

## Uwęglony i zsylikowany pień kordaita w warstwach libiąskich (westfal D – moskow) koło Chrzanowa, Górnośląskie Zagłębie Węglowe

Ireneusz Lipiarski<sup>1</sup>, Maciej Pawlikowski<sup>2</sup>



I. Lipiarski

M. Pawlikowski

**Carbonified and silicified cordaitalean wood in the Libiąż Beds (Westphalian D – Moscovian) near Chrzanów, Upper Silesian Coal Basin, Poland.** *Prz. Geol.* 62: 22–27.

*Abstract.* The sample in the form of the drill core 9 cm long and 6 cm in diameter reveals exclusively secondary wood. No growth rings have been observed. Tracheids have the width 20–50 μm (mean 25 μm) in the tangential section. Pitting on the radial walls is mainly uniseriate, partly biseriate or triseriate. The uniseriate pits are circular or oval. The biseriate and triseriate pits are polygonal (often hexagonal), distributed adjacent to each other, and densely cover the whole width of the walls. The diameter of the pits is 12±2 μm. The poruses are circular. Medullary rays are mostly uniseriate, composed of 1–46 layers; mostly between a fifteen or so and 30 layers. As the investigations are at the preliminary stage, the author prefers to use only the generic term to name the wood, namely *Dadoxylon* sp., without giving it a species designation.

Mineralogical investigation of silicified wood was conducted using polarizing light microscope. Observations showed various the optical orientation of quartz crystals filling up cells of wood. It is observed as differentiated disappearance of polarized light. This phenomenon documents that beginning of growth of quartz crystals (center of crystallization) was located at various places of cell walls. This situation is the result of beginning of destruction of organic compounds of wall structure of cells at various places. Additionally investigation documents various intensity of silification of cordaitalean structure. Because of this the process of silification is different at various parts of tissues and one can observe parts fully petrified and completely without mineralization.

The structure of wood tissues is at same places damaged by crystallizing quartz. This phenomenon is observed at the tissues where silification was continued and size of newly formed quartz crystals is overgrowth size wood cells of wood. Mentioned zones of cell destruction are especially well seen at placed where silification developed parallel to orientation of biological wood structures.

In summary one can say that mentioned processes were the reason of only partial petrification (silification) of examined cordaitalean second wood.

**Keywords:** silicified and carbonificated wood, palaeobotany, petrography, *Dadoxylon*, Late Pennsylvanian, Upper Silesian Coal Basin, Poland

W artykule przedstawiono wyniki badań paleobotanicznych i petrograficznych sfosylizowanego wtórnego drewna kordaita, rośliny nagozalążkowej mającej formę drzewiastą. Analizowane drewno, charakteryzujące się zachowaną strukturą anatomiczną, jest częściowo uwęglone i skrzemionkowane. Taki złożony rodzaj fosylizacji drewna kordaita stwierdzono po raz pierwszy wśród osadów węglonośnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Dotychczas w GZW zsylikowane drewna roślin nagozalążkowych były notowane wyłącznie w utworach tzw. arkozy kwaczalskiej (Raciborski, 1889; Reymanówna, 1962).

Skamieliny drewnien nagozalążkowych roślin paleozoicznych i mezozoicznych, charakteryzujące się budową anatomiczną podobną do drewnien współczesnych drzew z rodziny Araucariaceae, są opisywane pod kilkunastoma różnymi nazwami rodzajowymi. Liczba opisanych do tej pory spetryfikowanych drewnien przekracza czterysta (Philippe, 2011). W odniesieniu do skamielin z zachowanym drewnem wtórnym (bez rdzenia i drewna pierwotnego), reprezentujących kordaity i rośliny szpilkowe, stosuje się rodzajową nazwę *Dadoxylon* Endlicher 1847 (*sensu* Vogel-lehner, 1964). Ponadto w publikacjach spotyka się również terminy: *Araucarites* Goeppert i *Araucarioxylon* Kraus,

a także inne określenia taksonomiczne drewnien, które są charakterystyczne dla drzew Araucariaceae (Philippe, 2011), m.in. bardziej potoczny – araukaryt.

Rodzaj fosylizacji drewnien kordaitów, stwierdzonych w różnych poziomach stratygraficznych utworów karbonu z terenu GZW, jest zróżnicowany. Znane są drewna całkowicie uwęglone (zwitrynizowane) oraz drewna wyłącznie zmineralizowane, głównie skarbonatyzowane, skrzemionkowane oraz spirytyzowane; niektóre zmineralizowane drewna są również nieznacznie uwęglone w strefie zewnętrznej (Brzyski, 1969).

