

KAZIMIERZ TOBOLSKI, MIECZYŚLAW F. PAZDUR, ANNA PAZDUR,
ROMUALD AWSIUK, ANDRZEJ BLUSZCZ, ADAM WALANUS

DATOWANIA METODĄ ^{14}C SUBFOSYLNÝCH DREWIEŃ WYSTĘPUJĄCYCH NA MIERZEJACH NIZINY GARDNIEŃSKO-ŁĘBSKIEJ

ZARYS TREŚCI

Podano wyniki datowań ^{14}C dla 10 prób drewna z obszarów mierzejowych Niziny Gardnieńsko-Łębskiej. Trzy daty określają wiek trzech cmentarzysk drzew sosnowych w środkowej części Mierzei Łębskiej, dwie daty odnoszą się do wieku dwóch starszych cmentarzysk dębowych na plaży Mierzei Gardnieńskiej. Trzy daty sprecyzowały wiek poziomu glebowego i czas, w którym została zniszczona subfossilna fitocenozę lasu dębowego, rosnąca na miejscu dzisiejszej plaży Mierzei Sarb-
skiej. Ponadto dwie daty określają wiek drewnien występujących na powierzchni poziomu próchniczego gleby kopalnej Mierzei Łębskiej. Poruszono sprawę interpretacji datowań w kategorii lat kalendarzowych oraz wskazano na znaczenie wydatowanych artefaktów dla dalszego poznania historii odcinków mierzejowych.

WSTĘP

Północna część Niziny Gardnieńsko-Łębskiej jest obramowana powierzchniami mierzejowymi, na których występują różnorodne, w wielu przypadkach dużych rozmiarów i klasycznie rozwinięte, formy akumulacji eolicznej. Te obszary mierzejowe — zwłaszcza unikalny w skali europejskiej odcinek mierzei jeziora Łębsko — są również interesującymi obiektami pod względem paleoekologicznym i biostratygraficznym. W tym zakresie badania wykonane w ciągu kilku ostatnich lat dostarczyły nowych danych o minionej szacie roślinnej, na temat ewolucji tego specyficznego środowiska geograficznego oraz o swoistych cechach młodoholocennych stadiów klimatyczno-ekologicznych (por. K. Tobolski 1975 a, b, 1976, 1979 a, b, 1980, R. Borówka, K. Tobolski 1979). Badania te dowiodły, że szata leśna i jej abiotyczne środowisko bardzo się różniły od dzisiejszego obrazu Mierzei Łębskiej. W związku z tym wyłoniło się szereg problemów, nie w pełni jeszcze wyswietlonych, dotyczących kierunków sukcesji roślinnej w przeszłości, stopnia pierwotności współczesnej szaty leśnej tych obszarów czy przyczyn wywołują-

cych tak daleko idące przekształcenia. Śledzenie przemian środowiska geograficznego, a zwłaszcza najważniejszego komponenta strefy biotycznej — szaty roślinnej — jest w wielu przypadkach utrudnione, ponadto uzyskane wyniki oraz wnioski wzbudzają często nieufność. Jedną z zasadniczych przyczyn tych trudności ma niewątpliwie związek z wyjątkowo skromnymi możliwościami uzyskania bezwzględnych datowań wskaźnikowych artefaktów oraz kompletnych serii osadów organicznych.

Niniejszy artykuł pragnie tę brakującą lukę częściowo wypełnić prezentując wyniki dziesięciu datowań ^{14}C drewnien z obszarów mierzejo- wych Niziny Gardnieńsko-Łebskiej. W tej liczbie datowań mieszczą się po raz pierwszy wydатовane cmentarzyska drzew sosnowych ze środkowej części Mierzei Łebskiej oraz dwa cmentarzyska drzew dębowych z Mierzei Gardnieńskiej. Pozostałe daty określają wiek nowych znalezisk drewnien z Mierzei Sarbskiej oraz z gleb kopalnych Mierzei Łebskiej.

WYSTĘPOWANIE I CHARAKTERYSTYKA DATOWANYCH PRÓBEK

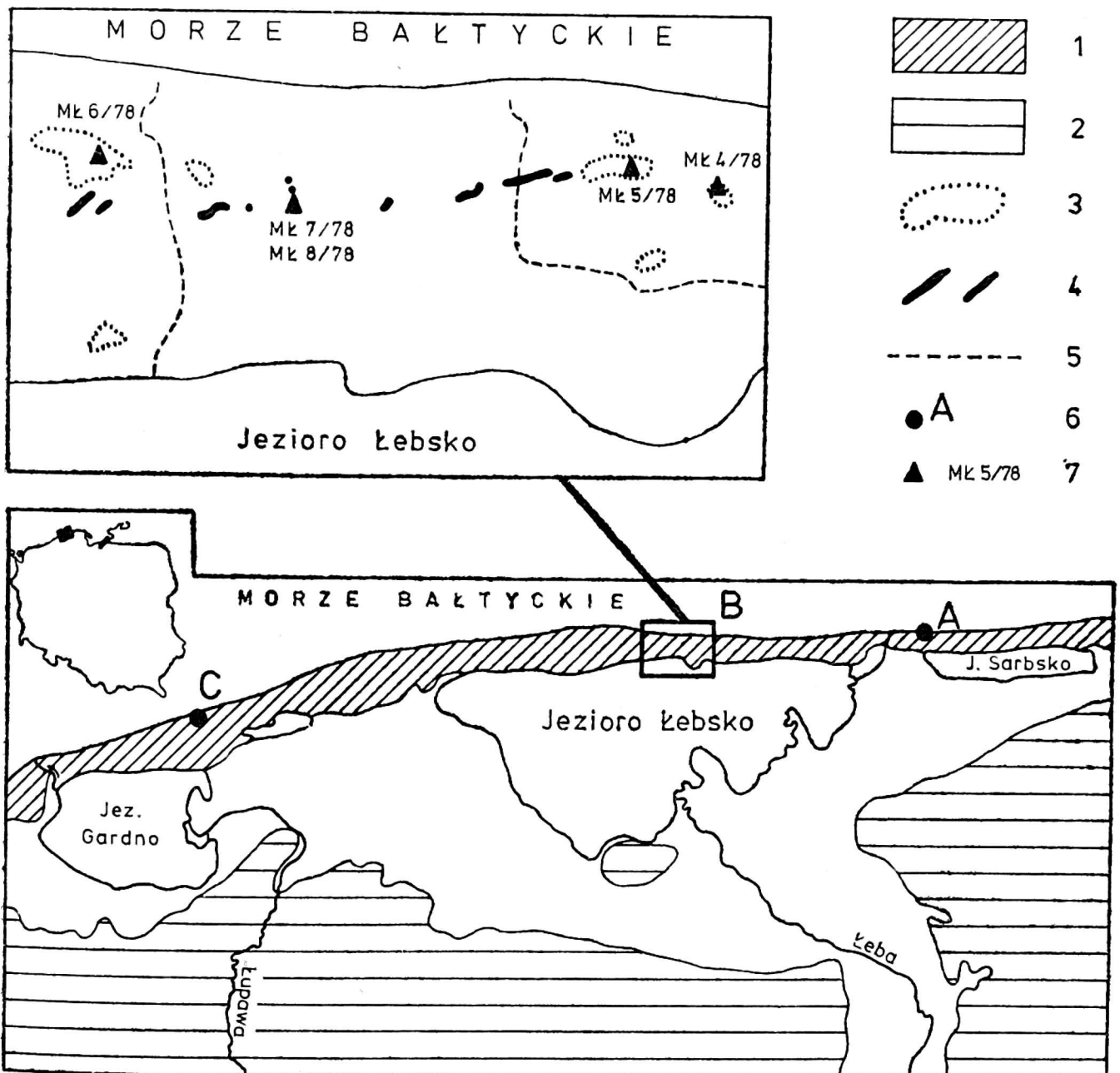
Przedmiotem badań były drewna pochodzące z trzech miejsc położonych na mierzejach w granicach Niziny Gardnieńsko-Łebskiej (rys. 1): w zachodniej części Mierzei Sarbskiej (A na rys. 1), w środkowej części Mierzei Łebskiej (B) i wschodniej części Mierzei Gardnieńskiej (C).

