed in the papers of W. Schmidt¹, P. Eskola and A. Hietanen² assumes that the regular picture of preferred quartz-grains orientation is a result of rotation combined with intragranular bend gliding, so that the grains become aligned with an active crystallographic glide plane with relative density of ionic packing. The second hypothesis, advocated by B. Sander³, D. Griggs and J. T. Bell⁴, basing upon analogy with behaviour during experimental compression of high confining pressures, assumes that quartz is deformed by metamorphic rupture into needle-like fragments, bounded by unit rhombohedron, the basal plane or irregular surfaces, parallel to „c“ axis.

The figure presenting the optic orientation of quartz, building up the investigated fossil tree, proves in any case that during crystallization of silica in plant cells, strains produced by resistance of membranes effected a tendency for the structural elements of crystals to align themselves in some preferred planes, corresponding perhaps to denser ionic packing.

It was impossible to compare the diagram of Fig. 1. with known diagrams, presenting optic orientation of quartz crystals in metamorphic rocks, because the authors of this paper applied another method of analysis. The authors applied therefore the above presented method to the analysis of a quartz-chlorite schist from a glacial deposit in the valley of the Bug-river. The microscopic aspect of the rock proved its metamorphism in the „epi“-zone. The diagram on Fig. 2. illustrating the optic orientation of quartz grains in the analysed schist shows an analogy to that on Fig. 1, presenting quartz orientation in the fossil tree. A slight

¹ W. Schmidt. Zur Quartzgefügeregel. *Fortschr. Mineral.* Vol. 11. 1927.

² P. Eskola. A. Hietanen. On the petrology of finnish quartzites.

³ B. Sander. Ueber Zusammenhänge zwischen Teilbewegung u. Gefüge in Gesteinen. *Tscher. Mitt.* 1911.

⁴ D. Griggs a. J. T. Bell. Hypotheses of quartz orientation of tectonites. *Geol. Soc. Am. Bull.* 1939.

assymetry of the picture may be connected with an imperfect parallelism of the thin section to the plane of schistosity.

The authors conclude that during crystallization of silica in organic cells some phenomens of deformation in the crystalline lattice may occur, which appears in the strain shadows of quartz grains. The resistance of the membrane produces stresses and strains, the result of which is a preferred optic orientation of quartz grains, similar to that appearing in crystalline schists.

These facts ought to be taken into account in any conclusions, concerning the provenance of quartz grains, observed in sediments. The mineral inclusions in quartz grains may give important hints as to their provenance. One must be however very cautious in expressing conclusions based upon optic character, connected with internal structure and deformations of the crystalline lattice.

Institute of Mineralogy and Petrography
Maria Curie Skłodowska University, Lublin