

Mieczysław F. PAZDUR

Instytut Fizyki Politechniki Śląskiej  
w Gliwicach

## DOKŁADNOŚĆ DATOWANIA METODĄ $^{14}\text{C}$ GLEB, TORFÓW I GYTJI

**Streszczenie.** W artykule streszczono wyniki badań nad dokładnością datowania radiowęglowego kopalnych gleb, torfów, gytji oraz mułków organicznych. Metoda użyta w badaniach polega na datowaniu różnych frakcji organicznych wydzielonych z badanych próbek na podstawie ich różnej rozpuszczalności w gorących roztworach kwasu solnego i zasady sodowej. Otrzymane wyniki dowodzą możliwości dokładnego datowania poziomów kopalnych gleb autogenicznych rozwiniętych na piaskach wydmych. Szczególne znaczenie dla dokładności datowania próbek gleb ma całkowite usunięcie korzonków oraz intensywne ekstrakcja kwasów fulwowych. Duże różnice dat radiowęglowych otrzymanych dla różnych frakcji gleb hydromorficznych oraz brak wyraźnej regularności tych dat prowadzą do wniosku, że gleby tego rodzaju nie nadają się do datowania. Analiza statystyczna dat radiowęglowych frakcji NaOH-SOL i RES dla próbek torfów, gytji i mułków organicznych wskazuje na istotne różnice wieku tych frakcji i jednocześnie na brak systematycznego przesunięcia dat radiowęglowych frakcji NaOH-SOL w stosunku do dat frakcji RES w trzech grupach analizowanych próbek. Na podstawie tej analizy oszacowano na około 130 lat średnią niepewność określenia wieku radiowęglowego wywołaną czynnikami pozalaboratoryjnymi.

### 1. CHARAKTERYSTYKA DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ NAD DATOWANIEM GLEB, TORFÓW I GYTJI

#### 1.1. Źródła trudności w datowaniu gleb

Zagadnienie dokładności datowania metodą  $^{14}\text{C}$  gleb należy do najtrudniejszych i kontrowersyjnych problemów chronometrii radiowęglowej. Jako główne przyczyny trudności, które zdaniem niektórych autorów całkowicie wykluczają możliwość datowania - wymienia się:

1. brak jednoznacznie określonego punktu początkowego, związany ze znacznym czasem trwania akumulacji substancji organicznej oraz następującego po nim procesu glebotwórczego.

Bezpośrednią konsekwencją tych faktów jest:

2. różny wiek poszczególnych frakcji substancji organicznej gleby.

Kolejnym utrudnieniem jest:

3. duża podatność na zanieczyszczenia.

Najważniejszymi źródłami zanieczyszczeń powodujących z reguły odmłodzenie wieku radiowęglowego są: a) przerosty korzonków współczesnych roślin, b) infiltracja rozpuszczalnych w wodzie związków organicznych z wyżej położonych warstw oraz c) działalność mikroorganizmów.

W wielu przypadkach niebagatelnym ograniczeniem jest:

4. niska zawartość substancji organicznej w glebie, wskutek czego do wykonania oznaczenia wieku konieczne jest niekiedy przerobienie kilku kilogramów próbki i stosowanie dodatkowo kłopotliwego rozcieńczenia  $\text{CO}_2$  otrzymanego z próbki nieaktywnym  $\text{CO}_2$  ze spalania węgla kamiennego.

## 1.2. Proponowane sposoby rozwiązania problemu datowania gleb

Praktyczne znaczenie poziomów glebowych sprawia, że problem datowania gleb kopalnych jest od lat przedmiotem badań i licznych publikacji. Szczególnie intensywne badania prowadzone są przez zespół Laboratorium C-14 w Hamburgu (dawniej w Bonn) kierowany przez H.W. Scharpenseela oraz w ośrodkach radzieckich i francuskich. Wśród poglądów na temat możliwych rozwiązań problemu datowania gleb, jakie dają się wydedukować z bogatej literatury przedmiotu, wyróżnić można poszukiwanie rozwiązania "generalnego", tzn. pełnej odpowiedzi na pytanie o możliwości, dokładność i sposób datowania gleb. Badania te są zdominowane koncepcją aktywnego i nieaktywnego biologicznie węgla zawartego w glebie, sformułowaną przez szkołę radziecką (Gerasimov, 1969, 1971). Pod pojęciem węgla biologicznie nieaktywnego rozumie się tę frakcję substancji organicznej gleby, która nie podlega przemianom i stanowi układ zamknięty ze względu na obieg węgla w przyrodzie. W kierunku takiego właśnie rozwiązania zwracają systematyczne badania prowadzone od lat przez Scharpenseela, Schiffmanna i współpracowników (Scharpenseel, 1971, 1972, 1975, 1977, 1979, Scharpenseel, Schiffmann, 1977).

