Skamieniałe szczątki drzew lasu mioceńskiego na Roztoczu (Polska SE i Ukraina NW)

Henryk Maruszczak*

Zsylifikowane szczątki drzew na Roztoczu należą głównie do rodzaju sekwoja, który był najodporniejszy na degradację. Występują one wśród piasków środkowego badenu, akumulowanych w strefie NE brzegu Paratetydy (tzn. także dzisiejszych kotlin przedkarpackich). Sylifikacja tkanki drzewnej następowała synsedymentacyjnie, w płytkich zatokach — z wodami alkalicznymi sprzyjającymi rozpuszczaniu krzemionki — morza badeńskiego, w klimacie podobnym do dzisiejszego śródziemnomorskiego. ródłem krzemionki mógł być biogeniczny opal występujący w opokach górnokredowych, budujących ówczesne, lądowe wzgórza roztoczańskie. Okazy ze złoża pierwotnego zwykle są słabo zlityfikowane i często łatwo kruszą się. Częściej spotyka się okazy na złożu wtórnym, wśród zboczowych utworów czwartorzędowych; wykazują one oznaki wielofazowej rekrystalizacji krzemionki, dzięki czemu są znacznie bardziej odporne na działanie mechaniczne.Część spośród tych ostatnich wykazuje oznaki eolizacji i występowania „naskorupień". Wyraźne naskorupienia — zabarwione żółtawo, brunatnawo, szaroczarno — mają cechy polew pustynnych. Powstawały one zapewne przy końcu miocenu, w okresie kryzysu messyńskiego; w tym czasie rozwijały się polewy pustynne na piaskowcach sarmackich, budujących ostańce najstarszej rzeźby na Wyżynie Lubelskiej i Roztoczu. Słabo rozwinięte naskorupienia mogły powstawać także w klimacie peryglacjalnym, w okresie zlodowaceń plejstoceńskich.

*Zakład Geografii Fizycznej i Paleogeografii, UMCS, ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin

Słowa kluczowe: *osady środkowobadeńskie, pnie skamieniałe, sylifikacja pierwotna, wtórna rekrystalizacja krzemionki, warunki sylifikacji, polewy pustynne, Polska SE, Ukraina NW*

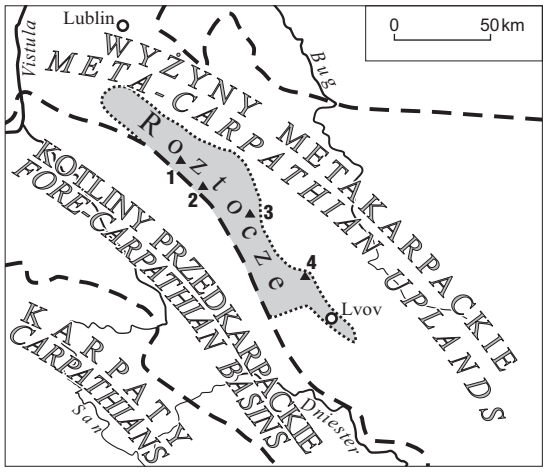
Henryk Maruszczak — **Petrified wood from the Miocene forest in the Roztocze Ridge (SE Poland and NW Ukraine)**. Prz. Geol., 49: 532–537.

Summary. Petrified wood pieces of the Roztocze Ridge are mostly assigned to the sequoia genus featured by the strongest resistance to degradation. These pieces occur within middle Badenian sands which were accumulated in a NE coastal zone of the Para-Tethys (present border of Fore-Carpathian basins). Synsedimentary silification of wood tissues took place in shallow bays of the Badenian sea in climatic conditions similar to the present-day Mediterranean. Alkaline waters favored silica dissolution. The source of silica could have been a biogenic opal of Upper Cretaceous opokas forming contemporary hills of the Roztocze. Most of the specimens derived from primary deposits are poorly lithified and brittle. In turn, the specimens of secondary deposits are more frequent, and are found in Quaternary slope deposits. These specimens are considerably most resistant to mechanical damage and reveal multiphase recrystallization of silica. Some of them underwent eolian action and are covered by surficial coatings. Thicker coatings are yellowish, brownish, grey-black showing features of desert varnish. They were probably formed in the late Miocene, during the Messinian crisis. At that time desert varnish developed on Sarmatian sandstones forming residual hills of the oldest relief of the Lublin Upland and the Roztocze. Poorly developed coatings could have also been formed in periglacial climate conditions during the Pleistocene glaciations.

Key words: *middle Badenian deposits, petrified wood, primary silification, secondary silica recrystallization, silification conditions, desert varnish, SE Poland, NW Ukraine*

Petryfikacja szczątków flory może następować w różnych środowiskach sedymentacyjnych i geochemicznych. Najbardziej znana i chyba najczęściej występująca odmiana szczątków drewna skamieniałego powstaje w wyniku sylifikacji; okazy tego typu są zresztą chyba najmniej podatne na degradację. Takie właśnie okazy są znane z terenu Roztocza (ryc. 1). Już Długosz w drugiej połowie XV w., w swoich „Rocznikach ... Królestwa Polskiego" pisał: „w borach miasteczka Potylicza i wsi Hrebenne i Prusie ... sosnowe drzewa mają taką naturę ... że jeżeli jakaś ich część ... odcięta zostanie ... przemienia się po kilku latach w krzemień" (Samsonowicz, 1984, s. 34). Znacznie bardziej lakonicznie o tej Długoszowej „rzeczy osobliwej w Polsce" kilkaset lat później napisał Kluk (1802, s. 114): „drzewa skamieniałe mają się znajdować w górze pod Rawą na Rusi".