Warstewki węgla błyszczącego – witynu, z zachowanymi elementami budowy komórkowej typowymi dla kordaitów, zostały odnotowane przez autora (IL) we wszystkich seriach stratygraficznych, zwłaszcza w krakowskiej serii piaskowcowej (westfal B, C i D – baszki–moskow), w pokładach węgla oraz w skałach płonnych, w rejonie między Jaworzniem a Chrzanowem.

Skarbonatyzowane skamieliny pędów roślin, których struktura anatomiczna wskazuje na kordaity, zaobserwowano w drobnookruchowych morskich osadach serii paralicznej (namur A – serpuchow).

<sup>1</sup> Katedra Geologii Żyłowej i Górniczej, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; lipiarsk@geol.agh.edu.pl.

<sup>2</sup> Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; pawlik@agh.edu.pl.

W najmłodszych, bezwęglowych utworach karbonu w GZW, określanych terminem arkoza kwaczalska, stanowiących przypuszczalnie kontynuację sedimentacji warstw libiąskich, są znane już od ponad stu lat skrzemionkowane drewna roślin nagozalążkowych o pokroju drzewiastym, kordaitów (*Cordaitopsida*) i prawdopodobnie – roślin szpilkowych (*Pinopsida*). Drewna te, pod względem paleobotanicznym, zostały zbadane przez Raciborskiego (1889) i Reymanówną (1962), a pod względem petrograficznym – przez Turnau-Morawską i Jahn (1953) oraz Holcera i Pawlikowskiego (1994).

W depresji śródsudeckiej z kolei spetryfikowane drewna występują w utworach karbonu dolnego (*vide* Brzyski, 1969). Drewno kordaita, częściowo uwęglone i zsylikowane, zostało opisane z Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego, z utworów górnych warstw żaclerskich (westfal B – baszkir) występujących koło Wałbrzycha (Kwiecińska & Heflik, 1963). Obecność skrzemionkowanych pni w rejonie Nowej Rudy stwierdził w utworach warstw żaclerskich Dziedzic (1958), a opisała je Reymanówna (1962).

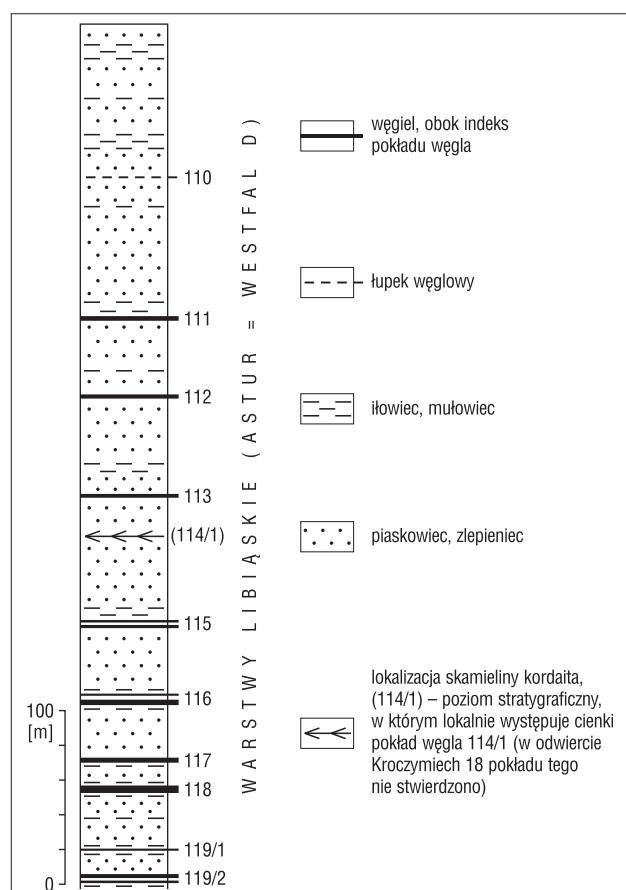
W Republice Czeskiej od połowy XIX wieku są znane zarówno drewna zwitrynizowane i zsylikowane, nazywane potocznie czarnymi lub szarymi araukarytami, jak i drewna wyłącznie zsylikowane, nazywanymi jasnymi araukarytami. Występują one w osadach o różnym wieku: od westfalu C (moskow) – po perm dolny (autun). Drewna te były spotykane w licznych odsłonięciach zarówno powierzchniowych, jak i w podziemnych kopalniach węgla oraz odwiertach (Pešek, 1968). Pierwszy rodzaj drewna został odnotowany głównie w zagłębiu podkarkonoskim i w zagłębiach środkowoczeskich (Skoček, 1970). Drewna wyłącznie skrzemionkowane pochodzą głównie z arkozowych utworów grubookruchowych, tzw. arkozy żaltmańskiej warstw jiweckich (stefan A – kazimow) czeskiej części depresji śródsudeckiej i zostały niedawno ponownie opracowane (Mencl i in., 2009). Drewna roślin o większym zróżnicowaniu taksonomicznym są spotykane również w utworach dolnego permu (Havlena, 1964; Pešek i in., 2001).