A. MIERZEJA SARBSKA

Drewna przeznaczone do datowań zostały znalezione w rejonie występowania poligenetycznych osadów biogenicznych, w bezpośrednim sąsiedztwie wcześniej opracowanego paleobotanicznie i wydатовanego profilu o miąższości 203 cm (K. Tobolski 1979). Stanowisko badań paleobotanicznych znajduje się na zapleczu plaży zimowej i wydmy przedniej w odległości około 1 km na E od ujścia rzeki Łeby do morza i 280 m na E od wschodniego skrzydła domu wczasowego „Neptun”. Do datowania wytypowano następujące próby:

ŁN 1/78 zewnętrzna część pnia dębu, \varnothing 53 cm, około 160 sło- jów rocznych przyrostów. Powierzchnia pnia była opalona i zwęglona do głębokości około 5 mm. Pień znajdował się w pozycji leżącej i spoczywał w osadach organicznych. Odcinek pnia o długości 35 cm (z miejscem, z którego wzięto próbę do datowania) jest przechowywany w Instytucie Geografii UAM w celu przekazania go do opracowania dendrochronologicznego.

ŁN 2/78 — drewno dębu z zewnętrznej części korzenia, który poziomo wyrastał z nasady pnia. Wiek okazu około 100 - 120 lat. Pień znajduje się 10 m na W od stanowiska ŁN 1/78.



Rys. 1. Miejsca występowania drewnien przeznaczonych do datowań metodą ^{14}C
 1 — wydmy nadmorskie, 2 — wysoczyzna dyluwialna, 3 — cementarzyska drzew, 4 — wychodnie gleb kopalnych, 5 — szlaki turystyczne, 6 — miejsca występowania drewnien na Mierzei Sarbskiej i Mierzei Gardnieńskiej, 7 — miejsca występowania drewnien w środkowej części Mierzei Łebskiej

ŁN 3/78 — drewno dębu z zewnętrznej części korzenia przy nasadzie pnia. Wiek okazu około 100 lat. Znaleźzisko położone 5 m na E od stanowiska ŁN 1/79.

Wszystkie trzy próby drewna są genetycznie związane z obecnością subfossylnej fitocenozy lasu dębowego. Poziom próchniczny tego subfossylnego lasu został stwierdzony w opracowanym paleobotanicznie profilu na głębokości 85 - 91 cm (warstwa nr 11, por. T. Tobolski 1979). Konwencjonalny wiek radiowęglowy tego poziomu wynosi 1435 ± 140 B.P. (Gd-418). Pień dębu, z którego pobrano próbę ŁN 1/78 leżał na osadach warstwy 11 oraz przykryty był identycznymi osadami jak w profilu opracowanym paleobotanicznie.

Podstawowym celem tych datowań było sprecyzowanie wieku znisz-

czenia lasu dębowego i ewentualne skorygowanie wieku próchnicy uformowanej w lesie dębowym. Na podkreślenie zasługuje nie budząca wątpliwości pierwotna lokalizacja omawianych drewnien, w tym także podejrzenie o drewno pochodzenia dryftowego. Bezsprzeczną lokalizację *in situ* dokumentują takie fakty jak kilku milimetrowej grubości opalenizna, bezpośredni związek obecności pnia z warstwą utworzoną w lesie dębowym jak również pionowa postawa nasadowych części pni okazów występujących w sąsiedztwie znaleziska ŁN 1/78.

B. ŚRODKOWA CZĘŚĆ MIERZEI ŁĘBSKIEJ

Do datowań przeznaczono pięć fragmentów drewna, trzy z nich pobrano z pionowo stojących pni w obrębie trzech cmentarzysk drzew, dwie próby z powierzchni poziomego próchniczego gleby kopalnej.

Mł 1/78 — Oddział 7 Obwodu Ochronnego Rąbka, SPN, cmentarzysko drzew w odległości około 800 m na NE od kulminacji Wydmy Łąckiej. Drewno sosny z zewnętrznej części stojącego pnia (\varnothing 21 cm, 20 słoju rocznych przyrostów). Drewno częściowo zmurszałe, większość powierzchni pnia bez kory, posiada żerowiska owadów.

Mł 2/78 — Wschodnia część cmentarzyska drzew w oddz. 7, w odległości około 400 m na E od szlaku turystycznego Wydmy Łącka — morze. Drewno sosny z zewnętrznej części stojącego pnia sosny (\varnothing 20 cm, 30 słoju), w drewnie żerowiska owadów.

Mł 6/78 NE część cmentarzyska drzew w oddz. 9 Obwodu Ochronnego Rąbka, SPN, około 200 m na W od szlaku turystycznego Jezioro Łębsko — brzeg morza. Drewno z zewnętrznej części stojącego pnia sosny (\varnothing 26 cm, 42 słoje), żerowiska owadów do głębokości 2 - 3 cm.

Odcinki pni, z których wycięto próby drewna do datowań radiowęglowych, są przechowywane w Instytucie Geografii UAM i również oczekują na opracowanie dendrochronologiczne.

Dwie próby pochodzą z nasadowych części pni drzew, występujących na powierzchni odsłoniętego poziomego próchniczego gleby kopalnej nr 14 (według numeracji K. Tobolski 1975 a). Wychodnia tej gleby rozciąga się po obu stronach granicy między oddziałami 8 i 9 Obwodu Ochronnego Rąbka, SPN.

Mł 7/78 — drewno dębu z nasadowej części zmurszałego pnia, poważny stopień rozkładu tego pnia uniemożliwił pobranie drewna z najbardziej jego zewnętrznej części.

Mł 8/78 — kora buka z nasadowej części silnie zmurszałego pnia.

Datowanie próbek z tej części Mierzei Łębskiej miało na celu określenie wieku cmentarzysk drzew, potwierdzenie tezy o synchroniczności zaniku lasów liściastych (bukowych) i drzewostanów sosnowych, sprecyzowanie wieku zanikania lasów bukowych w tej części mierzei.

C. MIERZEJA GARDNIĘSKA

Próby do datowań pobrano z zewnętrznej części pni dębowych w obrębie dwóch cmentarzysk drzew występujących na plaży wschodniej części Mierzei Gardnieńskiej.

MG 1/78 — drewno z stojącego pnia dębu (\varnothing 70 cm) w sąsiedztwie zielonego szlaku turystycznego w oddziale 211 Urzędu Morskiego.

MG 2/78 — drewno ze stojącego pnia dębu o \varnothing 120 cm. Stanowisko to znajduje się około 350 m na W od stanowiska poprzedniego. Niektóre pnie dębowe występują na pokładzie sprasowanego torfu niskiego.

Te bardzo interesujące pod względem ekologicznym i stratygraficznym cmentarzyska lasów dębowych również dotąd nie posiadały żadnego bezwzględного określenia wieku. Na podstawie własnych badań palinologicznych widzieliśmy jedynie, że reprezentują najstarsze stanowiska martwych lasów na obszarach mierzejowych Niziny Gardnieńsko-Łebskiej, nawiązujące bezpośrednio do klimaksowych fitocenoz ze stadium mezokratycznego.

