

Anna PAZDUR

Laboratorium C-14

Politechnika Śląska, Gliwice

## ZMIANY ŚRODOWISKA NATURALNEGO NA PODSTAWIE BADAŃ C-14 MARTWIC WAPIENNYCH I WĘGLANOWYCH OSADÓW JEZIORNYCH

**Streszczenie:** Badania składu izotopowego węgla w holocenijskich martwicach wapiennych z obszaru Polski południowej umożliwiły rekonstrukcję przebiegu warunków sedymentacji tych osadów, a w szczególności warunków klimatycznych (temperatury) oraz hydrologicznych faz erozji i sedymentacji. Pomiary wieku martwic ze stanowiska w dolinie rzeki Checra (Peru) pozwoliły wyznaczyć górną granicę wieku osuwiska zamykającego dolinę oraz tempo rozcinania osuwiska. Radiowęglowa skala czasu uzyskana dla profilu martwic z Villers (Belgia) zgadza się z wynikami przewidywań paleobotanicznych. Na podstawie pomiarów koncentracji  $^{14}\text{C}$  w laminowanych osadach węglanowych jeziora Gościąg odtworzono fluktuacje średniej głębokości jeziora w późnym glacie i holocenie.

### WSTĘP

Przebieg sedymentacji słodkowodnych osadów węglanowych takich jak martwice wapienne i osady jeziorne, zależy od warunków geochemicznych, hydrologicznych i klimatycznych na danym obszarze. Warunki te znajdują swoje odbicie w typach osadów oraz w składzie chemicznym i izotopowym pierwiastków.

Badania zmian w czasie warunków sedymentacji (zmian różnych elementów środowiska naturalnego) wymaga konstrukcji skali czasowej przebiegu badanych zjawisk. W przypadku osadów węglanowych liczbową skalę czasową można zbudować za pomocą datowań próbek osadów metodą uranowo-torową bądź radiowęglową. Podstawowym ograniczeniem stosowalności i dokładności metody radiowęglowej jest trudna do bezpośredniego określenia wartość aktywności izotopu węgla  $^{14}\text{C}$  w osadzie ( $A_0$ ), w chwili sedymentacji (Pazdur, 1987). Aktywność ta różni się istotnie od aktywności współczesnej biosfery, przyjętej jako 100 pmc (percent modern carbon),

$$A_0 < 100 \text{ pmc.} \quad (1)$$

Efektom tej różnicy jest obserwowany tzw. wiek pozorny osadu ( $T_{\text{app}}$ ).

W badaniach martwic wapiennych, z niektórych próbek martwic daje się wyodrębnić frakcję organiczną, której moment depozycji w badanej próbce martwicy można uznać za równoczesny z momentem sedymentacji. Wówczas wiek radiowęglowy frakcji organicznej określa prawdziwy wiek osadu. Często są przypadki, gdy próbki martwicy pozbawione są frakcji organicznej. Wówczas z pomiarów aktywności izotopu  $^{14}\text{C}$  w badanej próbce osadu można określić

jedynie wiek frakcji węglanowej  $T_c$ . Wartość wieku  $T_c$  jest większa od wartości wieku prawdziwego próbki osadu o wartość wieku pozornego  $T_{app}$  (Pazdur et al, 1988a). Wartość wieku pozornego osadu węglanowego jest określona przez udział starego węgla w osadzie (węgla o aktywności  $^{14}C$  równej 0), którego obecność jest spowodowana cyklem geochemicznym procesów prowadzących do obecności węgla nieorganicznego w wodzie.

Głównym rezerwuarem starego węgla w osadzie są skały podłoża, zaś aktywnego węgla - biogeniczny, glebowy  $CO_2$ . Udział węgla pochodzącego z tych rezerwuarów określa współczynnik rozcieńczenia izotopu  $^{14}C$

$$q = A_0/100 \text{ pmc}, \quad (2)$$

gdzie  $A_0$  - aktywność izotopu  $^{14}C$  w osadzie w momencie jego sedymentacji. Wiek pozorny  $T_{app}$  związany jest z  $q$  zależnością