#### LOKALIZACJA GEOGRAFICZNA I STRATYGRAFICZNA BADANEGO DREWNA

W rejonie Chrzanowa, w górnym odcinku utworów karbonu, wyróżnia się węglonośne warstwy libiąskie oraz nadścielające je bezwęglowe warstwy kwaczalskie (Lipiarski, 2006). Warstwy libiąskie dzielą się na dwa odcinki: dolny – o miąższości 110 m, z pokładami węgla o indeksach od 119 do 116 oraz górny – o miąższości 300 m, z pokładami od 115 do 110. Utwory bezwęglowe o miąższości około 400 m są zbudowane ze skał głównie grubookruchowych, o barwie pstrej. Badana skamielina znajduje się wśród utworów grubookruchowych górnego odcinka warstw libiąskich, na głębokości 443 m, w odwiercie nr 18, wykonanym w okolicy miejscowości Kroczyrnice koło Chrzanowa, we wschodniej części GZW (ryc. 1, 2), zlokalizowana 25 m poniżej pokładu 113, w poziomie stratygraficznym, w którym lokalnie występuje zazwyczaj cienka warstwa węgla lub łupku węglowego o indeksie 114/1 (ryc. 2).



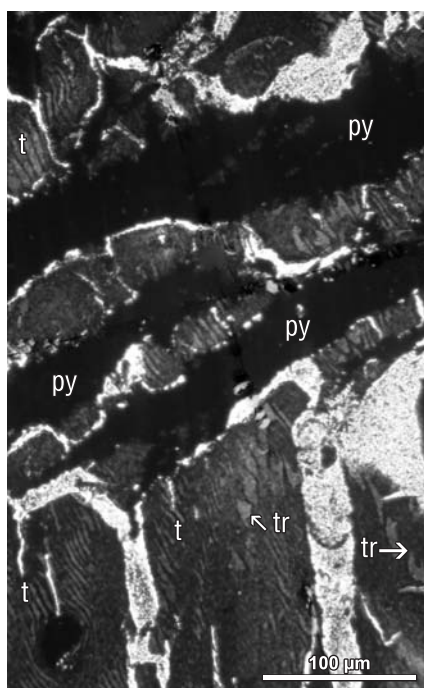
Ryc. 1. Lokalizacja odwiertu Kroczyrnice 18 na mapie Górnosląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Zarys mapy GZW wg Jureczki i in. (1995)



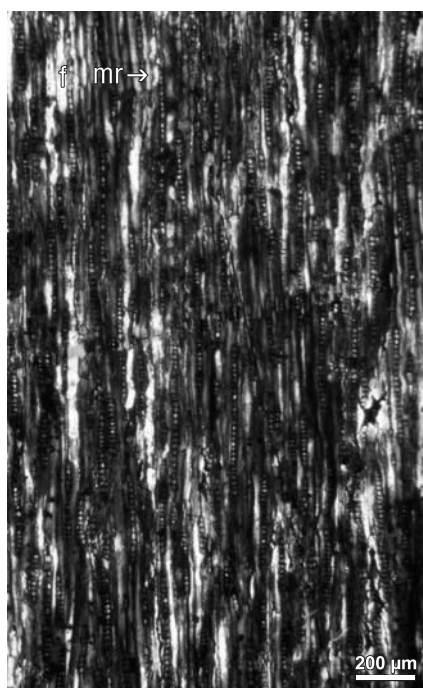
Ryc. 2. Usytuowanie pnia kordaita w profilu warstw libiąskich (odwiert Kroczyrnice 18)

#### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Grubość skamieliny, charakteryzującej się makroskopowymi cechami drewna, pomierzona na rdzeniu odwiertu o średnicy 6 cm wynosi 9 cm. Cechy litologiczne spetryfikowanego drewna przypominają zwięzły mułowiec o szorstkiej powierzchni, barwie brązowopopielatej, z wtrąceniami czarnego węgla – wityny. Na wypolerowa-