Przy końcu XIX w. występowanie skamieniałego drewna wśród osadów trzeciorzędowych południowo-wschodniej części Roztocza było znane autorom *Atlasu Geologicznego Galicji*. Najwięcej konkretnych informacji na ten temat odnotował Łomnicki (1887, 1897, 1898). Do tych informacji nie dodał prawie nic nowego Kudrin (1966). W swojej bardzo cennej monografii neogenu Przedkarpacia zaliczył on warstwy ze skamieniałym drewnem w okolicach Lwowa do tortonu dolnego (Kudrin, 1966, s. 68–69).



Ryc. 1. Roztocze na tle głównych jednostek morfostrukturalnych Polski SE i Ukrainy NW. Stanowiska omawiane w tekście: 1 — Goraj, 2 — Lipowiec, 3 — Siedliska, 4 — Gliniska koło Żółkwi

Fig. 1. Situation of the Roztocze Ridge in relation to the main morphostructural units of SE Poland and NW Ukraine. Sites described in the text: 1 — Goraj, 2 — Lipowiec, 3 — Siedliska, 4 — Gliniska near Żółkiew

Na Roztoczu Zachodnim (Gorajskim) duży okaz skamieniałego pnia drzewnego znaleziono w 1951 r. w osadach mioceńskich okolic Goraja (Areń, 1956, s. 87). Zasługuje on na specjalne odnotowanie, gdyż dotychczas jest to bodaj jedyny okaz, dla którego mamy udokumentowane i opublikowane wyniki porównawczych badań paleobotanicznych. Na takiej podstawie Raniecka-Bobrowska (1951) określiła jego przynależność gatunkową: *Taxodioxylon sequoianum* Goth. Pomimo tego skamieniałe szczątki drzew mioceńskich nie zostały uwzględnione w monografii geologicznej miocenu polskiej części. Roztocza (Musiał, 1987).

Ożywienie zainteresowań skamieniałym drewnem z Roztocza w latach osiemdziesiątych było spowodowane chyba głównie działalnością kolekcjonerów różnych, regionalnych osobliwości przyrodniczych. Zainteresowanie wykazali przede wszystkim paleobotanicy, którzy w dniach 9–11.10.1990 r. zorganizowali w Suścu na Roztoczu *Ogólnopolskie spotkanie paleobotaników.* Zaproszono mnie na nie z referatem pt. *Skrzemieniałe pnie drzew z lasów neogeńskich w Polsce pd.-wsch. ze szczególnym uwzględnieniem obszaru Roztocza*. Zwróciłem wówczas uwagę, że okazy skamieniałego drewna wykazują oznaki wielofazowej czy wieloetapowej sylifikacji. Oprócz fazy zasadniczej, synsedymentacyjnej, wyróżniłem fazę epigenetyczną, dla której charakterystyczne było powstawanie naskorupień typu polew pustynnych; zagadnienie to sygnalizowałem zresztą parę lat wcześniej w publikacji zamieszczonej w miesięczniku popularnonaukowym (Maruszczak, 1988, s. 21). W dyskusji nad moim referatem w 1990 r. W. Heflik zakwestionował interpretację epigenetycznych „naskorupień" na okazach z okolic Siedlisk, sugerując że są to tylko oznaki zaawansowanej eolizacji. Dyskusję tę zreferowałem wówczas B. Areniowi z PIG w Warszawie, przekazując do ewentualnych analiz okaz z okolic Siedlisk; wyniki wstępnej ekspertyzy były sygnalizowane w opublikowanym komunikacie (Areń, 1992).

Omawiane stanowiska skamieniałego drewna mioceńskiego na Roztoczu

Stanowisko Goraj (20 km na W od Zamościa). Wymienione już stanowisko z Goraja, ze skrzemieniałym pniem drzewnym badanym przez Arenia i Raniecką-Bobrowską, znam według stanu z lat siedemdziesiątych. Nie wydaje mi się, aby można było traktować je jako „perspektywiczne". Opracowany okaz *Taxodioxylon sequoianum* Goth. występował w kwarcowych piaskach mioceńskich (Areń, 1992). Okazy skamieniałego drewna w tych warunkach były zapewne nieliczne. Przeglądowe kartowanie geologiczne i geomorfologiczne wykazało, że w okolicy tego stanowiska występują one sporadycznie; w moich zbiorach mam tylko kilka okazów z terenu wsi Malinie Zagrody (2–3 km na N od Goraja) oraz Gródki (8 km na NNE od Goraja).