WYNIKI POMIARÓW WIEKU I ICH INTERPRETACJA

PRZYGOTOWANIE PRÓBEK I POMIARY

Poprawne wyznaczenie wieku szczątków organicznych na podstawie pomiaru koncentracji izotopu ^{14}C możliwe jest tylko pod warunkiem usunięcia z datowanej próbki wszelkich substancji organicznych obcego pochodzenia, jak również obcych substancji nieorganicznych zawierających węgiel, takich jak np. węglany osadzone na materiale próbki wskutek jej kontaktu z wodą gruntową. Prawie wszystkie z datowanych próbek drewna znajdowały się na odkrytej powierzchni w bezpośrednim kontakcie z atmosferą i współczesną wodą. Takie warunki zewnętrzne stwarzają zagrożenie zanieczyszczenia datowanych materiałów substancjami o wysokiej koncentracji izotopu ^{14}C , prowadzącego do otrzymania zaniżonych wartości wieku wyznaczonego metodą ^{14}C . W celu maksymalnego usunięcia możliwych zanieczyszczeń wszystkie datowane próbki poddano preparatyce wstępnej, będącej zmodyfikowaną wersją procesu chemicznego usuwania zanieczyszczeń, stosowanego w Laboratorium ^{14}C w Groningen (Tans i inni, 1978).

Rozdrobnione próbki w postaci fragmentów o długości ok. 1 cm i grubości 2 - 3 mm poddawano preparatyce wstępnej, składającej się z następujących procesów: 1) gotowanie w wodzie destylowanej przez 1 godz., 2) gotowanie w 4% HCl przez 1 godz., 3) gotowanie przez 1 godz. w 4% roztworze NaOH, 4) gotowanie przez 30 min. w 4% roztworze HCl. Zarówno po traktowaniu roztworem HCl jak i NaOH próbkę płukano do uzyskania odczynu obojętnego a następnie gotowano

przez 1 godz. w wodzie destylowanej. Po ostatecznym wypłukaniu z resztek kwasu próbki były suszone w temperaturze około 80°C przez 12 godzin. W stosunku do standardowej preparatyki wstępnej próbek, stosowanej w Laboratorium ^{14}C w Gliwicach (A. Pazdur, M. F. Pazdur, 1978) wprowadzono tu modyfikację, polegającą na wstępnym gotowaniu w wodzie destylowanej i w roztworze HCl (punkt 1 i 2) oraz dwukrotnie zwiększono stężenie roztworów HCl i NaOH . Wysuszone próbki były spalane w strumieniu tlenu, a otrzymany dwutlenek węgla oczyszczano w standardowy sposób (Pazdur i inni, 1979). Pomiar aktywności ^{14}C próbek wykonywane były za pomocą liczników proporcjonalnych wypełnionych czystym dwutlenkiem węgla do ciśnienia 2 atm.

Pomiary oznaczone numerami większymi niż 1000 wykonane były za pomocą zespołu licznikowego L1, dla którego szybkość zliczeń impulsów dla wzorca aktywności ^{14}C współczesnej biosfery wynosi $S^{\circ}=36,7$ imp/min, pozostałe pomiary wykonano przy użyciu zespołu licznikowego L3, dla którego $S^{\circ}=20,5$ imp/min. Do pomiarów tła liczników proporcjonalnych używano dwutlenku węgla otrzymanego ze spalania węgla kamiennego.

Pomiar szybkości zliczeń impulsów ^{14}C dla każdej z próbek składał się z co najmniej 25 stuminitowych pomiarów cząstkowych. Wyniki rejestrowano w sposób ciągły na taśmie perforowanej a następnie poddawano analizie statystycznej na maszynie cyfrowej ODRA 1305 w celu wykrycia i odrzucenia pomiarów zaburzonych, sprawdzenia stabilności pracy aparatury pomiarowej itd. (M. F. Pazdur, A. Walanus, 1978). Dokładność pomiaru szybkości zliczeń we wszystkich przypadkach wynosi około 0,5% (Pazdur i inni, 1978).

WYNIKI POMIARÓW WIEKU I ICH DYSKUSJA

Wartości konwencjonalnego wieku radiowęglowego (KWR) dla wszystkich datowanych próbek przedstawia tabela 1. Wszystkie wyniki zostały zaokrąglone do 5 lat. Błąd pomiaru wieku, podany w tabeli 1 uwzględnia jedynie przypadkowe czynniki laboratoryjne takie jak niedokładność określenia radioaktywności datowanej próbki i próbek wzorcowych, błąd odmierzenia ilości gazu użytego do pomiaru, nie uwzględniają natomiast czynników zewnętrznych, takich jak wpływ zanieczyszczeń, zmiany koncentracji izotopu ^{14}C w przeszłości, czy też frakcjonowanie izotopowe.

Średnia wartość KWR dla trzech próbek pni dębów ze stanowiska Łeba-Neptun wynosi 1135 lat B.P., średnie odchylenie standardowe dla tych pomiarów, obliczone na podstawie sumy kwadratów różnic między wartością średnią a wartościami wieku dla poszczególnych próbek, wynosi $s=80$ lat. Wartość ta przekracza blisko dwukrotnie podawane w

Tabela 1

Wartości konwencjonalnego wieku radiowęglowego

Numer laboratoryjny pomiaru	Nazwa próbki	Konwencjonalny wiek radiowęglowy (lat B.P.)
Gd-573	Łeba-Neptun 1/78	1220 ± 45
Gd-1008	Łeba-Neptun 2/78	1065 ± 50
Gd-1006	Łeba-Neptun 3/78	1125 ± 45
Gd-570	Mierzeja Łebska 4/78	290 ± 45
Gd-571	Mierzeja Łebska 5/78	255 ± 55
Gd-572	Mierzeja Łebska 6/78	210 ± 50
Gd-1034	Mierzeja Łebska 7/78	390 ± 45
Gd-1038	Mierzeja Łebska 8/78	255 ± 50
Gd-1005	Mierzeja Gardnieńska 1/78	2135 ± 50
Gd-1006	Mierzeja Gardnieńska 2/78	2865 ± 55

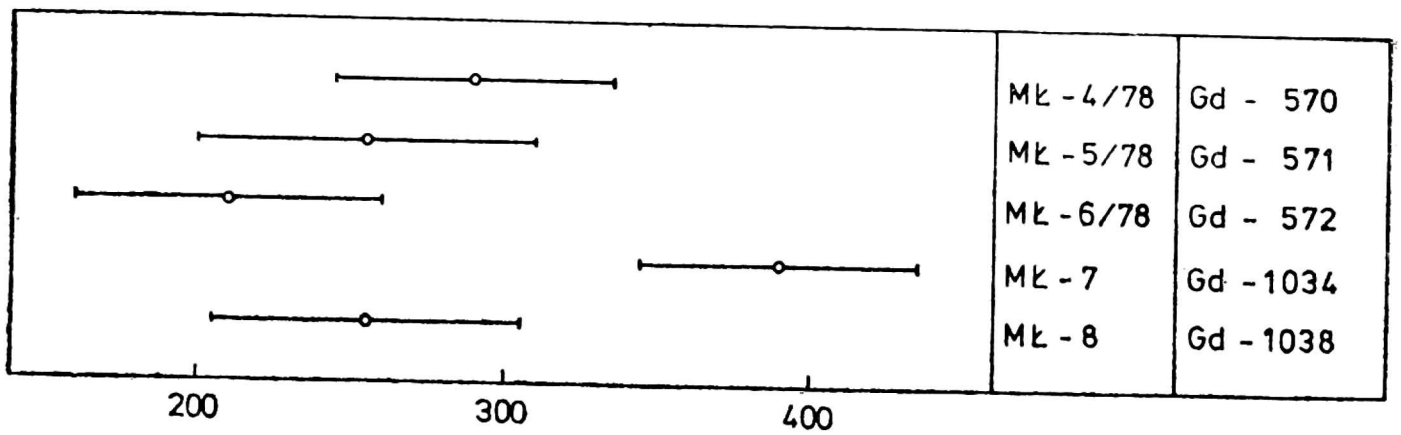
tabeli 1 wartości błędów pomiarowych. Można zatem stwierdzić, że rozrzut wyników pomiarów nie jest powodowany wyłącznie błędami laboratoryjnymi, lecz jest efektem różnicy wieku poszczególnych próbek. Zakładając, że obserwowany rozrzut wyników datowań pni ze stanowiska Łeba-Neptun jest powodowany niezależnym występowaniem dwóch czynników, a mianowicie błędów laboratoryjnych i niejednoczesnym obumarciem poszczególnych pni, otrzymuje się następujący związek