**Ryc. 3.** Uwęglona tkanka roślinna przeobrażona w macerał telinit (t); splekania w węglu wypełnione siarczkami żelaza (py – czarne); tracheidy (tr). Przekrój poprzeczny



**Ryc. 4.** Wielopiętrowe, przeważnie jednorzędowe promienie rdzeniowe (mr). Przekrój podłużny styczny

nej powierzchni, prostopadłej do warstwowania osadów, uwidacznia się laminacja o grubości poniżej milimetra, wyróżnialna pod lupą, która odzwierciedla strukturę komórkową skamieliny. Powierzchnie górna i dolna kontaktu z otaczającymi skałami są bardzo nieregularne. Na górnej powierzchni znajduje się kilkumilimetrowa warstewka wityrnu, przecięta gęsto w jednym kierunku cienkimi żyłkami siarczków żelaza. Węgiel jest zbudowany z telinitu (ryc. 3), macerału charakteryzującego się strukturą komórkową oraz kolotelinitu.

Badania paleobotaniczne skamieliny drewna przeprowadzono w trzech przekrojach: poprzecznym (prostopadłym do warstwowania osadów) oraz podłużnym promieniowym i podłużnym stycznym, które są do siebie prostopadłe. Strukturę anatomiczną i materię mineralną badano pod mikroskopem polaryzacyjnym w świetle przechodzącym. Drewno występujące w formie uwęglonej obserwowano w świetle odbitym, korzystając z obiektywów imersyjnych; stosowano powiększenia od  $\times 30$  do  $\times 400$ .

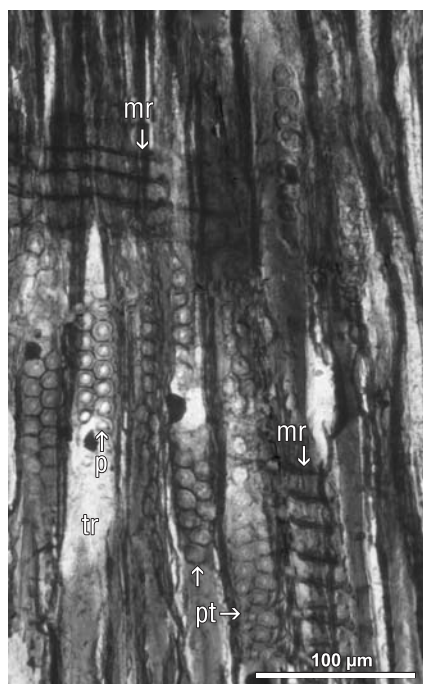
## WYNIKI BADAŃ PALEOBOTANICZNYCH

Skamielina reprezentuje wyłącznie drewno wtórne kor-daita, o uwęglonych ściankach komórek i zsylikowanych światłach komórek; w drewnie znajdują się pory, wgłębienia i szczeliny. Główne elementy budowy anatomicznej drewna, tracheidy i promienie rdzeniowe (ryc. 4, 5) są stosunkowo dobrze zachowane, natomiast porusy jamek lejkowatych są miejscami niewidoczne. Obserwowane na przekroju poprzecznym światła komórek tracheid i promieni rdzeniowych są w różnym stopniu zniekształcone, gdzieśgdzie zupełnie zgniecione (ryc. 6).

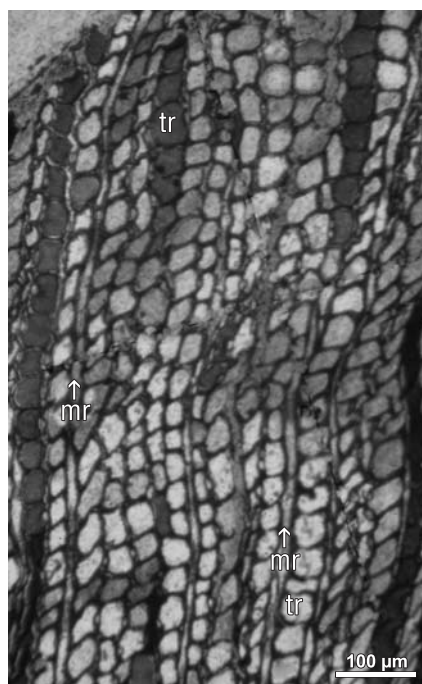
Obecność przyrostów sezonowych w drewnie wtórnym nie została stwierdzona. Tracheidy są na ogół wysmukłe, proste, równoległe do siebie, o szerokości na przekroju promieniowym 20–50 μm, średnio 25 μm, z zakończeniami w kształcie ostrego klina (ryc. 5). Niektóre z nich są wygięte w kształt litery S. Promienie rdzeniowe występują przeważnie w jednym, rzadko w dwóch rzędach, a do nielicznych należą promienie 3-rzędowe (ryc. 4, 6). Liczba pięter promieni rdzeniowych, wyrażona liczbą komórek, jest następująca: w jednorzędowych promieniach stwierdzono 1 do 46 pięter (najczęściej od kilkanastu do 30); w dwurzędowych promieniach jest podobnie. Komórki promieni rdzeniowych są prostokątne, o wysokości 15–25 μm. Na określonym przekroju promieniowym odległość (wysokość) między promieniami rdzeniowymi odpowiada kilku komórkom, natomiast na przekroju poprzecznym sąsiadujące promienie rdzeniowe są oddzielone jedną do kilku tracheid (ryc. 6). Jamki lejkowate na tracheidach, obserwowane na przekroju promieniowym, występują