$$T_{app} = -8033 \ln(q). \quad (3)$$

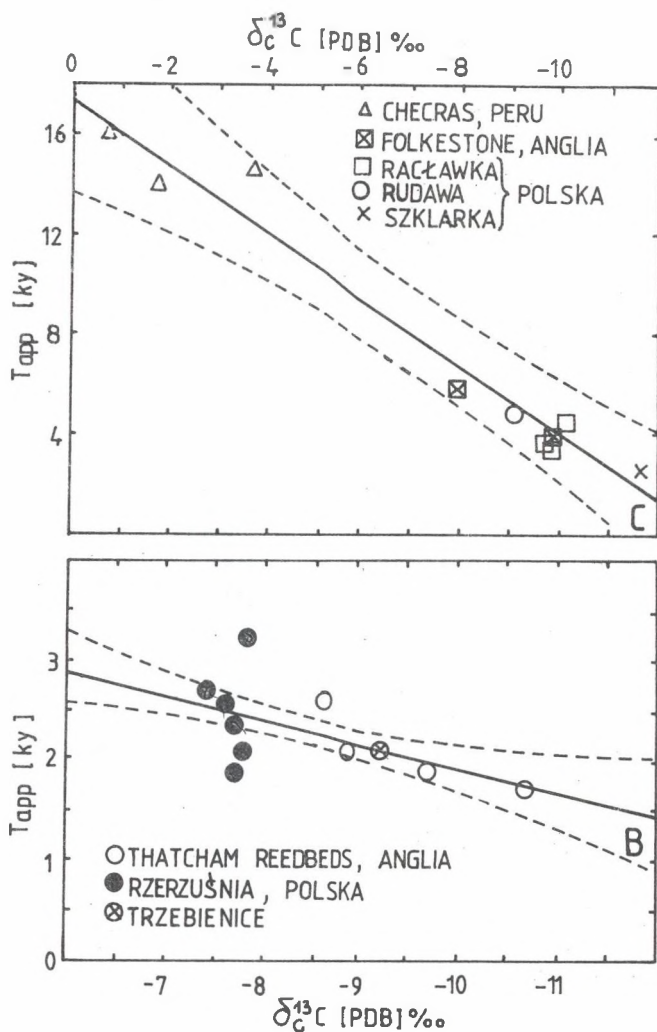
W cyklu geochemicznym węgla, oprócz radioaktywnego izotopu  $^{14}C$  bierze udział stabilny izotop węgla  $^{13}C$ , który w podobny sposób jak węgiel  $^{14}C$  wchodzi w poszczególne ogniwa cyklu. Koncentracja tego izotopu jest mierzona wartością  $\delta^{13}C$ , to jest względną różnicą koncentracji izotopu  $^{13}C$  w badanej próbce i w umownie przyjętym wzorcu (tzw. standard PDB), wyrażoną w ‰. Dla starych skał węglanowych podłoża wartość  $\delta^{13}C$  oscyluje wokół 0 w granicach kilku ‰, zaś dla biogenicznego  $CO_2$  wynosi około -25 ‰.

#### MARTWICE WAPIENNE

Przy założeniu proporcjonalności między aktywnością początkową izotopu węgla  $^{14}C$  a wartością  $\delta^{13}C$  w próbce badanej martwicy, na co wskazują różne modele cyklu geochemicznego i izotopowego węgla stosowane w datowaniu wód gruntowych, można spodziewać się podobnej zależności między wartością wieku pozornego a wartością  $\delta^{13}C$ . Obserwowane wartości wieku pozornego wyznaczone z zależności  $T_{app} = T_c - T_{ORG}$  w funkcji  $\delta^{13}C$  we frakcji węglanowej próbek martwic wykazują charakterystyczne uporządkowanie przedstawione na rys. 1 (Pazdur, 1988; Pazdur, Pazdur, 1989, w druku). Zależności te przedstawiają wcześniej opublikowane wyniki pomiarów (Pazdur, 1988; Pazdur, Rutkowski, 1987) profili martwic (Raclawka, Rzeżuśnia, Trzebienice, Rudawa z obszaru Wyżyny Krakowskiej oraz Folkestone i Thatcham Reeds z południowej Anglii) oraz dodatkowe wyniki pomiarów pojedynczych próbek martwic ze stanowisk w Szklarcze (Wyżyna Krakowska) i w dolinie rzeki Checras (Wysokie Andy, Peru) (Pazdur, Pazdur, 1989, w druku), uzyskane w Laboratorium  $^{14}C$  w Gliwicach. Obserwowane zależności, przedstawione na rys. 1, dają się opisać równaniami prostych najmniejszych kwadratów:

$$\text{prosta C: } T_{\text{app}} = (17.35 \pm 0.71) + (1.34 \pm 0.09) \delta^{13}\text{C}, \quad (4)$$

$$\text{prosta B: } T_{\text{app}} = (4.41 \pm 0.98) + (0.25 \pm 0.11) \delta^{13}\text{C}. \quad (5)$$



Rys. 1. Zależność wieku pozornego frakcji węglanowej próbek martwic wapiennych od wartości  $\delta^{13}\text{C}$  dla martwic wytrączanych w warunkach fluwialnych (C) i fluwialno-limnicznych (B).

Fig. 1. Dependence of apparent age of carbonate fraction of calcareous tufa upon  $\delta^{13}\text{C}$  values for tufas deposited in fluvial (C) and fluviallacustrine (B) environments.

Grupowaniu się punktów doświadczalnych w dwie grupy dające się aproksymować dwiema różnymi prostymi odpowiadają różne warunki sedymentacji osadów. Zależność  $T_{\text{app}}$  od  $\delta^{13}\text{C}$  przedstawiona prostą C została uzyskana dla próbek martwic wytrąconych w warunkach fluwialnych, w przepływie o dużej