$$s^2 = s_{\text{lab}}^2 + s_{\text{ext}}^3$$

gdzie s oznacza oszacowanie powyżej średnie odchylenie standardowe wyników pomiarów, $s = 80$ lat, s_{lab} jest czynnikiem uwzględniającym błędy laboratoryjne, $s_{\text{lab}} = 45$ lat, zaś s_{ext} oznacza średni rozrzut wieku datowanych pni. Po ustawieniu wartości liczbowych do wzoru (1) otrzymuje się, że $s_{\text{ext}} = 65$ lat. Zakładając następnie, że datowane pnie stanowią reprezentatywną próbę drzew z wymarłego lasu dębowego można otrzymaną wartość $\tau = 2s_{\text{ext}} = 130$ lat interpretować jako prawdopodobny czas trwania procesu obumierania fitocenozy lasu dębowego.

Korzystając z wyznaczonej przez Clarka (1975) zależności między KWR a wiekiem kalendarzowym, otrzymuje się, że średnia wartość KWR dla datowanej serii próbek ze stanowiska Łeba-Neptun, wynosząca 1135 lat B.P. odpowiada wiekowi kalendarzowemu, równemu $1115 \pm \pm 60$ B.P., tzn. 835 A.D. Na podstawie przytoczonej analizy należy stwierdzić, że najbardziej prawdopodobny okres obumierania fitocenozy lasu dębowego na stanowisku Łeba-Neptun przypada na pierwszą połowę IX wieku naszej ery.

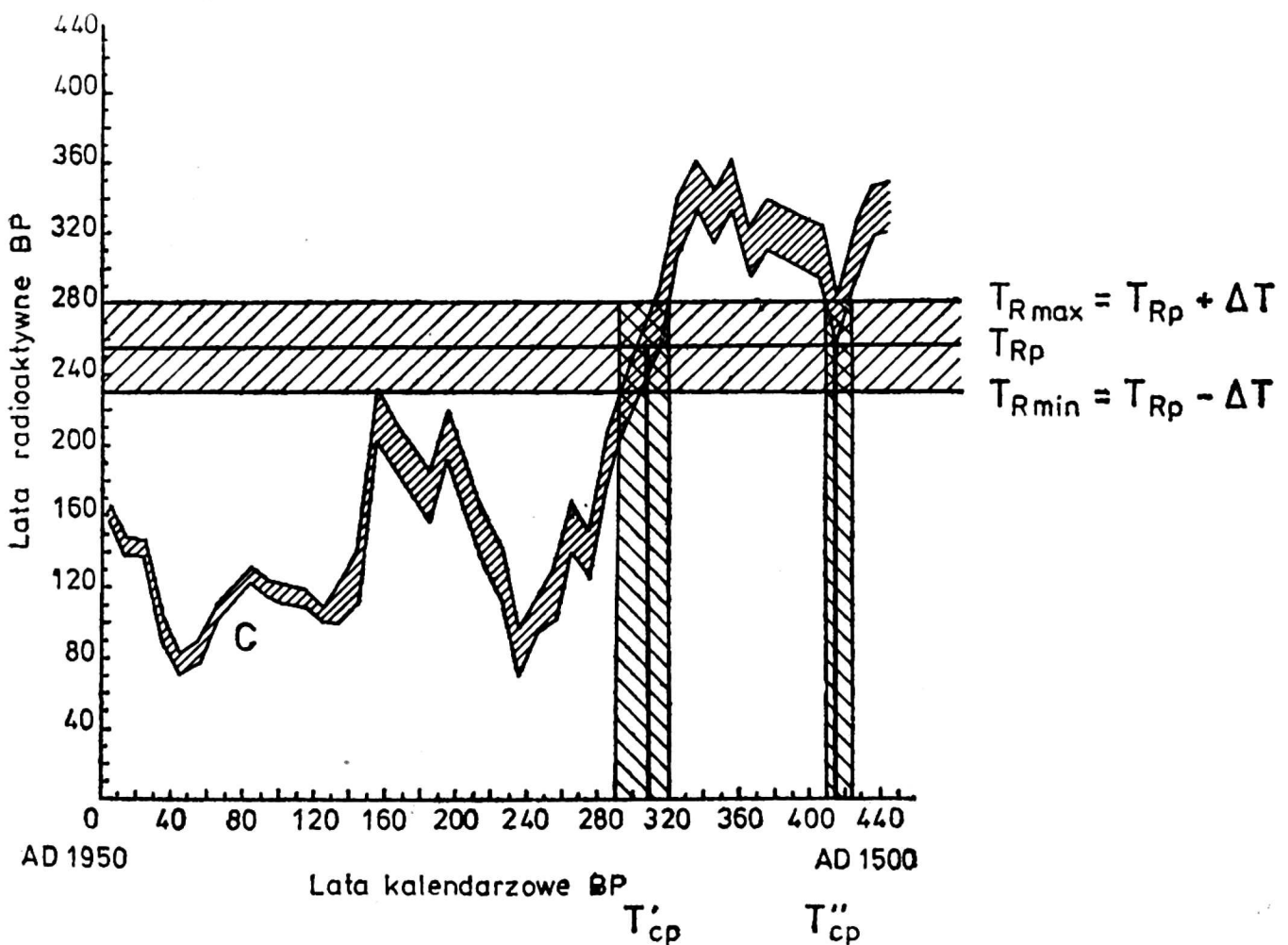
Dla obszaru Mierzei Łebskiej wykonano 5 datowań, których wyniki w postaci konwencjonalnych dat radiowęglowych przedstawiono na rysunku 2. Wyniki datowań praktycznie pokrywają się ze sobą, z wyjątkiem daty dla próbki Mł-7, która w dalszej dyskusji będzie traktowana oddzielnie. Wartość średnia KWR dla powyższych czterech próbek



Rys. 2. Wartości konwencjonalnego wieku radiowęglowego dla próbek z obszaru Mierzei Łebskiej