Odmiennie próby rozwiązania problemu polegają na poszukiwaniu modelu matematycznego, który opisywałby (dla danego typu gleby) proces przekształcania się poszczególnych składników gleby. Propozycję takiego rozwiązania przedstawił m.in. Zavielski (1977), jednak nie została ona w dostateczny sposób udokumentowana faktami doświadczalnymi.

Rozwiązanie, mające charakter tymczasowy, polega na datowaniu różnych frakcji substancji organicznej wydzielonych z badanego poziomu glebowego i wnioskowaniu o jego wieku na podstawie uzyskanych dat radiowęglowych oraz innych dostępnych informacji. Rozwiązanie takie wydaje się optymalne, gdyż w przeciwieństwie do rozwiązania skrajnego, polegającego na rezygnacji z datowań, daje szansę uzyskania pewnych wskaźników chronologicznych, choć nie zawsze można się precyzyjnie wypowiedzieć na temat ich dokładności.

### 1.3. Trudności datowania torfów, gytji i mułków

Nieco odmiennie niż w przypadku gleb przedstawia się sytuacja przy datowaniu radiowęglowym próbek torfu, gytji i mułków organicznych. Trudności typu 1 i 2 z p. 1.1 w zasadzie tu nie występują, jeżeli jednak uzyskuje się różny wiek dla różnych frakcji, to wówczas interpretuje się to jako wynik zanieczyszczenia. Stosunkowo rzadko w przypadku torfu ograniczeniem jest niska zawartość substancji organicznej w próbce, natomiast ograniczenie to występuje przy datowaniu mułków organicznych i łąk.

Niebagatelny ograniczeniem występującym przy datowaniu profili torfowych jest natomiast niewielka masa próbki, jaka może być przekazana do datowania. Jest to ograniczenie typowo laboratoryjne, staje się ono szczególnie istotne przy datowaniu profili pobieranych w postaci rdzeni za pomocą sond o niewielkiej średnicy, zwłaszcza w przypadku próbek o dużym stopniu humifikacji.

## 2. BADANIA NAD DOKŁADNOŚCIĄ DATOWANIA GLEB

### 2.1. Założenia i metodyka badań

Istotnym kryterium przyjętym przy wyborze metodyki badań było kryterium prostoty laboratoryjnej i wynikająca stąd niska pracochłonność, wykorzystanie typowych odczynników itp. Chronometria radiowęglowa w swej klasycznej postaci, stosowanej po dzień dzisiejszy przy datowaniu drewna czy węgla drzewnych posługuje się koncepcją preparatyki wstępnej sformułowaną przez de Vriesa w latach pięćdziesiątych. Koncepcja ta, określana skrótowo AAA (Acid - Alkali - Acid), sprowadza się do sukcesywnego traktowania próbki roztworami  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$  i ponownie  $\text{HCl}$ . Jako nadająca się do datowania część próbki przyjmuje się w myśl tej koncepcji nierozpuszczalną pozostałość otrzymaną po wymienionych trzech etapach traktowania.

W omawianych w niniejszej pracy badaniach zastosowano schemat de Vriesa preparatyki wstępnej, przyjmując jako zasadę datowania co najmniej dwóch z czterech możliwych do uzyskania frakcji substancji organicznej gleby. Stosując schemat de Vriesa można wydzielić z próbki następujące frakcje:

1.  $\text{HCl}$  - SOL (kwasy fulwowe, frakcja FA),
2.  $\text{NaOH}$  - SOL (kwasy huminowe, frakcja HA),
3. RES (huminy),
4. ORG całość substancji organicznej gleby:
  - a) po usunięciu frakcji FA,
  - b) bez usuwania frakcji FA.