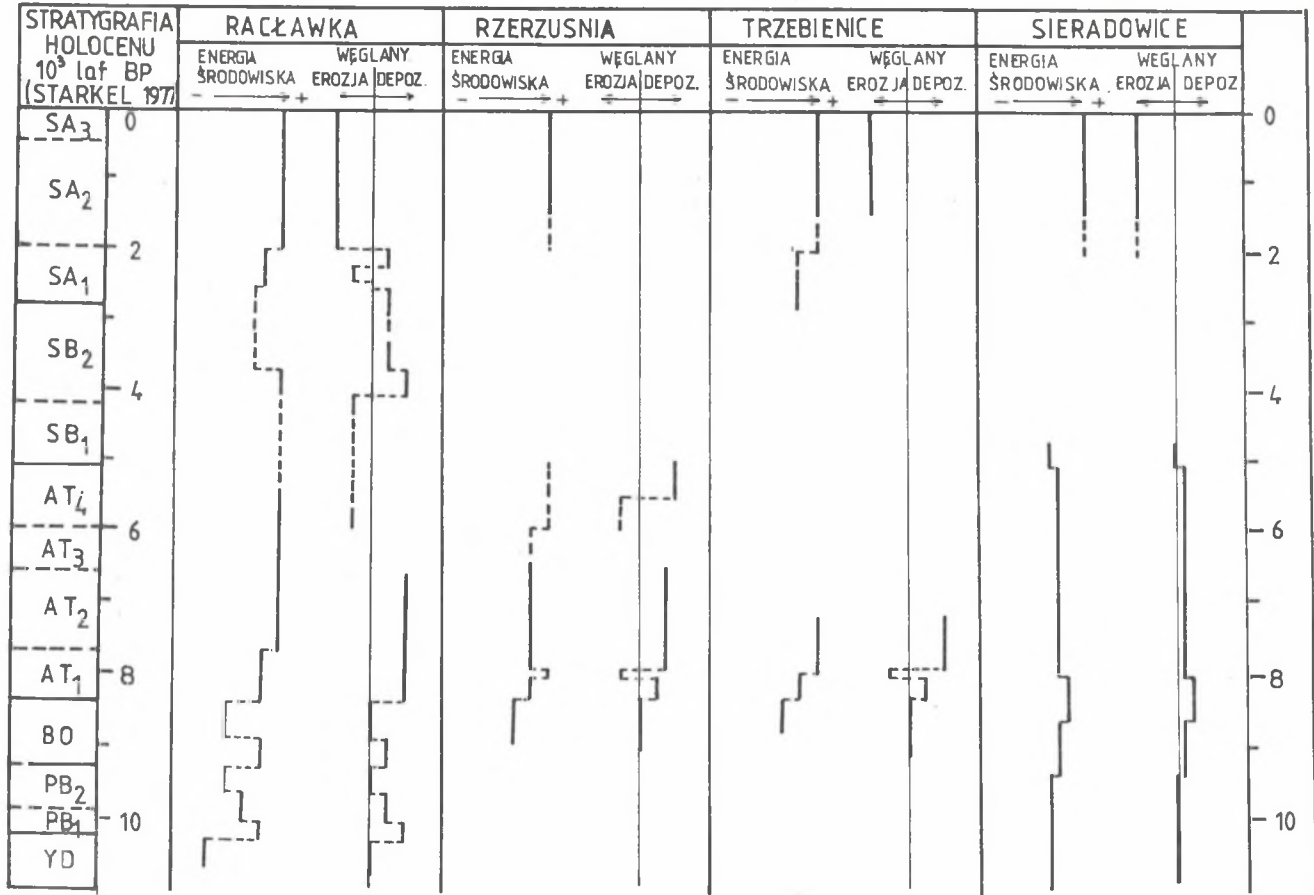
turbulencji, zaś prostą B - dla próbek martwic wytrączanych w warunkach fluwialno-limnicznych. Obraz ten uzupełniają wcześniej opublikowane wyniki badań próbek martwic wytrączanych w warunkach semilimnicznych, z dwóch profili w Sieradowicach, gdzie stwierdza się brak jakichkolwiek korelacji  $T_{app}$  i  $\delta^{13}C$  (Alexandrowicz et al, 1987; Pazdur, 1988). Stwierdzone korelacje między wiekiem pozornym  $T_{app}$  i wartością  $\delta^{13}C$  w próbkach martwic umożliwiają niekiedy oszacowanie wieku pojedynczych próbek martwic lub poszczególnych warstw osadu w całym profilu, na podstawie pomiaru aktywności  $^{14}C$  i  $\delta^{13}C$  we frakcji węglanowej próbek.

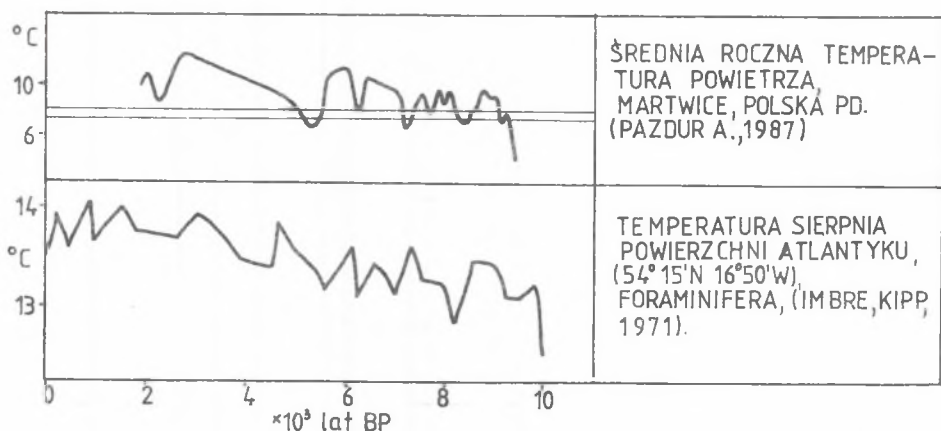
Wyniki datowań próbek martwic umożliwiają rekonstrukcję skali czasowej dla różnych zdarzeń hydrologicznych, paleoklimatycznych i morfologicznych. Konstrukcja skali czasowej dla przebiegu sedymentacji martwic w profilach tych osadów w dolinie Racławki, Rzeżuśni, w Trzebienicach i Sieradowicach, w połączeniu z analizą typu osadów umożliwiła określenie faz erozji i sedymentacji oraz zmian energii środowiska depozycji od początku holocenu do momentów zakończenia sedymentacji, różnych dla poszczególnych profili (rys. 2) (Pazdur et al, 1988b). Równoczesne badania składu izotopowego tlenu we frakcji węglanowej próbek martwic z wyżej wymienionych profili, umożliwiły rekonstrukcję zmian średnich rocznych temperatur powietrza dla obszaru Wyżyny Krakowskiej w okresie od 9500 do 2000 lat BP (Pazdur, 1987; Pazdur et al, 1988b). Na Rys. 3 zmiany te zostały porównane ze zmianami temperatury sierpnia powierzchni Oceanu Atlantyckiego odtworzonymi na podstawie badań zespołów otwornic (Foraminifera) w rdzeniu osadów głębokomorskich (Imrie, Kipp, 1971). Porównanie trendu zmian temperatury, uzyskanego z wyśredniowania wartości temperatur w przyjętych a priori 500-letnich przedziałach czasu, z podobnym trendem dla obszaru Europy (Barich et al, 1984) przedstawia Rys. 3a.