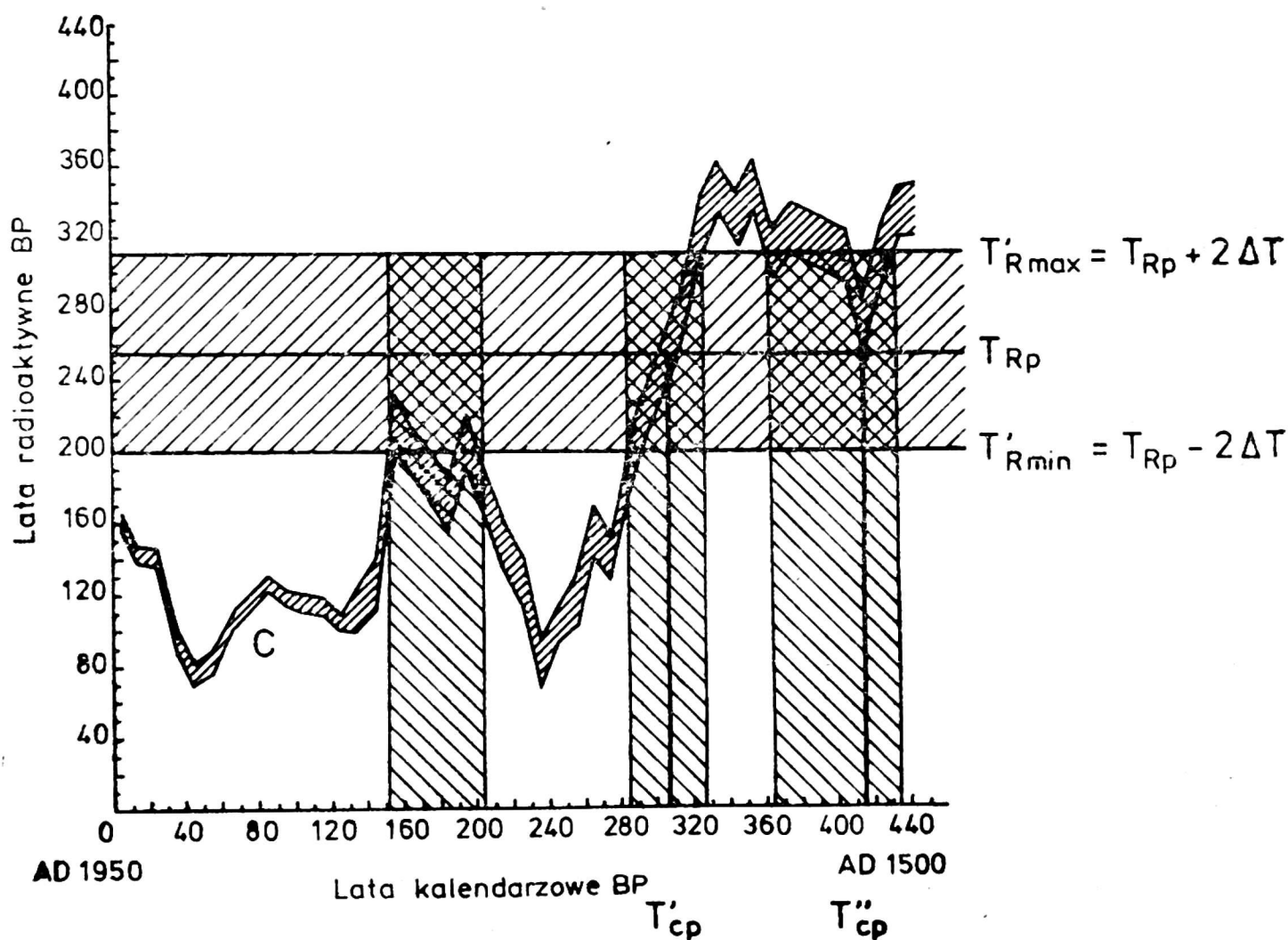
wynosi 255 B.P. i pokrywa się z datami otrzymanymi dla próbki sosny oznaczonej symbolem MŁ-5 i kory bukowej o symbolu MŁ-8. Średnie odchylenie standardowe dla tej serii dat wynosi 33 lata, jest więc mniejsze niż oszacowanie wartości błędów poszczególnych pomiarów. Fakt ten pozwala przyjąć, jako prawdziwą z dużym prawdopodobieństwem, hipotezę o identyczności wszystkich czterech dat radiowęglowych i traktować różnice wieku dla poszczególnych próbek jako wynik błędów pomiarowych. W tej sytuacji wartość średnia KWR obarczona będzie błędem wynoszącym ± 25 lat. Prawdopodobny okres obumarzenia zbiorowisk drzew sosnowych oraz utworzenia warstwy próchnicy, z której pochodzi próbka MŁ-8 przypada, w konwencjonalnej radiowęglowej skali czasu, na lata od 280 B.P. do 230 B.P. W celu wyznaczenia wieku w skali lat kalendarzowych posłużymy się opublikowanym przez Stuivera (1978) wykresem zależności między KWR a wiekiem kalendarzowym dla przedziału czasu obejmującego ostatnie 450 lat. Przedstawia ją krzywa na rysunku 3, gdzie na poziomej osi odłożono wiek w skali kalendarzowej liczony względem roku 1950, a na osi pionowej konwencjonalny wiek radiowęglowy również w latach B.P.

Ta niezwykle skomplikowana zależność między wiekiem kalendarzowym a KWR interpretowana jest jako wynik czynników klimatycznych z wyjątkiem okresu ostatnich 50 lat, tj. od roku 1900 A. D. do roku 1950 A. D., gdzie dominującą rolę odgrywa tzw. efekt przemysłowy (Suess 1955). Wyznaczona ona została na podstawie bardzo dokładnych pomiarów koncentracji izotopu ^{14}C w słojach rocznych przyrostów drzew Douglas fir, rosnących na terenie stanu Washington w USA, na szerokości geograficznej 48°N , a więc zbliżonej do szerokości geograficznej południowego wybrzeża Bałtyku. Pomimo oczywistych różnic klimatycznych obu obszarów zależność tę można na podstawie analizy przeprowadzonej przez Haugena (1967) zastosować do dyskusji wyników datowań z wybrzeża Bałtyku. Linia pozioma na rysunku 3, oznaczona symbolem T_{RP} , oznaczająca prawdopodobny średni KWR wynoszący 265 B.P. przecina się z wykresem C zależności między KWR a wiekiem kalendarzowym w punkcie, dla którego wiek kalendarzowy wynosi $T_{\text{CP}} = 310 \text{ B.P.}$,



Rys. 3. Przedziały konwencjonalnego wieku radiowęglowego i wieku kalendarzowego przy poziomie istotności 65% dla wartości średniej obliczonej bez uwzględnienia próbki MŁ-7

czyli 1640 A.D. oraz w punkcie dla którego otrzymuje się $T_{CP} = 415$ B.P., czyli 1535 A. D. Linie poziome, oznaczone symbolami T_{Rmax} i T_{Rmin} , wyznaczają granice KWR, wynikające z uwzględnienia błędu wartości średniej, odpowiadające prawdopodobieństwu około 68%. Wewnątrz zakreskowanego obszaru między liniami T_{Rmax} i T_{Rmin} znajdują się dwa odcinki krzywej C. Oznacza to, że wartość KWR zawarta w przedziale od 230 B.P. do 280 B.P. może być otrzymana zarówno w przypadku, gdy rzeczywisty wiek kalendarzowy zawiera się w pierwszym przedziale, obejmującym lata od 1630 A.D. do 1660 A. D., jak i w drugim przedziale od 1525 A.D. do 1540 A.D. Na rysunku 4 przedstawiono ten sam wykres, przy czym linie poziome T_{Rmax} i T_{Rmin} wyznaczają przedziały wieku, odpowiadające podwojonej wartości błędu KWR. Rzeczywista wartość średnia KWR powinna się zawierać w tym przedziale z prawdopodobieństwem wynoszącym około 95%. W zakreskowanym przedziale, zawartym między liniami T_{Rmax} i T_{Rmin} znajdują się trzy oddzielne odcinki, krzywej kalibracyjnej C, a przedziały wieku kalendarzowego odczytane na osi poziomej wynoszą: pierwszy od 1800 A.D. do 1740 A.D., drugi od 1665 A.D. do 1620 A.D., oraz trzeci od 1585 A.D. do 1515 A.D. Na podstawie samych wyników datowania oraz zamieszczonego na rysunku 3 i 4 wykresu nie można zatem otrzymać jednoznacznej odpo-