Stanowisko Lipowiec (15 km na WSW od Zamościa). Na zboczu rozległej, przełomowej doliny gorajeckiej, przy drodze prowadzącej z Lipowca-Góry do Czarnystoku, odsłaniają się osady piaszczyste badenu środkowego poniżej wapieni górnobadeńskich (Musiał, 1987, s. 53). Podczas budowy umocnionej nawierzchni tej drogi w 1987 r. osady te odsłonięto w licznych miejscach. Przy jednej z takich odkrywek mgr S. Jachymek znalazł kilka okazów skamieniałego drewna; przechowuje on je w swojej kolekcji w Guciowie. Po zaznajomieniu się z tymi okazami na miejscu oceniłem, że zapewne pochodziły z warstwy piasków kwarcowych. Z opisanych przeze mnie odkrywek B. Brzyski z Krakowa pobrał wówczas z przewarstwień piaszczysto-mułkowych próbki do analiz paleobotanicznych (Brzyski, 1998, s. 8). Z okolic Lipowca nie są mi znane „powierzchniowe" znaleziska skamieniałego drewna.

Stanowisko Siedliska (11 km na SSE od Tomaszowa Lub.). Tak określiłem rozległy rejon powierzchniowego występowania bardzo licznych okazów skamieniałego drewna nie tylko w Siedliskach, ale także w sąsiednich wsiach Hrebenne i Prusie, wymienionych w „Rocznikach .... Królestwa Polskiego" J. Długosza. Wszystkie te trzy miejscowości położone są bezpośrednio przy granicy państwowej Polski i Ukrainy. Z rejonu tego pochodzą liczne okazy skrzemieniałego drewna, zgromadzone szczególnie w kolekcjach: S. Jachymka w prywatnym skansenie w Guciowie („Zagroda Guciowska") w gminie Zwierzyniec, oraz znanego regionalisty zamojskiego Jana Sitka w Bondyrzu, gmina Adamów w powiecie zamojskim. Druga z tych kolekcji, licząca kilka tysięcy okazów, jest częściowo eksponowana w pomieszczeniu miejscowego Muzeum Światowego Związku Żołnierzy AK; była ona prezentowana z mojej inicjatywy w 1998 r., na dwu ogólnopolskich imprezach naukowych (IVZjazd Geomorfologów Polskich w czerwcu, oraz 69 Zjazd Polskiego Towarzystwa Geologicznego we wrześniu). Chyba prawie wszystkie okazy zebrane z tego rejonu pochodzą ze złoży wtórnych. Autor monografii miocenu polskiej części Roztocza (Musiał, 1987) nie zanotował tutaj skamieniałego drewna w występujących *in situ* warstwach mioceńskich.

Stanowisko Gliniska koło Żółkwi (25 km na NNW od Lwowa). Znany geolog lwowski Łomnicki przy końcu XIX w. stwierdził występowanie skamieniałego drewna w kilku miejscowościach w południowej części Roztocza. Najstaranniej zbadał stanowiska w Gliniskach. Zanotował tam nie tylko okazy na złożu pierwotnym w piaskach mioceńskich, ale także na złożu wtórnym w spągu lessu subaeralnego, gdzie znalazł m.in. skrzemieniałe drewno „ogładzone i nieogładzone" (Łomnicki, 18887, s. 374). Z opisu tego autora wynika, że te okazy na złożu wtórnym występowały razem ze żwirami staroczwartorzędowymi. Na stanowisku w Gliniskach w 1989 r. zebrałem kilka okazów skamieniałego drewna ze złoża pierwotnego, z warstw piasków środkowobadeńskich.

Zagadnienie sylifikacji szczątków drzew

W skamieniałych szczątkach drzew mioceńskich z Roztocza są oznaki sylifikacji pierwotnej (ryc. 2, 3), odbywającej się zapewne synsedymentacyjnie, a także różnych form późniejszej rekrystalizacji krzemionki zastępującej tkankę drzewną (ryc. 4–7).

Pierwotna sylifikacja szczątków drzew. Następowała ona zapewne szybko i synsedymentacyjnie, zanim drewno uległo degradacji czy zbutwieniu. Zagrzebane wśród piasków dolnotortońskich (=środkowobadeńskich), podlegało ono jednak różnym procesom biochemicznym. W ich rezultacie powstawały kwasy humusowe, powodujące miejscowe (mikrosiedliskowe) obniżenie pH. W wodach płytkich i ciepłych zatok morskich, w środowisku alkalicznym sprzyjającym rozpuszczaniu krzemionki, następowała wówczas zmiana relacji składników utrzymujących się w postaciach rozpuszczonych i sedymentujących. W szczątkach drzew, przy obniżeniu się pH poniżej 7, infiltrująca krzemionka koloidalna ulegała krystalizacji, gdy węglany pozostawały w postaci rozpuszczonej; te drugie „wypadają" bowiem z roztworu przy pH powyżej 7–9 (Olsen, 1978, s. 113).