Nowe badania martwic, wykonane w Laboratorium  $^{14}C$  w Gliwicach, obejmują pojedyncze próbki martwic z doliny rzeki Checras (okolice Churin, Wysokie Andy, Peru) oraz profil martwic z Villers (Belgia). Dolina rzeki Checras była modelowana przez ruchy masowe zachodzące w plejstocenie. Wiek próbek trawertynu mchowego pobranego ze stropu serii osadów jezioro-rzecznych o miąższości ok. 300 m (Rys. 4, próbki  $O_1$  i  $O_2$ ) powinien wskazywać pośrednio na wiek powstania wielkiego osuwiska zamykającego dolinę, zaś wiek próbek  $O_3$  i  $O_4$  z terasy III wskazywać na tempo rozcinania doliny. Z trzech badanych próbek z tego stanowiska, których wiek powinien określać wiek interesujących zdarzeń uzyskano frakcje organiczne w ilości wystarczającej do datowania. Równocześnie, pomiary aktywności izotopu  $^{14}C$  i  $\delta^{13}C$  we frakcji węglanowej wszystkich badanych próbek pozwoliły określić wartość wieku pozornego próbek  $O_1$ ,  $O_3$  i  $O_4$  i uzupełnić w ten sposób stwierdzoną

Rys. 2. Fazy erozji i sedymentacji martwic oraz zmiany warunków energii depozycji w holocenie dla czterech stanowisk martwic z obszaru Polski południowej.

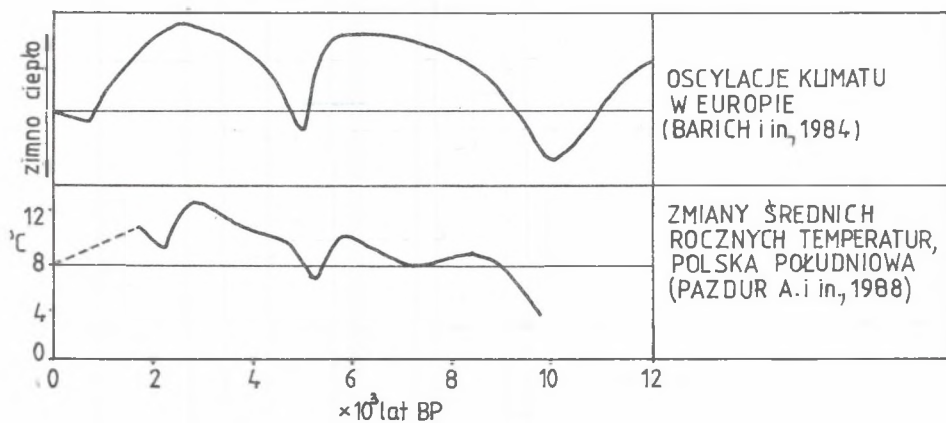
Fig. 2. Phases of erosion and sedimentation of tufa and changes of energy of depositional environment in Holocene, observed in four sites in southern Poland.





Rys. 3. Zmiany średnich rocznych temperatur w holocenie dla obszaru Polski południowej oraz zmiany temperatury sierpnia powierzchni Atlantyku.

Fig. 3. Changes of mean annual temperature in southern Poland during Holocene compared with mean August temperatures of Atlantic surface water.



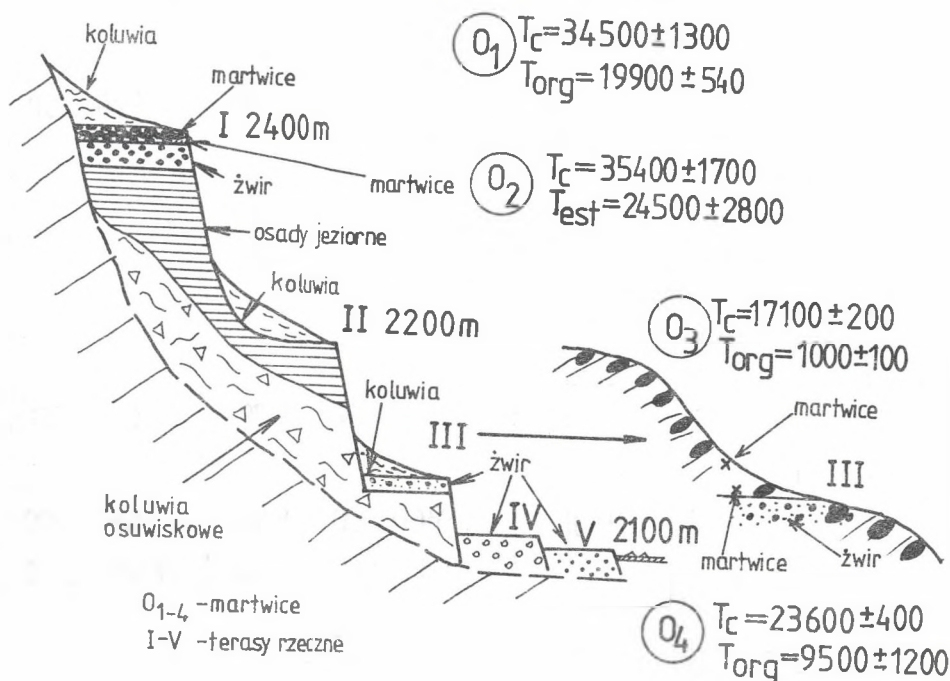
Rys. 3a. Porównanie trendu zmian średnich rocznych temperatur powietrza w holocenie dla obszaru Polski południowej z trendem zmian klimatu dla obszaru Europy.