Rys. 4. Przedziały konwencjonalnego wieku radiowęglowego i wieku kalendarzowego (por. ryc. 3) dla poziomu istotności 95%

wiedzi na pytanie o rzeczywisty kalendarzowy wiek procesów, które spowodowały wymarcie lasów sosnowych na Mierzei Łebskiej. Powyższa analiza została przeprowadzona przy pominięciu wyniku dla próbki Mł-7 i przy założeniu, że różnice wieku pozostałych czterech próbek są powodowane jedynie błędami pomiarowymi. Założenie to, aczkolwiek uzasadnione statystycznie jest oczywistym uproszczeniem, i dla otrzymania pełniejszego obrazu celowe jest przedyskutowanie wyników datowania traktując każdą z próbek oddzielnie. Z punktu widzenia teorii pomiarów podejście takie oznacza, że traktujemy różnice pomiędzy poszczególnymi wynikami datowania jako przejaw istotnych różnic wieku datowanych próbek, a nie wyłącznie jako rezultat błędów pomiarowych. Przy takim podejściu do otrzymanych wyników datowania można każdej wartości KWR przypisać odpowiednie wartości wieku kalendarzowego w identyczny sposób, jak to zrobiono wyżej w przypadku wartości średniej. Dla próbki Mł-7, której KWR wykracza poza przedział czasu objęty krzywą Stuivera (1978), przedstawioną na rysunku 3 i 4, wiek kalendarzowy został wyznaczony na podstawie tabel korekcyjnych opracowanych przez Clarka (1975). Jedynie dla tej próbki otrzymuje się jednoznaczne przyporządkowanie wieku kalendarzowego, we wszystkich pozostałych przypadkach zmierzonej wartości KWR odpowiadają dwie

Tabela 2

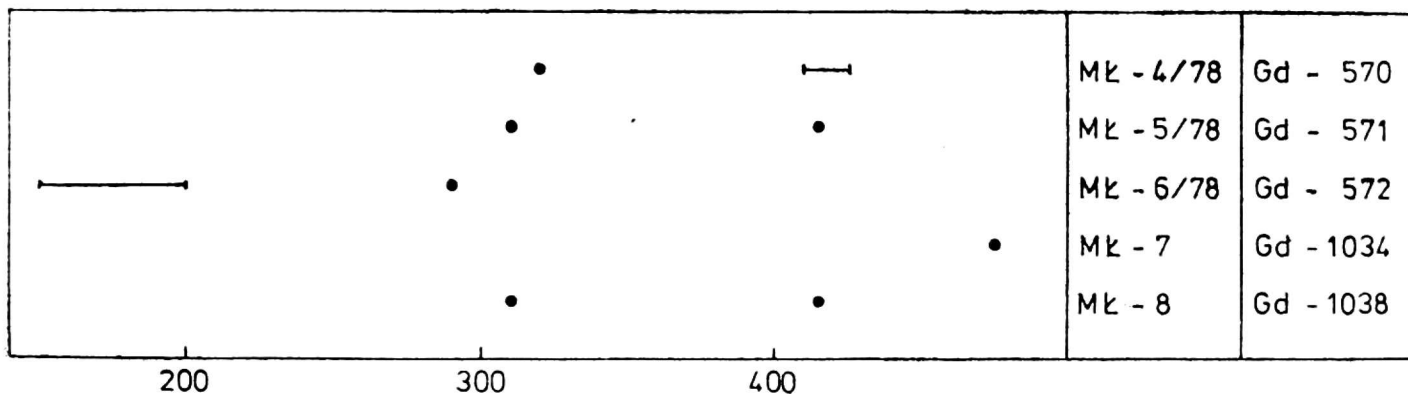
Przedziały wieku kalendarzowego dla próbek z obszaru Mierzei Łebskiej

Numer laboratoryjny pomiaru	Nazwa próbki	Przedziały wieku kalendarzowego (A.D.)	Literatura
Gd-570	MŁ-4/78	od 1655 do ... 1460	Stuiver M., 1978
Gd-571	MŁ-5/78	od 1800 do 1745 lub od 1665 do 1620 lub od 1585 do 1515	..
Gd-572	MŁ-6/78	od 1805 do 1730 lub od 1685 do 1635	..
Gd-1034	MŁ-7/78	od 1545 do 1405	Clark R. M., 1975
Gd-1038	MŁ-8/78	od 1800 do 1745 lub od 1665 do 1620 lub od 1585 do 1515	Stuiver M., 1978

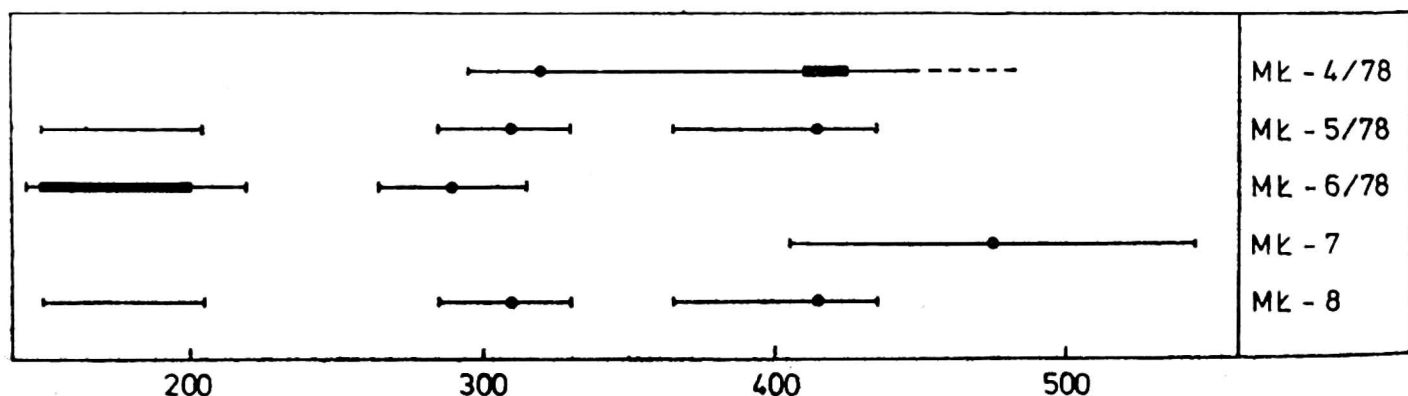
wartości, a mówiąc ściślej, dwa przedziały wieku kalendarzowego. Wartości wieku kalendarzowego dla wszystkich próbek z Mierzei Łebskiej zestawione są w tabeli 2. Wyniki przeliczeń przedstawiono również w postaci graficznej na rysunku 5.