w jednym-, dwu- lub rzadziej w trzech rzędach. Jamki w jednym rzędzie zajmują tylko środkową część tracheidy, natomiast jamki znajdujące się w dwóch lub trzech rzędach pokrywają jej całą powierzchnię. Jamki charakteryzują się zróżnicowanym kształtem; te, które występują w jednym rzędzie mają zwykle kształt okrągły, owalny, kwadratowy o zaokrąglonych narożach lub wielokątny – nieregularny (ryc. 5). Jamki znajdujące się w dwóch lub trzech rzędach, mają zwykle kształt sześciokątny i ściśle, naprzemianlegle przylegają do siebie (ryc. 5). Średnica jamek wynosi około  $12 \pm 2$  μm. Porusy jamek są okrągłe lub nieznacznie owalne (ryc. 5). Wyraźnie jest zaznaczony zewnętrzny zarys jamki i zarys wewnętrzny o średnicy około 4 μm, usytuowany w środku lub trochę z boku od środka jamki. Nie zauważono porusów spłaszczonych i skrzyżowanych.

Wymienione cechy badanego drewna są charakterystyczne dla rodzaju *Dadoxylon* (sensu Vogellehner, 1964). Jamki tracheid mają okrągłe porusy, różniąc się od większości opisanych drewn z rodzaju *Dadoxylon*, u których skrzyżowane porusy jamek są eliptyczne i zwykle wąskie (Frentzen, 1931; Reymanówna, 1962). Obecność jamek z okrągłymi porusami upodabnia omawianą skamielinę do nielicznych karbońskich i permskich gatunków rodzaju *Dadoxylon* jak: *D. gothani* Frentzen, *D. cupreum* Goepfert i *D. compactum* Morgenroth (Frentzen, 1931). Jednak pozostałe anatomiczne cechy drewna, charakteryzujące się dużą zmiennością, wykluczają tożsamość omawianego taksonu z którymkolwiek z wymienionych gatunków. Biorąc więc pod uwagę z jednej strony zmienność zachowanych cech skamieliny, a z drugiej – brak drewna pierwotnego i rdzenia, istotnych anatomicznych elementów taksonomicznych, zdecydowano utrzymać na tym etapie badań nazwę otwartą *Dadoxylon* sp.



**Ryc. 5.** Tracheidy z jankami lejkowatymi (pt). Porusy jamek (p) o kształcie okrągłym. W górnej lewej części fotografii fragment promienia rdzeniowego (mr). Przekrój promieniowy



**Ryc. 6.** Komórki promieni rdzeniowych (mr) prostokątne, wąskie i przeważnie długie. Światła komórek tracheid (tr) i promieni rdzeniowych (mr) wypełnione kwarcem (jasne) oraz materia organiczną (ciemne). Przekrój poprzeczny

## WYNIKI BADAŃ PETROGRAFICZNYCH

Badania mikroskopowe pozwoliły zaobserwować różne stadia kwarcowej mineralizacji drewna kordaita.

Najniższy stopień mineralizacji, reprezentujący najmniej intensywną sylifikację, charakteryzuje się występowaniem w drewnie niewielkich i nielicznych stref o wyraźnej budowie komórkowej. Widać tu liczne, wypełnione kwarcem komórki, znajdujące się wśród bezstrukturalnego, nieprzezroczystego lub słabo przezroczystego węgla (witrynit). Na tym etapie mineralizacji tworzące się kryształy kwarcu mieszczą się w komórkach i nie przekraczają ich rozmiarów. Umożliwiło to zachowanie miejscami pierwotnej, tkankowej struktury roślinnej w niemal niezmienionej postaci (ryc. 7). W porównaniu z niewykazującym budowy komórkowej witrynitom, który otacza dobrze zachowane komórki objęte sylifikacją, można stwierdzić, że to proces sylifikacji uchronił niektóre komórki i ich najbliższe otoczenie przed destrukcją mechaniczną. W innych miejscach, których nie objęła sylifikacja, komórki są zdeformowane, a w wielu miejscach struktura komórkowa jest zupełnie zatarta.