Fig. 3a. Comparison of trend of mean annual air temperature during Holocene in South Poland with climatic changes in Europe.

wcześniej zależność  $T_{app}$  od  $\delta^{13}C$  (Rys. 1, prosta C). Zależność  $T_{app}$  od  $\delta^{13}C$ , opisana równaniem (5) umożliwiła ponadto określenie wieku próbki  $O_2$ , tzn. początku sedymentacji martwicy w stropie osadów jeziornych.

Badania palinologiczne profili martwic w Villers (Belgia) wskazują na początek sedymentacji martwic przypadający w preboreale i koniec sedymentacji we wczesnym okresie atlantyckim, tj. w okresie od ok. 9500 do

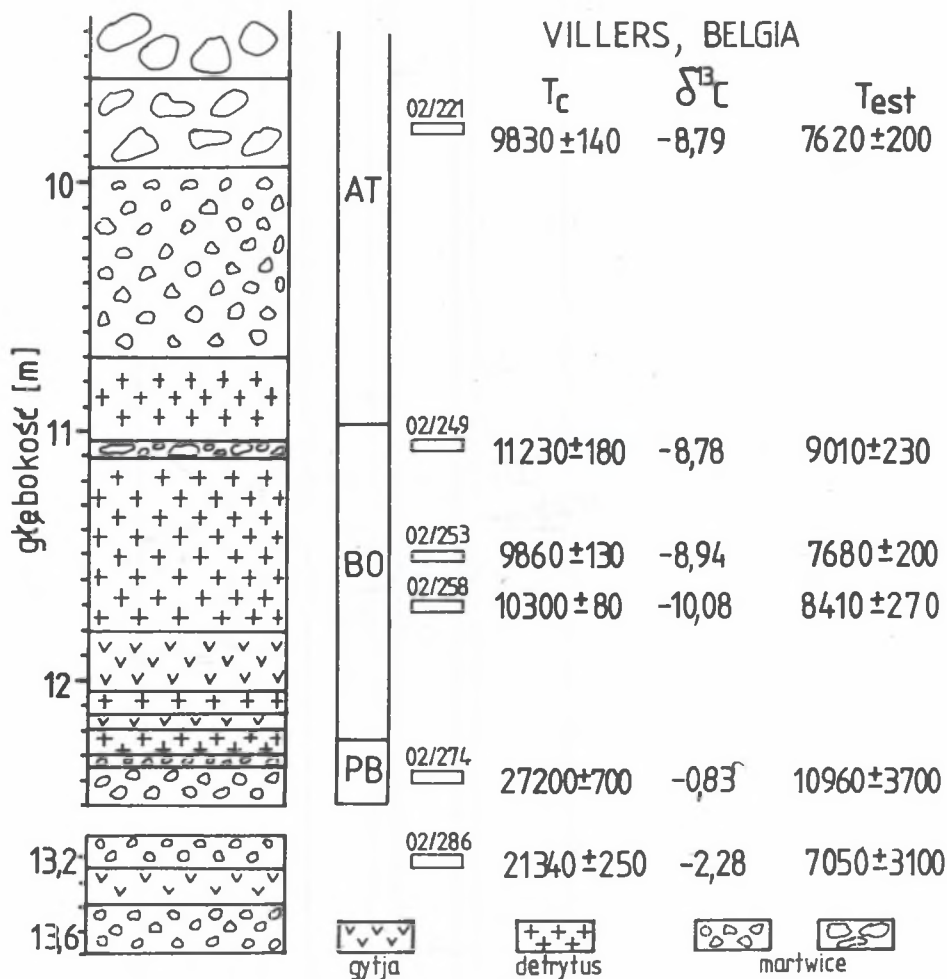
## CHECRAS, WYSOKIE ANDY, PERU



Rys. 4. Profil osadów w dolinie rzeki Checras (Wysokie Andy, Peru) z zaznaczonymi poziomami datowanych martwic.

Fig. 4. Cross-section of sediments in the Checras valley (High Andes, Peru) with indicated sampling places of dated fufas.

7000 lat BP (rys. 5). Z żadnej z sześciu próbek martwic pobranych z tego profilu, a przeznaczonych do datowań metodą  $^{14}C$  nie udało się uzyskać frakcji organicznej. Korelacja wieku frakcji węglanowej  $T_C$  i  $\delta^{13}C$  wskazuje, że badany profil martwic charakteryzuje się zmienną wartością wieku pozornego  $T_{app}$  w profilu (Pazdur, 1988; Pazdur, Pazdur, 1989, w druku). Dlatego wiek poszczególnych próbek martwic został oszacowany na podstawie zależności  $T_{app}$  od  $\delta^{13}C$  przedstawionej równaniem (5) (prosta C, rys. 1). Oszacowane wartości wieków  $T_{est}$  w dolnej części profilu są obarczone dużym błędem wynoszącym ok. 40 %. Ponadto, dla próbek pobranych ze środkowej części profilu obserwuje się inwersję wieków frakcji węglanowej  $T_C$ , która utrzymuje się również w sekwencji wieków oszacowanych  $T_{est}$ . Próbką  $O_2/249$  stanowi cienką warstwę martwicy w drobnym materiale detrytycznym i nie można wykluczyć, że jest to warstwa martwicy redeponowanej. Pomimo wspomnianych dużych wartości błędów oszacowanych wieków próbek ze spągu profilu, uzyskane wartości wieków zgadzają się z przewidywaniami analiz palinologicznych.