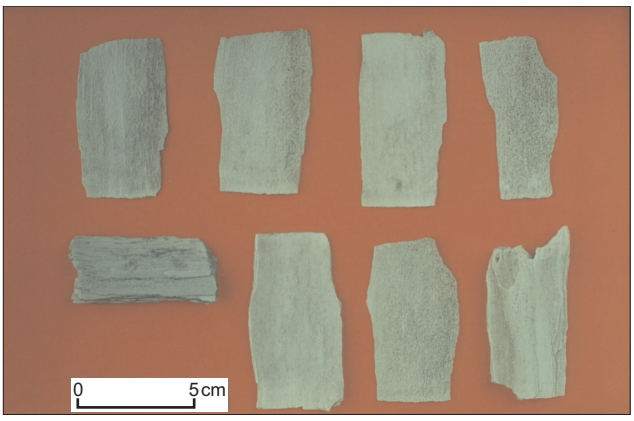
Sylifikacja drewna następowała więc jakby selektywnie, w wyniku krystalizacji krzemionki i równoczesnego usuwania ze szczątków drzew związków mineralno-organicznych w postaci rozpuszczonej. Szczegółowe badania zsylifikowanych, licznych szczątków mioceńskiego „lasu osieczowskiego" na Dolnym Śląsku, wykonane przez Raniecką-Bobrowską (1962), wykazały że krzemionka wypełniała głównie puste przestrzenie. Autorka ta podkreśliła, że „krzemionka nie przenikała w błony komórek i dlatego żaden okaz nie oddaje budowy anatomicznej rośliny … (duże) okazy mające kształt szczątków drewna, za dotknięciem jednak rozsypywały się … na drobne igiełki będące wewnętrznymi odlewami cewek, zachowując nie tylko kształt komórek, ale nawet i zarysy por otoczkowych" (Raniecka-Bobrowska, 1962, s. 87–88).

Stwierdzenia te są zgodne z wynikami petrograficznych badań drewna zsylifikowanego, wykonanych przez Turnau-Morawską (1958). Wykazały one, że „w procesie krystalizacji mineralnej zaznacza się przede wszystkim tendencja do zachowania zgodnej orientacji optycznej … ziaren wypełniających cewki sąsiednie i do przekształcania struktury tkanki drzewnej na strukturę skał krystalicznych … 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 … miejscami tworzyły się ziarna allomorficzne" (Turnau-Morawska, 1958, s. 422). Na marginesie należy podkreślić, że chociaż badane przez tę autorkę okazy nie pochodziły z Roztocza, to przedstawione wnioski ilustrują ogólne prawidłowości sylifikacji drewna. Takie prawidłowości pierwotnej sylifikacji rysują się także w świetle najnowszych polskich opracowań mineralogicznych skamieniałego drewna z warstw karbońskich w Polsce (Pitera, 1996), czy też z warstw sarmackich w Mołdawii (Pitera & Heflik, 2000). Wydaje się więc, że skamieniałe szczątki drzew z warstw

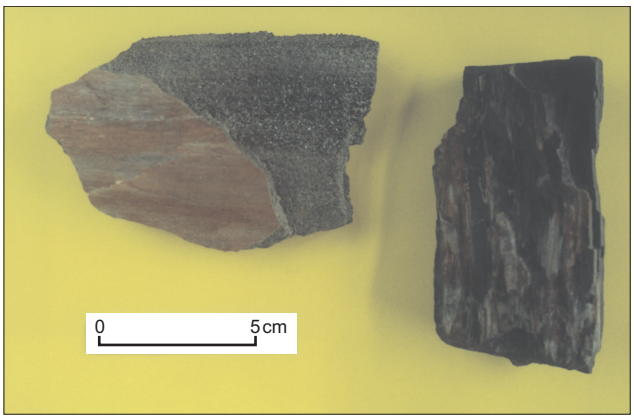
środkowobadeńskich na Roztoczu nie daję dostatecznej podstawy do określenia ich przynależności gatunkowej. Dlatego też Brzyski (1998, s. 8–9), który zamierzał wykonać analizy paleobotaniczne okazów skamieniałego drewna, zgromadzonych w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych, mógł tylko ogólnikowo stwierdzić, że „wszystkie należą do drzew iglastych, najczęściej reprezentowanych przez rodzaj sekwoja".

Oznaki wtórnej rekrystalizacji krzemionki. Analiza mikroskopowa szlifów, wykonana przez Turnau-Mo-

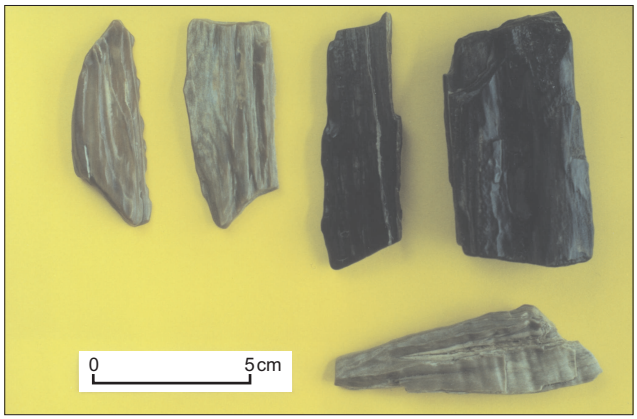
Ryc. 2. Zsylifikowane drewno ze złoża pierwotnego; Gliniska koło Żółkwi (Ukraina NW)
Fig. 2. Silicified wood from Gliniska primary deposit near Żółkiew (NW Ukraine)