Jak widać wartości wieku kalendarzowego grupują się w dwóch przedziałach, pierwsza grupa skupiona jest wokół daty 1640 A.D., druga zawiera daty starsze niż 1540 A.D. Na podkreślenie zasługuje fakt, że również między wiekiem kalendarzowym dla próbki MŁ-7 a datami kalendarzowymi dla pozostałych próbek (z wyjątkiem MŁ-6) wynosi tylko około 60 lat, co nie pozwala na pominięcie tego wyniku jako odstającego. Jeszcze wyraźniej widoczne jest na rysunku 6, gdzie przedstawione są przedziały wieku kalendarzowego dla wszystkich próbek, otrzymane przy uwzględnieniu błędów pomiarowych. Odcinki pogrubione oznaczają przedziały wartości wieku kalendarzowego odpowiadające dokładnym wartościom KWR, jak na rysunku 5. W porównaniu z sytuacją przedstawioną na rysunku 5 obraz uległ pewnej komplikacji, jednak na szczególną uwagę zasługują tu dwa fakty. Po pierwsze wartość KWR dla próbki MŁ-4, wynosząca 290 ± 45 B.P. może być otrzymana przy kalendarzowym wieku tej próbki starszym niż 1655 A.D., przy czym górna granica jest nieokreślona, wykracza bowiem poza przedział czasu objęty krzywą kalibracyjną C na rysunku 3. Hipoteczną górną granicę wieku kalendarzowego dla tej próbki zaznaczono linią przerywaną. Po drugie, przedział wieku kalendarzowego dla próbki MŁ-7 pokrywa się z górnymi przedziałami dla pozostałych próbek (z wyjątkiem MŁ-6), co potwierdza postawioną wyżej hipotezę, że wynik ten nie może być traktowany jako odstający.

Reasumując, oba sposoby podejścia do interpretacji wyników datowania próbek z obszaru Mierzei Łebskiej dają niejednoznaczne określenie historycznego przedziału czasu, w którym nastąpiło wymarcie lasów sosnowych i wznowienie procesów eolicznych. Najbardziej prawdopodobnymi przedziałami czasu, w świetle wyników datowania radiowęglowego, są lata od 1620 A.D. do 1660 A.D. oraz pierwsza połowa XVI wieku. Odstęp czasu pomiędzy tymi dwoma przedziałami, w zasadzie równo-



Rys. 5. Wartości rzeczywistego wieku kalendarzowego dla próbek z Mierzei Łebskiej, odpowiadające wartościom KWR dla datowania próbek, bez uwzględnienia błędu pomiaru wieku



Rys. 6. Przedziały wieku kalendarzowego dla poszczególnych próbek z Mierzei Łebskiej, odpowiadające przedziałom KWR

uprawnionymi, wynosi około stu lat. Usunięcia powyższej niejednoznaczności można spodziewać się po wykonaniu dalszych dokładnych pomiarów wieku, zarówno dla próbek drewna z pni martwych sosen jak i dla próbek organicznych pochodzących z subfosylnych poziomów dębowych związanych z wymarłymi lasami dębowymi.

PODSUMOWANIE

Podsumowanie uwzględni jedynie chronologię tych zdarzeń na obszarach mierzejowych Niziny Gardnieńsko-Łebskiej, które dzięki omawianym tu datowaniom można było skorygować, uściślić lub też potwierdzić.

A. Dla plażowych osadów biogenicznych na Mierzei Sarbskiej datowania pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1° — datowania nie potwierdziły wcześniejszego przypuszczenia autora o tym, że data radiowęglowa 1435 ± 140 B.P. dla warstwy 11 jest „odmłodzona” o około 500 lat. W świetle datowań drewnien określenie wieku warstwy 11 dobrze umiejscawia w czasie egzystencję fitocenozy lasu dębowego, która rosła jeszcze na tym stanowisku co najmniej kilkaset lat później niż w obrębie wydm środkowej części Mierzei Łebskiej,

2° — zniszczenie fitocenozy lasu dębowego nastąpiło dopiero w IX wieku. Zatem zanikanie na mierzejach powierzchni pierwotnych lasów dębowych miało przebieg stopniowy i dokonało się w różnym czasie,

3° — fakt niesynchronicznego, stopniowego zanikania pierwotnych lasów liściastych może być kolejnym argumentem na poparcie tezy o antropogenicznej przyczynie zmian w obrębie pierwotnej roślinności obszarów mierzejowych.

B. Dla środkowej części Mierzei Łebskiej niewyjaśniona dotąd była sprawa młodoholeceńskich przekształceń w obrębie najmłodszej generacji lasów oraz zanikanie powierzchni leśnych wcześniejszej generacji lasów bukowych.

Przytoczone przez nas pierwsze wyniki datowań drewnien z martwych lasów nie dały jednoznacznej odpowiedzi na temat wieku kalendarzowego zniszczenia tych powierzchni leśnych, lata kalendarzowe obliczono na podstawie wykresu Stuivera (1978) opracowanego według materiałów amerykańskich. Natomiast konwencjonalne lata radiowęglowe dały wyniki zaskakująco zbieżne. Nieprecyzyjne dotąd wyniki przeprowadzanej kalkulacji na skalę lat kalendarzowych powinny zostać zniwelowane przez większą liczbę dalszych datowań radiowęglowych omentarzysk drzew oraz na drodze synchronizacji tych datowań z określeniem wieku poziomów glebowych. Niemniej już w obecnej postaci daty te posiadają dużą wartość zarówno dla śledzenia przemian w obrębie tego środowiska jak i historii lasów.

Zniszczenie lasów sosnowych nastąpiło w XVII wieku w wyniku inwazji lotnych piasków. Datowania radiowęglowe — pomimo wcześniej omawianych zagadnień — są w pełni zgodne z faktami historycznymi dla tego obszaru. W początkach XVII wieku działalność gospodarcza została skierowana ku rolnictwu, a w zasięgu tej działalności znalazły się również odcinki mierzejowe tej niziny. J. Kobendzina (1976) w swoim wnikliwym studium na temat geografii historycznej Łeby i jej okolic pisze że ... „wypasy i przemysł, a przede wszystkim wojny przyczyniły się do dewastacji tych lasów, które porastały wydmy. Ogołocenie wydmy pociągnęło za sobą ruszenie piasków. Z 1662 roku zachowały się dokumenty stwierdzające zagrożenie miasta Łeby ze strony zbliżających się od zachodu lotnych piasków” (l.c. str. 696).

Datowania radiowęglowe potwierdziły wcześniejszy pogląd (K. Tobolski 1975) o występujących obok siebie w czasach historycznych drzewostanów sosnowych i liściastych z dominującym udziałem buka. Drzewostany bukowe, najprawdopodobniej wtedy już na wydmach nieliczne, uległy również zniszczeniu wskutek tej samej inwazji lotnych piasków. Natomiast w obecnej chwili autorzy nie przywiązują większej wagi do odbiegającego przeszło 100 lat wyniku próby Mł-7/78. Dąb jest stałym komponentem w lasach bukowych i data ta najprawdopodobniej odzwier-

ciędła wiek drewna (może już wcześniej martwego?) a nie czas zniszczenia fitocenozy leśnej.

C. Datowania drewnianych pni dębowych z cmentarzysk drzew na plaży Mierzei Gardnieńskiej wykazały również niesynchronizację zanikania fitocenozy lasów dębowych. Data próby MG 1/78 mieści się w przedziale czasu, w którym nastąpiły zniszczenia lasów dębowych w środkowej części Mierzei Łebskiej. Natomiast próba MG 2/78 swoją datą wyraźnie nawiązuje do zdarzeń wcześniejszych, rozgrywających się na mierzejach Niziny Gardnieńsko-Łebskiej w młodszej części epoki brązu (R. Borówka, K. Tobolski 1979).