Rys. 5. Profili martwic z Villers (Belgia) z zaznaczonymi poziomami martwic datowanych metodą radiowęglową oraz ich wiekiem, przewidywanym na podstawie analiz pyłkowych.

Fig. 5. Tuffa profile in Villers (Belgium) with indicated radiocarbon dates and age estimates resulting from palynological studies.

#### OSADY JEZIORNE

\* W węglanowych osadach jeziornych zarówno frakcja węglanowa jak i organiczna posiada różną od zera wartość wieku pozornego. Obserwowane



wartości wieków pozornych obu frakcji wykazują zmienność w funkcji głębokości w danym profilu oraz są różne dla różnych badanych profili osadów. W tym przypadku wiarygodnym materiałem do konstrukcji radiowęglowej skali czasu są makroszczałki roślin, często spotykane w osadach jeziornych. Datowanie makroszczałków stało się możliwe dzięki zastosowaniu w ostatnich latach techniki akceleratorowej do pomiarów koncentracji  $^{14}\text{C}$ . Dokładną skalę czasową przebiegu procesu sedymentacji uzyskać można dla laminowanych osadów jeziornych. Uzyskane na podstawie zliczania lamin kalendarzowe skale czasu są jednymi z najdokładniejszych skal czasowych, jakie obecnie można uzyskać.

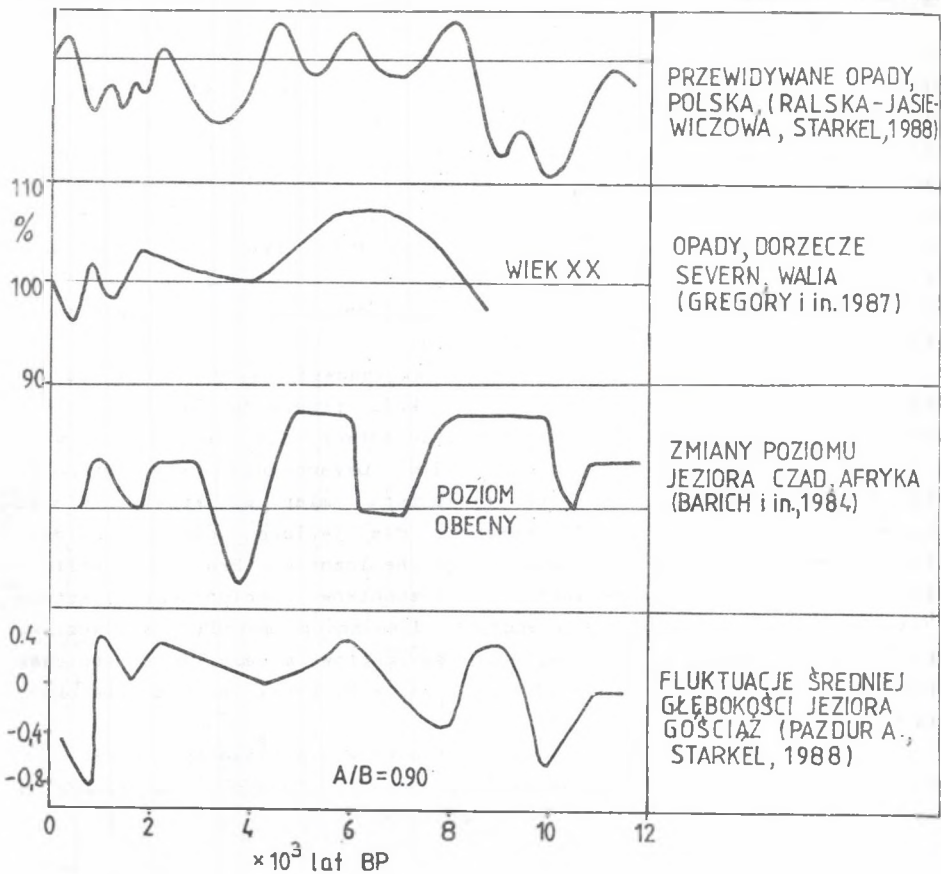
Badania koncentracji  $^{14}\text{C}$  we frakcji węglanowej osadów laminowanych można wykorzystać do czasowej rekonstrukcji przebiegu hydrologicznych warunków sedymentacji, a w szczególności do odtworzenia zmian poziomu wody w jeziorze w okresie sedymentacji osadów. Oszacowania zmian średniej głębokości jeziora, a następnie oscylacji tych zmian w okresie późnego glacjału i holocenu, zostały wykonane dla jeziora Gościąż (Pazdur, Starkel, 1989) na podstawie modelu geochemicznego (Broecker, Walton, 1959), opracowanego dla określania współczynników rozcieńczenia izotopu  $^{14}\text{C}$  w jeziornych osadach węglanowych datowanych metodą radiowęglową (Pazdur et al, 1987). Jednym z ważnych parametrów modelu jest stosunek objętości jeziora do jego powierzchni,  $V_L/A_L = H$ , czyli średnia głębokość jeziora.