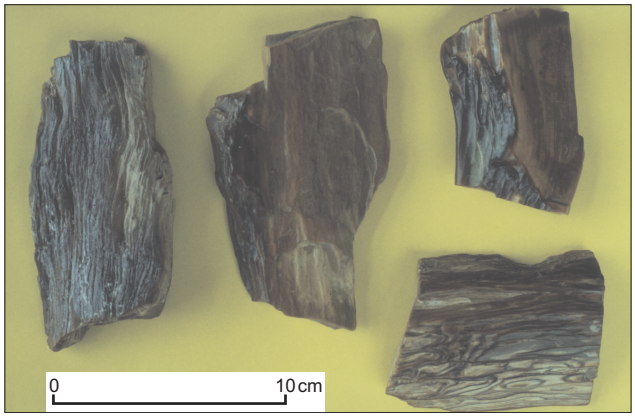
Ryc. 3. Zsylifikowane drewno ze złoża pierwotnego słabo zlityfikowane; Gliniska koło Żółkwi (Ukraina NW)
Fig. 3. Silicified wood, somewhat lithified from Gliniska primary deposit near Żółkiew (NW Ukraine)



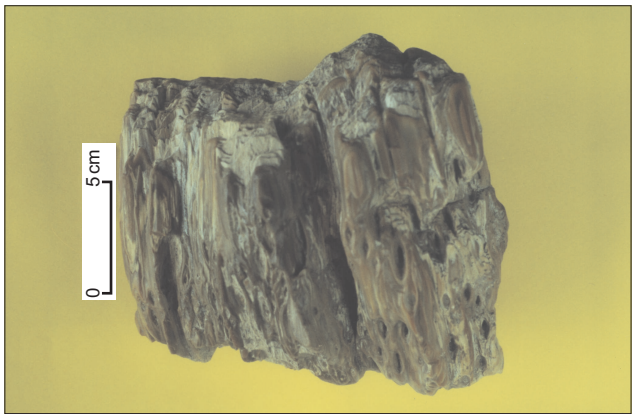
Ryc. 4. Zsylifikowane drewno ze złoży wtórnych ze słabo rozwiniętą polewą; okolice Siedlisk i Hrebennego (Polska SE)
Fig. 4. Silicified wood with somewhat developed coating from secondary deposits; Siedliska and Hrebenne environs (SE Poland)



Ryc. 5. Zsylifikowane drewno ze złoży wtórnych ze średnio rozwiniętą polewą; okolice Siedlisk i Hrebennego (Polska SE)
Fig. 5. Silicified wood with medium developed coating from secondary deposits; Siedliska and Hrebenne environs (SE Poland)



Ryc. 6. Zsylifikowane drewno ze złoża wtórnego z polewą pustynną; okolice Siedlisk i Hrebennego (Polska SE)
Fig. 6. Silicified wood with desert varnish from secondary deposits; Siedliska and Hrebenne environs (SE Poland)



Ryc. 7. Zsylifikowane drewno ze złoża wtórnego z polewą pustynną. Na ryc. 2–7 okazy z kolekcji autora i S. Jachymka z Guciowa; zdjęcia wykonał A. Gibki (Zakł. Kartografii UMCS)
Fig. 7. Silicified wood with desert varnish, from secondary deposit. Specimens in Figs. 2–7 from the author's and S. Jachymek's (from Guciów) collections; photos A. Gibki from the Department of Cartography, Maria Curie-Skłodowska University

rawską (1958) wykazała, „że kwarc … krystalizował w obrębie tkanki ze stadium koloidalnego … stadium pośrednie między opalem i kwarcem stanowił chalcedon". Na podstawie analiz mineralogiczno-petrograficznych skrzemieniałego drewna z Siedlisk, Heflik (1996, s. 129) także stwierdził, że „każdy analizowany okaz wskazuje … że kwarc jest produktem wyższego stadium przekrystalizowania (dojrzewania) chalcedonu … obydwa te minerały należą do produktów … przekrystalizowania bezpostaciowej krzemionki (opalu)". Drugi z wymienionych autorów podkreślił, że „trudno jest odpowiedzieć, w jak odległym czasie odbywała się mineralizacja żylna względem procesu zasadniczej sylifikacji … w trzeciorzędzie. Mogło to zachodzić w czwartorzędzie" (Heflik, 1996, s. 128–129). W skrzemieniałym drewnie z warstw sarmackich w Mołdawii wykazano, za pomocą mikroskopu elektronowego, dwie różnowiekowe generacje: starszą — krystalizacji SiO_2 w wewnętrznych tkankach drewna, oraz młodszą — w mikroporach przecinających pierwotną tkankę w różnych kierunkach (Pitera & Heflik, 2000).