Następny stopień intensywniejszej mineralizacji kwarcowej prowadzi do znacznego zatarcia struktury tkanek. W tym przypadku wzrost kryształów kwarcu częściowo zniszczył ścianki komórek, które zachowały się jedynie miejscami i to w zmienionej morfologicznie formie. Przyczyna tego podwyższonego zmineralizowania kwarcowego w tkankach była spowodowana dostarczaniem większej ilości krzemionki w roztworach penetrujących roślinie. Razem z tymi roztworami, obok krzemionki, migrowały związki żelaza wybarwiające strefę mineralizacji.

Stwierdzono, że główny kierunek sylifikacji drewna jest równoległy do wydłużenia tracheid, którymi w roślinie przepływa woda ze składnikami odżywczymi (ryc. 7, 8). Ten rodzaj komórek został wykorzystany przez roztwory mineralne, które ją zmineralizowały (zsylikowały).

Destrukcja związana z sylifikacją drewna rozwinęła się także w innych kierunkach, m.in. w kierunku prostopadłym do poprzedniego. W szczególności miejsca o zniszczonej strukturze komórkowej sprzyjały penetracji roztworów niosących krzemionkę i mineralizujących tkanki (ryc. 9).

## WNIOSKI

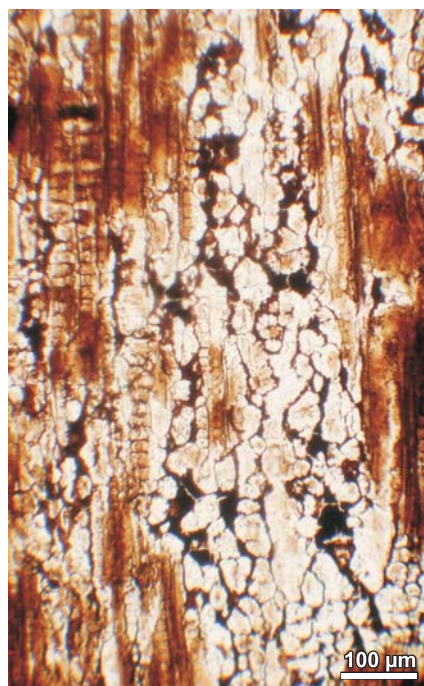
Pień kordaita o dużych rozmiarach został zdeponowany na równi aluwialnej wśród grubookruchowych osadów warstw libiąskich. Po przykryciu gruboziarnistym piaskiem i żwirem, w środowisku wilgotnym, kwaśnym, przy ograniczonym dostępie tlenu, drewno podlegało stopniowo przemianom fizycznym i biochemicznym. W początkowym okresie przeobrażania ścianki komórek we fragmentach drewna zostały zżelifikowane, przyjmując wygląd podobny do tekstynitu, macerału miękkiego węgla brunatnego. Miejscami, głównie w zewnętrznej strefie pnia, tkanki rośliny intensywniej żelifikowane zmieniły się w teksto-ulminit, charakteryzujący się zachowaną resztkowo strukturą komórkową lub zostały całkowicie zżelifikowane i w efekcie utraciły strukturę komórkową, przekształcając się w macerał – ulminit. Pod naciskiem gromadzących się osadów klastycznych i organogenicznych, których grubość z czasem wzrosła do kilkuset metrów, pień uległ częściowej kompaktacji, tkanki drewna zaś zróżnicowanej deformacji i dalszemu uwęgleniu – witrynizacji. Proces ten przyczynił się do przeobrażenia wymienionych macerałów, typowych dla węgla brunatnego, w macerały węgla kamiennego – odpowiednio w telinit i kolotelinit. W okresie uwęglania materii roślinnej skalenie i miki, częste składniki grubookruchowych utworów warstw libiąskich oraz materiał pochodzenia wulkanicznego, uległy kaolinityzacji. Postępujące w późnym karbonie stopniowe, okresowe osuszanie klimatu (DiMichele i in., 2001) zahamowało proces uwęglania drewna i zaktywizowało proces jego sylifikacji.