Z równań bilansu masy dla całkowitej ilości węgla i izotopu węgla  $^{14}\text{C}$  zawartych w wodzie jeziora można wyliczyć średnią głębokość jeziora  $H/H_0$  w momencie sedymentacji danej warstwy węglanowej osadu

$$H/H_0 = \frac{q_{L_0}}{q_L} \cdot \frac{A - Bq_L}{A_0 - Bq_{L_0}}, \quad (6)$$

gdzie  $q_L$  oznacza współczynnik rozcieńczenia izotopu  $^{14}\text{C}$  w wodzie, z której osad się wytrąca,  $H_0$  - arbitralnie wybraną wartość  $H$ , zaś  $q_{L_0}$  - odpowiadająca tej wartości wartość współczynnika rozcieńczenia  $q_L$ . Współczynniki  $A$  i  $B$  w równaniu (6) są kombinacjami parametrów modelu: - szybkość wymiany  $\text{CO}_2$  ( $R$ ) na granicy atmosfera - powierzchnia jeziora; - szybkość parowania wody z powierzchni jeziora ( $l_E$ ); - koncentracja całkowitej ilości węgla w wodzie zasilającej jezioro ( $k_R$ ); - współczynnik rozcieńczenia  $^{14}\text{C}$  w wodzie zasilającej jezioro ( $q_R$ ).

Dokładne wartości współczynników rozcieńczenia  $q_L$  w momencie sedymentacji danej warstwy osadu węglanowego, można wyznaczyć znając wiek radiowęglowy frakcji węglanowej tej warstwy ( $T_C$ ) oraz odpowiadający jej prawdziwy konwencjonalny wiek radiowęglowy, wyznaczony na podstawie wieku kalendarzowego (np. na podstawie numeru laminy przyporządkowanej danej warstwie). Pozostałe wspomniane wyżej parametry modelu nie zostały, jak dotychczas eksperymentalnie określone dla jeziora Gościąż i do obliczeń stosunku  $H/H_0$  ich wartości zostały zaczerpnięte z literatury (por. Pazdur, Starkel, 1989). Na rys. 6 przedstawione są wyniki obliczeń  $H/H_0$  dla wybranych wartości parametrów modelu:  $R$ ,  $l_E$ ,  $k_R$ ,  $q_R$  (tzn. dla określonej



Rys. 6. Porównanie zmian poziomu wody w jeziorze Gościąż z podobnymi zmianami dla jeziora Czad oraz krzywymi zmian opadów dla centralnej Anglii i Polski.

Fig. 6. Changes of water level in Gościąż Lake compared with corresponding changes in Chad Lake and curves showing changes in precipitation in central England and Poland.

jednej wartości stosunku współczynników  $A/B$ , por. wzór (6)), po odjęciu stałego trendu wzrostu wartości  $H/H_0$  (Pazdur, Starkel, 1989). Obserwowane oscylacje krzywej na rys. 5 można traktować jako oscylacje poziomu wody w jeziorze. Oscylacje te zostały porównane z niektórymi danymi literaturowymi zmian poziomu jezior w późnym glacie i holocenie (Barich et al, 1984, Lamb, 1977) oraz wielkościami opadów w tym okresie (Gregory, Lewin, 1987; Ralska-Jasiewiczowa, Starkel, 1988). Widoczna jest stosunkowo dobra zgodność ekstremalnych stanów wody w jeziorze Gościąż z podobnymi stanami jeziora Czad (środkowa Sahara, Afryka, Barich et al, 1984) oraz z krzywą opadów dla obszaru centralnej Anglii (obszar dorzecza rzeki Sewern; Gregory, Lewin, 1987). Obydwie krzywe zostały zrekonstruowane na podstawie badań paleohydrologicznych.

## PODSUMOWANIE

Konstrukcja radiowęglowej skali czasu na podstawie badań składu izotopowego węgla w martwicach wapiennych pozwala odtworzyć przebieg czasowy niektórych zdarzeń hydrologicznych (fazy erozji i sedymentacji, energia środowiska dla obszaru Polski południowej), geomorfologicznych (wiek ruchów masowych na powierzchni Ziemi, kształtowanie rzeźby koryta rzeki, dolina Checra, Peru), paleobotanicznych (sukcesja roślinna, martwice z Villers, Belgia) oraz paleoklimatycznych (zmiany średnich rocznych temperatur w holocenie, Polska południowa). W przypadku węglanowych osadów jeziornych, na podstawie pomiarów koncentracji izotopu  $^{14}\text{C}$  we frakcji węglanowej próbek oraz modelu geochemicznego przebiegu sedymentacji osadów jeziornych, podjęto próby czasowej rekonstrukcji warunków hydrologicznych (oscylacje poziomu wody w jeziorze Gościąż). W tym przypadku autorka pragnie podkreślić, że przedstawione dane są wstępnymi wynikami badań, które w przyszłości będą kontynuowane. W szczególności planowane są pomiary, które pozwolą wyznaczyć brakujące parametry modelu ( $q_R$ ,  $k_R$ ,  $k_L$ ,  $l_E$ ) i w ten sposób urealnić liczbową skalę amplitud oscylacji poziomu wody jeziora.