W niniejszym artykule chciałbym zwrócić przede wszystkim uwagę na procesy rekrystalizacji, które charakteryzują okazy skamieniałego drewna występujące na Roztoczu w złożach wtórnych (ryc. 4–7).

Badania mineralogiczne wykonane przez Wichrowską w PIG w Warszawie (Areń, 1992) wykazały, że w okazie wydobytym z piasków mioceńskich — tzn. z pierwotnego złoża — w okolicy Goraja, „...tkanka drzewna jest silnie zsylifikowana. Bardzo zaawansowany proces rekrystalizacji mineralnej i wyraźnie widoczne ziarna kwarcu silnie ze sobą spojone o dość wyrównanej wielkości (0,03–0,05 mm średnicy)". Natomiast przekazany przeze mnie pochodzący z Siedlisk okaz ze szlifem eolicznym i polewą pustynną reprezentuje „drewno wysycone materiałem krzemionkowym, częściowo przekrystalizowanym. Materiał mineralny jest niejednolity co do wielkości ziarn (0,03– 0,3 mm średnicy) i sposobu wykształcenia; kwarc i lokalnie chalcedon impregnują dobrze zachowane fragmenty ścian typu włóknistego i słojów przyrostowych" (Areń, 1992). O takim zróżnicowaniu nie pisał Heflik (1996). Można więc sądzić, że autor ten raczej nie badał okazów pochodzących z pierwotnego złoża, tzn. wydobytych z piasków mioceńskich tak jak pień z Goraja. Postulował bowiem „badanie fosylnego drewna na ewidentnie pierwotnym złożu" (Heflik, 1996, s. 129).

Z mineralogiczno-petrograficznego punktu widzenia problem genezy szlifu eolicznego i polew pustynnych na okazach ze złóż wtórnych — a szczególnie tych pochodzących z Siedlisk — jest więc ledwie zasygnalizowany w naszej literaturze. Dla jego rozwiązania niezbędne byłyby specjalistyczne badania, np. za pomocą mikroskopu elektronowego z odpowiednimi przystawkami mikroanalitycznymi.

Paleogeograficzne warunki rozwoju pierwotnej sylifikacji szczątków drzew w środkowym badenie

W swojej interpretacji wyników mineralogiczno-petrograficznych badań skamieniałego drewna z Roztocza, Heflik (1996, s. 129) sugerował, że „znaczna część … krzemionki przechodzi do roztworu w środowisku alkalicznym. Rozpuszczanie i odprowadzanie jej z residuum zwietrzelinowego jest jednym z głównych objawów wietrzenia laterytowego … Usuwanie krzemionki z krzemianów szczególnie intensywnie przebiega w klimacie ciepłym i wilgotnym w warunkach hipergenicznych. W takich … warunkach klimatycznych miała miejsce wegetacja drzew, z których pochodzą omawiane drewna, które z kolei były przedmiotem wzmożonej sylifikacji". Tak naszkicowane warunki sylifikacji drewna mioceńskiego z Roztocza wydają się być podobne jak określone dla araukarytów z górnokarbońskiej arkozy kwaczalskiej (Holcer & Pawlikowski, 1994; Pitera, 1996). W tej arkozie, na obrzeżu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, sylifikacja odbywała się jednak przy dużym udziale procesów biogenicznych związanych z uwęglaniem wielkich złóż pochodzenia roślinnego. W środkowym badenie na Roztoczu sytuacja paleogeograficzna była zupełnie inna.

Próba wiązania pierwotnej sylifikacji z wietrzeniem laterytowym jest raczej rozbieżna z wynikami paleobotanicznych i paleozoologicznych badań naszego miocenu. Laterytyzacja jest właściwa dla klimatu ciepłego i wilgotnego obszarów międzyzwrotnikowych. Badania zaś paleobotaniczne szczątków roślinności badeńskiej w Polsce południowej wskazują na klimat „umiarkowanie ciepły, bardziej wilgotny w Karpatach i nieco suchszy na północnych wybrzeżach Paratetydy" (Stuchlik, 1984, s. 446). Wyniki badań paleozoologicznych wskazują, że w dolnym badenie klimat był podobny do śródziemnomorskiego, sprzyjający intensywnemu parowaniu w płytkich zatokach morskich (Głazek & Szynkiewicz, 1987, s. 122–123). Można jeszcze dodać, że z omawianego okresu nie są znane ślady występowania pokryw wietrzenia laterytowego w Polsce południowej.

Wydaje się więc, że rozpuszczanie i migrowanie krzemionki, w badenie środkowym na Roztoczu, następowało tylko lokalnie w alkalicznych wodach płytkich zatok morskich w klimacie typu subtropikalnego. Według opinii Ranieckiej-Bobrowskiej (1951) szczątki pnia zagrzebanego w piaskach mioceńskich w okolicy Goraja, należą do gatunku *Taxodioxylon sequoianum* Goth., najpospolitszego drewna w badeńskich pokładach węgla brunatnego w Polsce środkowej.