Różne frakcje mogą reprezentować różny rzeczywisty wiek zawartego w nich węgla, różnice wieku mogą jednak wynikać także z obecności zanieczyszczeń węglem obcego pochodzenia. Różna jest przy tym podatność poszczególnych

frakcji na zanieczyszczenia. Stąd też jako podstawowe kryterium poprawności wieku radiowęglowego próbek gleby przyjęto zgodność dat uzyskanych dla różnych frakcji. Niezgodność dat różnych frakcji nie musi pociągać konieczności ich odrzucenia, choć znacznie utrudnia ich interpretację.

Pomiarami wieku objęto szereg poziomów gleb kopalnych wytworzonych z piasków wydmy, w tym 11 poziomów gleb autogenicznych z wydmy w Troszynie (3 poziomy, Karczewski, Nowaczyk, 1978, Nowaczyk, Pazdur, 1982), Rabstynie k. Olkusza (6 poziomów, Nowaczyk et al, 1982), Grodzewie i Budzynie (po 1 poziomie) oraz 4 poziomy gleb semihydromorficznych i murszowych z wydmy w Pomorsku (Kowalkowski, 1977).

Otrzymane wartości wieku radiowęglowego poddawano analizie metodą najmniejszych kwadratów, dopasowując prostą o równaniu

$$T_y = a + b T_x \quad (1)$$

wyznaczając ponadto dla każdej serii par dat radiowęglowych współczynnik korelacji  $r$  oraz średni rozrzut punktów doświadczalnych względem prostej najmniejszych kwadratów, określony wzorem

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (T_{yi} - a - b T_{xi})^2} \quad (2)$$

## 2.2. Wyniki datowań poziomów glebowych

Zależność między wiekiem kwasów huminowych (frakcja HA) a wiekiem huminów (frakcja RES) uzyskane na podstawie siedmiu próbek autogenicznych gleb kopalnych przedstawiona jest na rys. 1. Widoczna jest bardzo dobra zgodność dat, współczynnik korelacji  $r = 0,998$ , opisująca te wyniki prosta najmniejszych kwadratów dana jest równaniem:

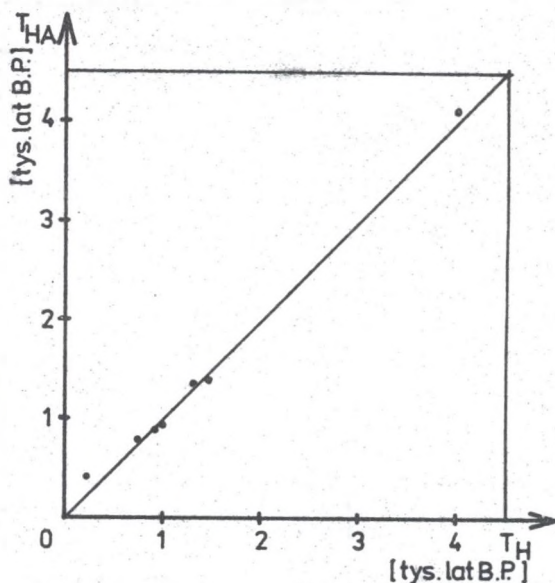
$$T_{HA} = 20 + 1,011 T_H \quad (3)$$

a jej wykres jest praktycznie nieodróżnialny od przedstawionej na rysunku 1 prostej "równych wieków", tj. prostej o równaniu  $T_y = T_x$ . Rozrzut punktów doświadczalnych względem prostej najmniejszych kwadratów wynosi  $s = 80$  lat. Jest to wartość zbliżona do typowych błędów laboratoryjnych pomiaru wieku.

Na rys. 2 przedstawiono zależność między wiekiem uzyskanym dla całości substancji organicznej gleby (frakcja ORG, bez ekstrakcji frakcji PA) a wiekiem frakcji HA dla 7 próbek gleb autogenicznych.