Opracowanie wykonano w programie CPBP 03.13

## LITERATURA

- Alexandrowicz S. W., Awiuk R., Pazdur A., Pazdur M. F., Śnieszko Z., 1987, Holocene calcareous tufa in Sieradowice - geology, malacology, radiochronology and stable isotopes; Zesz. Nauk. Pol. Śl., Seria Mat.-Fiz., Z. 56, Geochronometria Nr 4, s. 43-60.
- Barich E. B., Belluomini G., Bonadonna F., Alesio M., Manfra L., 1984, Ecological and cultural relevance of the new radiocarbon dates from Libyan Sahara; [w:] Origin and Early Development of Food Producing Cultures in North-Eastern Africa, Poznań, s. 411-417.
- Broecker W. S., Walton A., 1959, The geochemistry of  $^{14}\text{C}$  in fresh water systems; Geochim. Cosmochim. Acta, t. 16, s. 15-38.
- Gregory K. J., Lewin J., 1987, Conclusions: Palaeohydrological Synthesis and Application; [w:] Palaeohydrology in Practice, John Wiley and Sons Ltd, s. 341-360.
- Geurts M. A., 1976, Genese et stratigraphie des travertins de fond de vallee en Belgique; Acta Geogr. Lovaniensia, t. 16, s. 1-104.
- Lamb H. H., 1977, Climate: Present, Past and Future, t. 2, London.
- Imbrie J., Kipp N. G., 1971, A new micropalaeontological method for quantitative palaeoclimatology: application to a Late Pleistocene Caribbean core; [w:] The Late Cenozoic Glacial Ages: Proc. Yale Univ. Symp., (ed. K. K. Turekian), New Haven, s. 71-181.
- Pazdur A., 1987, Skład izotopowy węgla i tlenu holocenickich martwic wapiennych, Zesz. Nauk. Pol. Śl., Seria Mat.-Fiz., Z. 54,

- Geochronometria Nr 3, s. 1-93.
- Pazdur A., 1988, The relation between carbon isotope composition and apparent age of freshwater tufaceous sediments; Radiocarbon, t. 30, Nr 1, s. 1-17.
- Pazdur A., Pazdur M. F., 1989, Further investigations on  $^{14}\text{C}$  dating of calcareous tufa, Radiocarbon, w druku.
- Pazdur A., Pazdur M. F., Starkel L., 1988, Stable isotopes of Holocene calcareous tufa in Southern Poland as paleoclimatic indicators; Quat. Res., t. 30, s. 177-189.
- Pazdur A., Pazdur M. F., Szulc J., 1988a, Radiocarbon dating of Holocene calcareous tufa in Southern Poland, Radiocarbon; t. 30, Nr 2, s. 133-152.
- Pazdur A., Rutkowski J., 1987, Radiocarbon age of Holocene calcareous sediments in exposure in Rudawa (Cracow Upland); Zesz. Nauk. Pol. Śl., Seria Mat.-Fiz., Z. 56, Geochronometria Nr 4, s. 61-68.
- Pazdur A., Starkel L., 1989, New approach to explanation of changes in the volume and water level of the Gościąg Lake; Zesz. Nauk. Pol. Śląskiej, Ser. Mat.-Fiz., Z. 57, Geochronometria Nr 5, s. 29-44.
- Pazdur M. F., Awsiuk R., Goslar T., Pazdur A., Walański A., Wićik B., Więckowski K., 1987, Calibrated radiocarbon chronology of annually laminated sediments from the Gościąg Lake; Zesz. Nauk. Pol. Śl., Seria Mat.-Fiz., Z. 56, Geochronometria Nr 4, s. 69-83.
- Ralska-Jasiewiczowa M., Starkel L., 1988, Record of the hydrological changes during the Holocene in the lake, mire and fluvial deposits of Poland; Folia Quaternaria, w druku.

Wpłynęło do Redakcji: 31 marca 1989 r.

## ENVIRONMENTAL CHANGES RECONSTRUCTED FROM STUDIES OF CALCAREOUS TUFA AND LAKE CARBONATES

### Summary

Investigations of isotopic composition of carbon in Holocene calcareous tufa from southern Poland have enabled reconstruction of depositional environment of the sediments in function of time, and especially climatic and hydrologic conditions of sedimentation. Radiocarbon dating of tufa horizons in the landside design the valley of the Checras river (High Andes, Peru) have yielded estimates of the upper age limit for this landside, and enabled to estimate the rate of dissection. Radiocarbon time scale obtained for tufa profile in Villers (Belgium) is in reasonable agreement with results of paleobotanical investigations. Measurements of  $^{14}\text{C}$  concentration in laminated carbonate sediments of Lake Gościąg have led to reconstruction of changes of mean water depth in the lake during Late Glacial and Holocene.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СРЕДЫ ИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОУГЛЕРОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
КАРБОНАТНЫХ ТУФОВ И ОЗЕРНЫХ КАРБОНАТНЫХ ОСАДКОВ

## Резюме

Исследования изотопного состава карбона голоценовских карбонатных туфов из южной Польши привели к возможности реконструкции условий осадконакопления и их изменения в функции времени, прежде всего температуры и гидрологического режима. Радиоуглеродные датировки горизонтов карбонатных туфов обнаруженных в разрезе в долине реки Чакрас (Высокие Анды, Перу), привели к возможности оценки предельного значения возраста для процессов обрыва грунта. Радиоуглеродная шкала абсолютного возраста получена в результате датировок профилей карбонатных туфов из Виллерс (Бельгия) оказывается сходной с результатами палеоботанических исследований, измерения концентрации радиоуглерода в образцах органической и карбонатной фракции расслоенных карбонатных осадков из озера Госционг привели к возможности реконструкции изменений среднего уровня воды в озере за время позднего гляциала и голоцена.