Wyniki badań paleobotanicznych i paleozoologicznych wskazują więc, że w środkowym badenie na Roztoczu klimat był umiarkowanie ciepły lub ewentualnie podobny do śródziemnomorskiego. W takich warunkach alkaliczne wody płytkich i ciepłych zatok morskich przy północnym brzegu Paratetydy sprzyjały uruchamianiu krzemionki. Pochodziła więc ona nie tyle z wietrzenia krzemianów, ale raczej z górnokredowych opok i gez opokowych, które na omawianym obszarze były dominującym tworzywem ówczesnych wzgórz roztoczańskich. Opoki wyróżniają się wśród skał górnokredowych opalowym lepiszczem, które uodpornia je na działania fizyczne. Lepiszcze to jest jednak biogeniczne i stosunkowo łatwo rozpuszcza się w środowisku alkalicznym. Najnowsze badania wskazują właśnie, że biogeniczny opal w wodzie morskiej jest dość mobilny; ze szczątków organizmów sedymentowanych na dnie stosunkowo łatwo może powracać do wody morskiej w postaci rozpuszczonej (Ragueneau i in., 2000; Rickert, 2000). Takie warunki paleogeograficzne i predyspozycje regionalno-geologiczne rozwoju sylifikacji w miocenie chyba dobrze tłumaczą lokalne występowanie skamieniałego drewna na Roztoczu. Trudno było więc wykorzystywać je jako wskaźniki stratygraficzne przy badaniach geologicznych. Zapewne m.in. dlatego były one w ogóle pominięte w syntezującym opracowaniu miocenu polskiej części Roztocza (Musiał, 1987).

Uwagi końcowe

1. Sylifikacja szczątków drzew w miocenie rozwijała się na Roztoczu w klimacie umiarkowanie ciepłym, względnie w podobnym do śródziemnomorskiego. Wody płytkich zatok przy północnym brzegu Paratetydy miały odczyn alkaliczny; poświadczają to liczne złoża mioceńskich wapieni litotamniowych oraz innych rafowych osadzonych na tym obszarze. Środowisko alkaliczne sprzyjało rozpuszczaniu i migracji krzemionki; jedno z istotnych jej źródeł zapewne stanowił biogeniczny opal tworzący lepiszcze opok górnokredowych, budujących główne formy rzeźby ówczesnej strefy przybrzeżnej. Sylifikacja następowała synsedymentacyjnie, głównie w pokładach kwarcowych piasków, w których były zagrzebane szczątki drzew. Przy butwieniu tych szczątków powstawały kwasy humusowe, powodujące „miejscowe" (mikrolokalne) obniżenie pH, warunkujące wytrącanie SiO_2 z wody morskiej przesycającej pokłady piaszczyste.

2. Okazy pierwotnej, środkowobadeńskiej sylifikacji zachowały się tylko w warstwach, które nie podlegały znaczniejszej degradacji. Liczne z takich okazów są słabo zlityfikowane i mało odporne na działanie mechaniczne (ryc. 2, 3). Najbardziej znany w naszej literaturze przykład reprezentuje skamieniały, duży pień drzewny z Goraja. Znacznie skromniejsze okazy zebrano w Lipowcu oraz w Gliniskach k. Żółkwi. W drugim z wymienionych stanowisk są chyba odkrywki dogodniejsze do sedymentologicznych badań pokładów zawierających skrzemieniałe drewno; wydaje się, że geolodzy ukraińscy nie zajmują się obecnie takim zagadnieniem. Jest zadziwiające, że takich odkrywek nie zanotowano dotychczas na stanowisku w Siedliskach, wyróżniającym się największym rozprzestrzenieniem okazów skamieniałego drewna na złożach wtórnych.

3. Okazy skamieniałego drewna występujące na złożu wtórnym w Siedliskach, wykazują różne oznaki rekrystalizacji krzemionki pierwotnej, tzn. pochodzącej z fazy synsedymentacyjnej. Zwykle są one znacznie lepiej zlityfikowane, a więc bardziej odporne na degradację. Charakteryzują się także różnorodnością form fizjograficznych, które pozwalają identyfikować pierwotne drewno świeże oraz zbutwiałe, a także obrobione mechanicznie („żwiry drewniane"). Możliwości rozwijania terenowych badań w tym zakresie są ograniczone, gdyż stanowisko w Siedliskach jest już silnie wyeksploatowane. Należałoby więc sięgać do okazów zgromadzonych w różnych kolekcjach.

4. Spośród okazów ze złóż wtórnych na szczególną uwagę zasługują, moim zdaniem, te które wykazują oznaki eolizacji i występowania naskorupień (ryc. 4–7). Dobrze rozwinięte naskorupienia — występujące zresztą niezbyt często — mają cechy polew czy lakierów pustynnych, zabarwionych żółtawo, brunatnawo i szaroczarno. Analiza warunków rozwoju rzeźby Roztocza w okresie posarmackim zdaje się wskazywać, że takie polewy powstawały u schyłku miocenu, w okresie tzw. kryzysu messyńskiego. Podjęcie specjalistycznych badań takich naskorupień pozwoliłoby dokładniej określić nie tylko warunki paleogeograficzne, ale także okres ich rozwoju. Wiadomo bowiem, że wyniki szczegółowych, mikrostrukturalnych badań polew pustynnych dają w tym zakresie bardzo interesujące wyniki (Oberlander, 1994).