Równanie prostej opisującej wyniki ma postać:

$$T_{ORG} = -135 + 0,997 T_{HA} \quad (4)$$



Rys. 1. Wiek kwasów huminowych  $T_{HA}$  w funkcji wieku huminów  $T_H$  dla gleb autogenicznych. Linia ciągła przedstawia "prostą równych wieków" o równaniu  $T_{HA} = T_H$

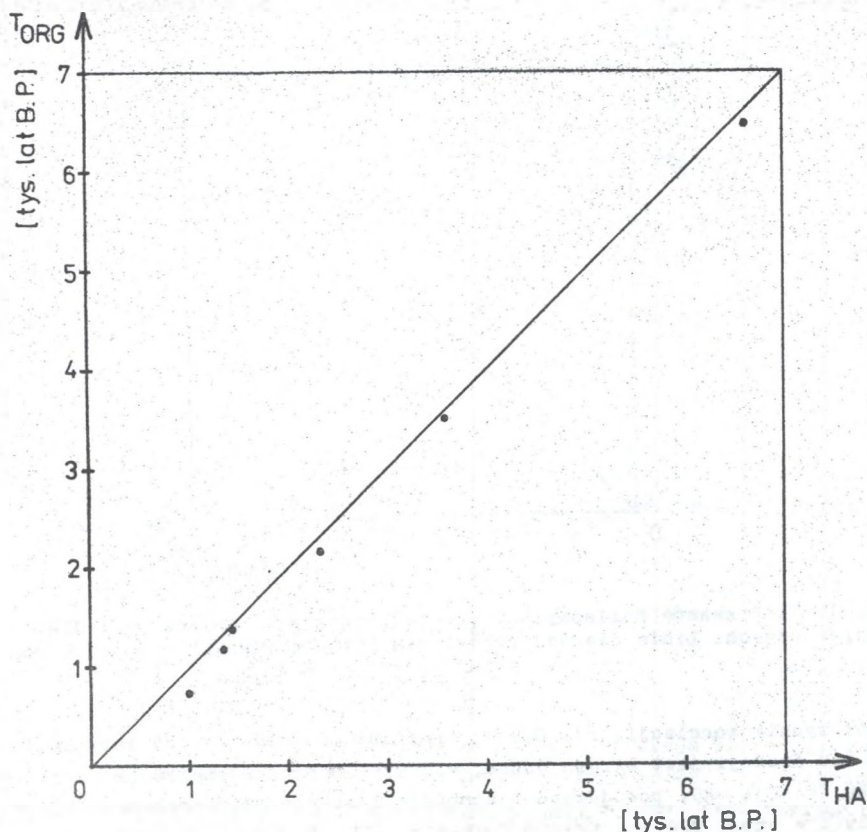
współczynnik korelacji  $r = 0.999$ , rozrzut punktów  $s = 85$  lat. Zgodność dat obu frakcji jest bardzo dobra, widoczne jest systematyczne заниzenie wieku frakcji ORG, powodowane obecnością znacznie młodszych związków wchodzących w skład frakcji kwasów fulwowych.

Wiek frakcji kwasów fulwowych (FA) w funkcji wieku frakcji HA przedstawiono na rys. 3. Widoczny jest bardzo duży rozrzut wartości wieku frakcji FA przy jednoczesnym średnim заниzeniu tych dat względem dat frakcji HA. Równanie prostej najmniejszych kwadratów ma postać:

$$T_{FA} = 515 + 0.629 T_{HA}, \quad (5)$$

współczynnik korelacji  $r = 0.751$ , rozrzut punktów doświadczalnych  $s = 315$  lat znacznie przekracza średni laboratoryjny błąd pomiaru wieku.

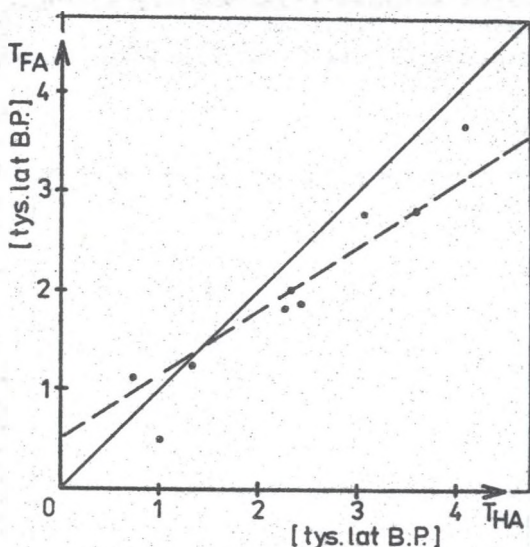
Wyniki datowań poszczególnych frakcji gleb hydromorficznych z Pomorska nie wykazują wyraźnych prawidłowości. Jedyną prawidłowość, jakiej można się doszukać, polega na tym, że daty frakcji HA są w większości próbek starsze niż daty pozostałych frakcji.