Impregnacja krzemionką objęła miejsca o dobrej przenikalności dla roztworów mineralnych. Inicjacja krystalizacji kwarcu w komórkach drewna rozpoczynała się w miejscach zwanych załączkiem lub centrum krystalizacji, którymi prawdopodobnie były światła komórek oraz strefy objęte procesami destrukcji diagenetycznej. W takich miejscach, w związku z destrukcją ścianek komórek (niszczenie wiązań międzyatomowych), pojawiają się wolne wiązania obdarzone ładunkami elektrycznymi. W miejscach tych następowała inicjacja mineralizacji kwarcowej.

Ponieważ w poszczególnych komórkach destrukcja ścianek komórek występuje w różnych miejscach, krysz-



**Ryc. 7.** Mikroskopowy obraz skamieliny drewna kordaita. Ścianki komórek są uwęglone (zwitrynizowane). Światła komórek i strefy między komórkami o barwie jasnej są objęte sylifikacją kwarcową



**Ryc. 8.** Mikroskopowy obraz strefy intensywnej mineralizacji kwarcowej tkanek. Widoczne kryształy kwarcu są większe od komórek. Ich wzrost spowodował częściowe zniszczenie struktury komórkowej



**Ryc. 9.** Fragment drewna kordaita o zniszczonej strukturze anatomicznej objętej sylifikacją o przebiegu niezgodnym z kierunkiem tracheid. Ryc. 7–9: Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo  $\times$ , powiększenie  $200\times$

tały tworzącego się w komórkach kwarcu rosły w różnych kierunkach. Stąd optyczna orientacja kryształów kwarcu w skrzemionkowanych komórkach jest różna. Przejawia się to zmiennym wygaszaniem światła przez kwarc zapewniający poszczególne komórki.

Miejscami sylifikacja sprzyjała zachowaniu w stanie niezniszczonym komórek drewna, a miejscami je niszczyła. W przypadku, gdy kwarc jedynie wypełnia komórki – pozostają one dobrze zachowane, natomiast w przypadku, gdy wielkość wykrystalizowanego kwarcu jest większa od średnicy komórek – są one porożrywane przez krystalizujący kwarc.

Sylifikacja objęła część tkanek, do których łatwiej przeniknęły roztwory. Zsilyfikowane fragmenty rośliny zostały utrwalone (choć w różnym stopniu), natomiast tkanki nieobjęte sylifikacją podlegały dalszym przeobrażeniom diagenetycznym. Na tak przebiegające zjawiska nakładała się epigenetyczna mineralizacja żyłkowa, która zachodziła w już stwardniałych i pękających partiach drewna, ostatecznie kształtując obserwowany dzisiaj obraz kordaita. Uwęglone fragmenty drewna kordaita uległy spękaniu, a powstałe drobne szczeliny kontrakcyjne zostały wypełnione mineralizacją siarczkową (ryc. 3).

W okresie osuszającego się klimatu rozwinęły się na dużą skalę procesy wietrzenia, które we wschodniej części GZW wniknęły głęboko w porowate osady krakowskiej serii piaskowcowej (Lipiarski, 2001). Skutkiem wietrzenia wgłębnego zwitrynizowane fragmenty omawianego pnia kordaita uległy spękaniu (podobnie jak węgiel pokładów w tym rejonie), a szczeliny zostały wypełnione siarczkami żelaza (ryc. 3) (Kucha & Lipiarski, 1998).

Badania zsylikowanego pnia, odkrytego w warstwach libiąskich, i skrzemionkowanych pni, występujących w osadach arkozy kwaczalskiej (Holcer & Pawlikowski, 1994), dowodzą, że sposób mineralizacji drewnien z obu stanowisk był podobny, ale początek ich mineralizacji nastąpił w różnym czasie, licząc od momentu depozycji pnia kordaita. Drewna, występujące w arkozy kwaczalskiej, były nasycone krzemionką zanim rozpoczął się proces przemian biochemicznych materii roślinnej. W związku z tym zarówno ścianki komórek, jak i światła komórek i puste przestrzenie zostały kompletnie skrzemionkowane. Natomiast drewno z warstw libiąskich zostało najpierw przeobrażone biochemicznie, a dopiero później skrzemionkowane. Pod tym względem omawianą skamielinę z rejonu Chrzanowa można porównać z drewnem opisanym z rejonu Wałbrzycha przez Kwiecińską i Heflika (1963) oraz z „czarnymi araukarytami” z zagłębi węglowych w Czechach (Skoček, 1970). Całkowicie zsylikowane drewna z arkozy kwaczalskiej były natomiast korelowane z „jasnymi araukarytami” arkozy żaltmańskiej (Siedlecki, 1954).

Praca naukowa została częściowo finansowana ze środków na naukę w latach 2010 i 2013 jako projekt badawczy.