Za życzliwą pomoc w przygotowaniu artykułu do druku serdecznie dziękuję: dr Marii Wilgat, dr Elżbiecie Kardaszewskiej, dr Radosławowi Dobrowolskiemu, mgr Andrzejowi Gibkiemu. Anonimowemu Recenzentowi dziękuję za uwagi krytyczne, które skłoniły mnie do wprowadzenia istotnych zmian w tekście.

Literatura

AREŃ B. 1956 — Trzeciorzęd. [In:] Regionalna geologia Polski. 2, Region lubelski. PWN: 70–90.
AREŃ B. 1992 — Taxodioxylon sequoianum Goth. Prz. Geol., 40: 743.
BRZYSKI B. 1998 — W sprawie skamieniałych drzew na Roztoczu. Chrońmy Przyrodę Ojczystą, 54: 7–13.
GŁAZEK J. & SZYNKIEWICZ A. 1987 — Stratygrafia młodotrzeciorzędowych i staroczwartorzędowych osadów krasowych oraz ich znaczenie paleogeograficzne. [In:] Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce. Ossolineum, Wrocław: 113–130.
HEFLIK W. 1996 — Badania skamieniałych pni drzewnych z Roztocza. Pr. Muz. Ziemi, 44: 127–130.
HOLCER Z. & PAWLIKOWSKI M. 1994 — Badania mineralogiczne skrzemionkowanych pni i arkozy kwaczalskiej. Arch. Miner., 50: 69–86.
KLUK K. 1802 — O rzeczach kopalnych. T. 2. Druk. Księży Pijarów, Warszawa.
KUDRIN L. N. 1966 — Stratigrafija, facii i ekołogiczeskij analiz fauny paleogenowych i neogenowych otłożenij Predkarpatija. Izd. Lwowsk. Uniwersiteta, Lwow.
ŁOMNICKI A. M. 1887 — Materiały do geologii okolic Żółkwi. Kosmos, 12: 361–402.
ŁOMNICKI A. M. 1897 — Atlas geologiczny Galicji. Tekst do zeszytu 10, cz. 1. Akad. Umiejętności. Kraków.
Łomnicki A.M. 1898 — Atlas geologiczny Galicji. Tekst do zeszytu 10, cz. 2. Kraków.
MARUSZCZAK H. 1988 — Zlodowacenia a klimat Ziemi i rozwój człowieka. Problemy, 2: 17–24, 33.
MUSIAŁ T. 1987 — Miocen Roztocza (Polska południowo-wschodnia). Biul. Geol. UW, 31: 5–149.
OBERLANDER T. M. 1994 — Rock varnish in deserts. [In:] Geomorphology of desert environments. Abrahams A.D. & Parsons A.J. (eds.). Chapman & Hall, London: 106–119.
OLSEN C. R. 1978 — Cementation. [In:] The Encyclopedia of Sedimentology, Fairbridge R. W. & Bourgeois J. (eds.). Dowden, Hutchinson & Ross Inc., Stroudsburg Pennsylvania: 110–114.
PITERA H. 1996 — Mineralogia skrzemieniałych pni drzewnych z okolic Chrzanowa. Prz. Geol., 44: 689–691.
PITERA H. & HEFLIK W. 2000 — Wapień i drewno skrzemieniałe z kopalni Cobani w Mołdawii. Wiad. Naft. Gaz., 5(25): 12–16.
RAGUENEAU O., TRÉGUER P., LEYNAERT A., ANDERSON R.F., BRZEZINSKI M.A. i in. 2000 — A review of the Si cycle in the modern ocean: recent progress and missing gaps in the application of biogenic opal as a paleoproductivity proxy. Global and Planetary Change, 26: 317–365.
RANIECKA-BOBROWSKA J. 1951 —*Taxodioxylon sequoianum* Goth. Próbka drewna skamieniałego pochodzącego z Goraja pod Frampolem. CAG Państw. Inst. Geol.
RANIECKA-BOBROWSKA J. 1962 —Trzeciorzędowa flora z Osieczowa nad Kwisą (Dolny Śląsk). Pr. Inst. Geol., 30: 81–223.
RICKERT D. 2000 — Dissolution kinetics of biogenic silica in marine environments. Berichte zur Polarforschung, 351.
SAMSONOWICZ H. (red.) 1984 — Polska Jana Długosza. PWN.
STUCHLIK L. 1980 — Chronostratygrafia neogenu Polski Południowej (północna część Paratetydy Centralnej) na podstawie badań paleobotanicznych. Prz. Geol., 28: 443–448.
TURNAU-MORAWSKA M. 1950 — Spostrzeżenia dotyczące sedymentacji i diagenezy sarmatu Wyżyny Lubelskiej. Ann. UMCS, B4: 135–194.
TURNAU-MORAWSKA M. 1958 — Zagadnienie mineralizacji drzew skamieniałych. Rocz. Pol. Tow. Geol., 28: 409–426.