Rys. 2. Wiek całości substancji organicznej gleby  $T_{ORG}$  w funkcji wieku kwasów huminowych  $T_{HA}$  dla gleb autogenicznych. Linia ciągła przedstawia prostą  $T_{ORG} = T_{HA}$

### 2.3. Wnioski

Przedstawione wyniki prowadzą do wniosku, że możliwe jest dokładne datowanie radiowęglowe autogenicznych gleb kopalnych wytworzonych z piasków wdmowych. Warunkiem uzyskania poprawnych dat jest pełne usunięcie korzonków roślin współczesnych oraz ekstrakcja kwasów fulwowych zawartych w próbce. Przeprowadzone pomiary wykazują, że przy datowaniu gleb z młodszego holocenu wystarcza traktowanie wzbogaconej w substancję organiczną próbki 4% roztworem HCl w temperaturze 80–100°C przez 1 godzinę lub w temperaturze pokojowej przez 24 godziny.



Rys. 3. Wiek kwasów fulwowych  $T_{FA}$  w funkcji wieku kwasów huminowych  $T_{HA}$  dla gleb autogenicznych i hydromorficznych. Linia ciągła przedstawia prostą równych wieków"  $T_{FA} = T_{HA}$ , linia przerywana - prostą najmniejszych kwadratów o równaniu (5)

### 3. BADANIA DOKŁADNOŚCI DATOWANIA TORFÓW GYTJI I MUŁKÓW

#### 3.1. Metodyka badań

W badaniach dokładności datowania torfów, gytji i mułków organicznych zastosowano podobną metodykę jak w przypadku gleb kopalnych. Po wstępnym traktowaniu próbki roztworem  $\text{HCl}$  w celu rozłożenia zawartych w niej węglanów i rozpuszczenia kwasów fulwowych stosowano traktowanie roztworem zasady sodowej, uzyskując w ten sposób dwie frakcje -  $\text{NaOH-SOL}$  (kwasy huminowe) i  $\text{RES}$ , złożoną z nierozpuszczalnych makroszczątków roślinnych.

#### 3.2. Wyniki

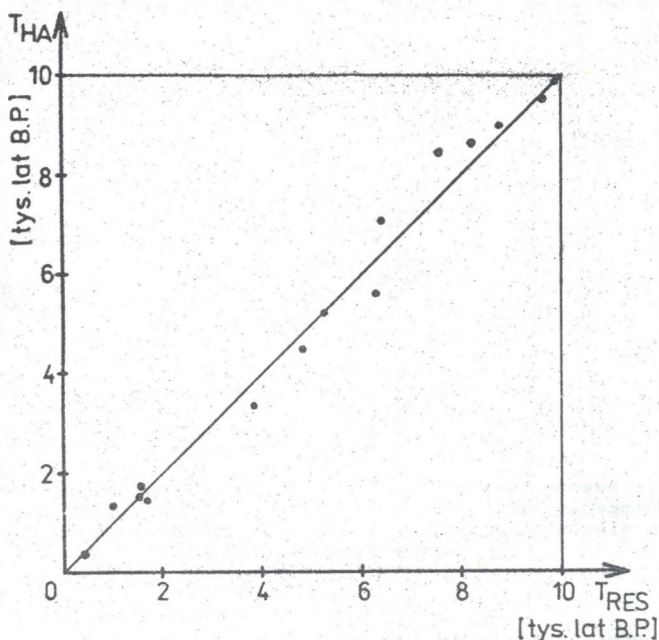
Wyniki otrzymane dla 15 próbek holocenijskich torfów, gytji i mułków przedstawiono na rys. 4. Niektóre z punktów doświadczalnych wykazują znaczne odstępstwa od zaznaczonej na rysunku "prostej równych wieków", jednak średnio daty układają się w przybliżeniu symetrycznie względem tej prostej.