*Instytut Fizyki Politechniki Śląskiej
Laboratorium ¹⁴C*

*Instytut Geografii Uniwersytetu
im. A. Mickiewicza w Poznaniu
Zakład Geomorfologii*

LITERATURA

- Borówka R. K., Tobolski K., 1979: Nowe znaleziska archeologiczne na Mierzei Łebskiej i ich znaczenie dla paleogeografii tego obszaru (Summary: New archeological sites on the Leba Bar and their significance for paleogeography of this area). *Bad. Fizjogr. nad Polską Zach.*, 32, A.
- Clark R. M., 1975: A calibration curve for radiocarbon dates. *Antiquity*, 69, 251 - 266.
- Haugen R. K., 1967: Tree ring indices: A circumpolar comparison. *Science*, 158, 773 - 775.
- Kobendzina J., 1976: Z geografii historycznej Łeby i okolicy (Summary: On the historical geography of Leba and its surroundings). *Przegląd Geogr.*, 48, 4, 689 - 701.
- Pazdur A., Pazdur M. F., 1978: Methods of sample pretreatment in Gliwice Radiocarbon Laboratory. *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi* (w druku).
- Pazdur M. F., Walanus A., 1978: Statistical analysis of data and age calculation in Gliwice Radiocarbon Laboratory, *ibid.* (w druku).
- Pazdur M. F., Walanus A., Mościcki W., 1978: A method of continuous examination of counting efficiency during measurements of natural radiocarbon with CO₂ — filled proportional counter. *Nucl. Instr. and Methods*, 151.
- Pazdur M. F., Awwsiuk R., Bluszcz A., Hałas S., Pazdur A., Walanus A., Zastawny A., 1979: Preliminary results of the study of isotopic fractionation during chemical purification of carbon dioxide for radiocarbon dating. *Radiochem. Radioanalyt. Letters*, (w druku).
- Stuiver M., 1978: Radiocarbon timescale tested against magnetic and other dating methods, *Nature*, 273, 271 - 274.
- Suess H. E., 1955: Radiocarbon concentration in modern wood, *Science*, 122, 415 - 417.
- Tans P. P., de Jong A. F. M., Mook W. G., 1978: Chemical pretreatment and radial flow of ¹⁴C in tree rings, *Nature*, 271, 234 - 235.
- Tobolski K., 1975a: Studium palinologiczne gleb kopalnych Mierzei Łebskiej w Słowińskim Parku Narodowym (Summary: Palynological study of fossil soils

- of the Łeba Bay Bar in the Słowiński National Park). PTPN, Prace Kom. Biolog., 41, 1 - 76.
- Tobolski K., 1975 b: Gleby kopalne Mierzei Łebskiej i współczesna im szata roślinna. PTGleb., Materiały na konferencję terenową poświęconą glebom Słowińskiego Parku Narodowego. II, 24 - 31.
- Tobolski K., 1976: Przemiany klimatyczno-ekologiczne w okresie czwartorzędu a problem zmian we florze (Summary: Climatic-ecological transformations in the quaternary and the problem of changes in the flora). Phytocenosis, 5, 3/4, 187 - 197.
- Tobolski K., 1979: Zmiany lokalnej szaty roślinnej na podstawie badań subfosylnych osadów biogenicznych w strefie plaży koło Łeby (Summary: Changes in the local plant cover on the basis of investigations on subfossil biogenic sediments in the beach zone near Łeba). Bad. Fizjogr. nad Polską Zach., 32, A.
- Tobolski K., 1979: Udział czynnika antropogenicznego w politorynowych przemianach szaty roślinnej na akumulacyjnym wybrzeżu Bałtyku w okolicy Łeby. Phytocenosis (w druku).
- Tobolski K., 1980: The fossil soils of the Łeba Coastal dunes on the Łeba Bay Bar and their paleogeographical interpretation. Quaestiones Geographicae, 6.

KAZIMIERZ TOBOLSKI

THE RADIO-CARBON DATING OF SUBFOSSIL WOOD FROM THE BARS OF THE GARDNO-ŁEBA LOWLAND

Summary

The paper presents the results of radio-carbon dating carried out on ten wood samples from the area of the Gardno-Łeba Lowland. The author has discussed the methods used to prepare the samples for dating and to measure their radioactivity. There were three measurements made for subfossil oak trunks from the Łeba-Neptun station on the Sarbska Bar. The mean radiocarbon age for these trunks is 1135 ± 80 years BP. Scattering of the results obtained for particular trunks, which is higher than the accuracy of measurements, points out to differentiated decay of the oak forest phytocoenosis. It has been suggested that the above process could have lasted for about 130 years. Fine datings were made for the area of the Łeba Bar, namely three of them were measurements of age for samples collected from the thickest trunks of dead pines covered with dune sands, and the other two were made for a sample of beech bark and oak wood from fossil soil No. 14. The age of the first four samples is the same. The mean value is 255 ± 33 years BP. The age obtained for the sample of oak wood is about 150 years older than the mean value. The results of the datings have been discussed in great detail in order to determine calendar dates of particular samples on the basis of the relation between the radiocarbon age and calendar dates which were established by Stuiver and Clark. Since the course of this relation, comprising a period of the last 450 years, is very complicated, the calendar age obtained for the decay of pine forests on the Łeba Bar is not univocal. In the light of the obtained results it may be said that the dates from 1620 AD till 1660 AD are most probable. Datings of two oak trunks from the beach of the Gardno Łeba were 2135 ± 50 years BP and 2865 ± 55 years BP.

The above datings being at disposal it has been possible to give more

details, correct, or confirm some paleoecological and biostratigraphic facts in bar areas of the Gardno-Łeba Lowland.

A. For beach biogenic sediments of the Sarbsko Bar the datings of oak trunks have not confirmed the author's earlier supposition that the radio-carbon date 1435 ± 140 BP for the eleventh stratum is by about 500 years earlier. The destruction of oak forest occurred in the 9th century. Thus the decay of primary oak forests on the bars was gradual and took place at a different time. This unequal decay of deciduous forests, as compared with fossil soils, may be another argument for the anthropogenic causes of changes within primary vegetation of the bar areas.

B. For the central part of the Łeba Bar, the radio-carbon datings fully confirm historical facts (among others, intensified economic activity at the beginning of the 17th century caused dune movement).

C. The dating of oak trunks on the Gardno Bar have pointed out to unequal decay of oak forests over this area. The MG 1/78 date refers to a period of time when oak trees were destroyed in the central part of the Łeba Bar. Whereas the 2/78 date is connected with earlier events which occurred on Gardno-Łeba Bar in the earlier part of the Bronze Age.

EXPLANATIONS OF FIGURES

Fig. 1. The occurrence of woods to be radiometrically dated.

1 — coastal dunes, 2 — diluvial plateau, 3 — tree bunials, 4 — outcrops of fossil soils, 5 — tourist routes, 6 — places of the occurrence of woods on the Sarbsko Bar and Gardno Bar, 7 — places of the occurrence of woods in the central part of the Łeba Bar.

Fig. 2. Values of conventional radiocarbon age for samples from the Łeba Bar.

Fig. 3. Classes of conventional radiocarbon age and calendar age at the significance level of 65% for the mean value calculated without the ML-7 sample.

Fig. 4. Classes of conventional radiocarbon age and calendar age (cf. Fig. 4) and the significance level of 95%.

Fig. 5. Values of the real calendar age for samples from the Łeba Bar, corresponding to the KWR values for the samples without any measurement errors.

Fig. 6. Classes of calendar age for particular samples from the Łeba Bar, corresponding to the KWR classes.