## LITERATURA

- BRZYSKI B. 1969 – Struktury tkankowe skamieniałych szczątków flory karbońskiej (namur A) z Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Acta Palaeobot.*, 10 (1): 3–98.
- DIMICHELE W.A., PFEFFERKORN H.W. & GASTALDO R.A. 2001 – Response of Late Carboniferous and Early Permian plant communities to climate change. *Ann. Rev. Earth and Planet. Sci.*, 29: 461–487.
- DZIEDZIC K. 1958 – O nowym stanowisku skrzemieniałych pni w karbonie górnym Niecki Śródsudeckiej. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 28 (4): 427–434.

- FRENTZEN K. 1931 – Studien über die fossilen Holzer der Sammelgattung Dadoxylon Endl. Teil I, II, V-a. Abh. d. Heidelb. Ak. d. Wiss. Math.-naturw. Kl. 16 und 19. Berlin-Leipzig. Beiträge zum Oberrheinischen Fossilkatalog 6.
- HOLCER Z. & PAWLKOWSKI M. 1994 – Badania mineralogiczne skrzemionkowanych pni i arkozy kwaczalskiej. Arch. Miner., 50 (1): 69–88.
- HAVLENA V. 1964 – Geologie uhelných ložisek. 2. Naklad. Českoslov. Akad., Praha. s. 437
- KUCHA H. & LIPIARSKI I. 1998 – Mineralogy and geochemistry of sulphides from coal seams, Upper Silesian Coal Basin, Poland. Miner. Pol., 29 (2): 23–40.
- KWIECIŃSKA B. & HEFLIK W. 1963 – Badania petrograficzne i paleobotaniczne nad skrzemieniałym pniem drzewnym z okolic Wałbrzycha. Zesz. Nauk. Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Geol., 61 (5): 25–40.
- LIPIARSKI I. 2001 – Pstre utwory jako wynik fosylnego wietrzenia i termicznego przeobrażenia utworów karbonu w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. [W:] Lipiarski I. (red.) Materiały 24. sympozjum „Geologia formacji węglonośnych Polski”. Wyd. AGH, Kraków: 53–58.
- LIPIARSKI I. 2006 – Najmłodsze utwory karbonu – warstwy z Kwaczały – Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Documenta Geonica, 6: 105–109.
- MENCL V., MATYSOVÁ P. & SAKALA J. 2009 – Silicified wood from the Czech part of the Intra Sudetic Basin (Late Pennsylvanian, Bohemian Massif, Czech Republic): systematics, silicification and palaeoenvironment. N.Jb.Geol. Paläont. Abh., 252 (3): 269–288.
- PEŠEK J. 1968 – K významu araukaritů pro stratigrafii sedimentů plzeňské pánve. Časopis pro mineralogii a geologii, 13 (2): 213–214.
- PEŠEK J. I in., 2001 – Geologie a ložiska svrchnopaleozoických limnických pánví České republiky. Český geologický ústav, Praha. s. 243
- PHILIPPE M. 2011 – How many species of Araucarioxylon? Comptes Rendus Palevol, 10: 201–208.
- RACIBORSKI M. 1889 – O niektórych skamieniałych drzewach okolic Krakowa. Spraw. Komisji Fizjograficznej Akademii. Umiejętności, 29.
- REYMANÓWNA M. 1962 – On Dadoxylon schrollianum with pith and other Dadoxyla from the Upper Carboniferous in south Poland. Acta Palaeobot, 3 (1): 1–20.
- SIEDLECKI S. 1954 – Utwory paleozoiczne okolic Krakowa (zagadnienia stratygrafii i tektoniki). Biul. Inst. Geol., 73: 1–415.
- SKOČEK V. 1970 – Silicifikovaná dřeva ve středoečeském permokarbonsu. Vestník Ústředního ústavu geologického, 45: 87–93.
- TURNAU-MORAWSKA M. 1959 – Zagadnienie mineralizacji drzew skamieniałych. Roczn. Pol. Tow. Geol., 28, (4): 409–426.
- TURNAU-MORAWSKA M. & JAHN M. 1953 – Orientacja optyczna ziarn kwarcu w drzewie skamieniałym okolic Chrzanowa. Roczn. Pol. Tow. Geol., 22 (2): 177–186.
- VOGELLEHNER D. 1964 – Zur Nomenklatur der fossilen Holzgattung Dadoxylon Endlicher 1847. Taxon, 13: 233–237.

Praca wpłynęła do redakcji 21.03.2013 r.

Po recenzji akceptowano do druku 24.10.2013 r.