Prosta najmniejszych kwadratów opisująca te wyniki ma postać:

$$T_{HA} = -45 + 1.017 T_{RES}$$

(6)

i jest praktycznie nieodróżnialna od przedstawionej na rysunku prostej  $T_{HA} = T_{RES}$ . Współczynnik korelacji wynosi  $r = 0.996$ , duży jest jednak rozrzut między datami frakcji HA i RES, wynoszący  $s = 300$  lat.



Rys. 4. Wiek frakcji HA w funkcji wieku frakcji RES dla próbek holocenowych torfów gytji i mułków datowanych w Laboratorium gliwickim

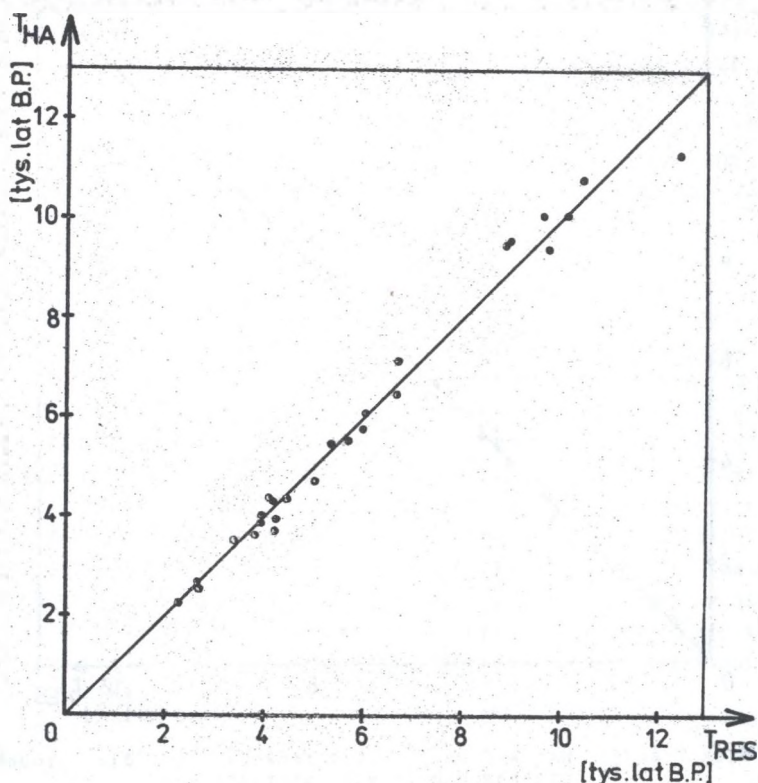
Podobnej analizie statystycznej metodą najmniejszych kwadratów poddano zebrane z literatury (głównie z roczników czasopisma "Radiocarbon" za lata 1971-1980, a także z zestawień Shepparda et al, 1979) wyniki datowań frakcji HA i RES próbek torfów, gytji, mułków organicznych oraz innych próbek osadów organogenicznych nie posiadających sprecyzowanych określeń genetyczno-facjalnych. Ze względu na znacznie większą liczbę dostępnych danych analizę przeprowadzono oddzielnie w grupie próbek torfu, a oddzielnie w grupie pozostałych próbek osadów organicznych.

Zestawienie 26 par dat dla próbek gytji i mułków przedstawia rys. 5. Równanie prostej najmniejszych kwadratów ma postać:

$$T_{HA} = -35 + 1.001 T_{RES}, \quad (7)$$

współczynnik korelacji  $r = 0.991$ , średni rozrzut punktów doświadczalnych  $s = 370$  lat. Analogiczne zestawienie obejmujące 68 par dat uzyskanych dla próbek torfu przedstawiono na rys. 6.





Rys. 5. Wiek frakcji HA w funkcji wieku frakcji RES dla zebranych z literatury datowań próbek gytji, mułków i innych osadów organicznych

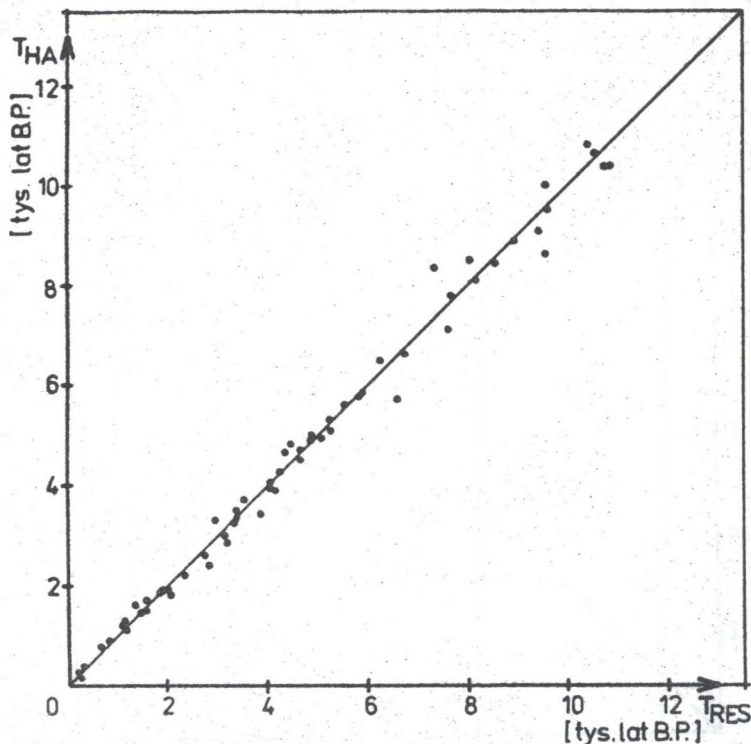
Równanie prostej najmniejszych kwadratów aproksymującej te wyniki ma postać:

$$T_{HA} = 35 + 0.979 T_{RES} \quad (8)$$

i jest, podobnie jak dwa równania poprzednie, nieodróżnialne statystycznie od równania "prostej równych wieków"  $T_{HA} = T_{RES}$ , zaznaczonej na rysunkach 4-6. Podobne jak w poprzednich dwóch zestawach dat są również wartości współczynnika korelacji i parametru  $s$ , wynoszące odpowiednio  $r = 0.995$  i  $s = 350$  lat.

### 3.2. Wnioski

Jak widać we wszystkich trzech analizowanych grupach próbek wyniki są podobne, a właściwie pod względem statystycznym identyczne. Najistotniejszą wspólną cechą jest widoczny na rysunkach oraz wynikający wyraźnie z wartości współczynników odpowiednich prostych najmniejszych kwadratów brak



Rys. 6. Wiek frakcji HA w funkcji wieku frakcji RES dla próbek torfu datowanych w innych laboratoriach

systematycznego przesunięcia dat frakcji HA względem dat frakcji RES. Wniosek ten potwierdzony został dodatkowo wynikami testu Studenta, przeprowadzonego dla każdej z grup próbek. Każda z trzech analizowanych grup próbek wykazuje ponadto nadmierny w stosunku do błędów laboratoryjnych rozrzut między datami frakcji HA i frakcji RES. Wielce charakterystycznym jest fakt otrzymania w każdej z grup próbek podobnych wartości parametru  $s$ , nieznacznie przekraczających 300 lat.

#### A. Implikacje laboratoryjne

Uzyskane wyniki mają niebagatelne znaczenie dla praktyki datowania radiowęglowego jak również dla interpretacji chronologii radiowęglowej opierającej się na datowaniach osadów organogenicznych. Dowodzą one, że datowania próbek torfu, gytji, mułków organicznych i podobnych osadów mogą być - bez ryzyka popełnienia błędu systematycznego - wykonywane z pominięciem pełnego procesu preparatyki wstępnej, przewidywanego w metodzie AAA, z zachowaniem jedynie wstępnego traktowania roztworem HCl. Przyjęcie takiego uproszczonego sposobu obróbki wstępnej próbek powoduje znaczne zmniejszenie pracochłonności datowania oraz - co jest znacznie bardziej

istotne - redukuje do minimalnych rozmiarów straty występujące w procesie preparatyki wstępnej, polegające na odrzuceniu części rozpuszczalnej podczas traktowania roztworem zasady sodowej, które w przypadku silnie rozłożonych torfów mogą sięgać 50 i więcej procent całości substancji organicznej, a przy małej dostępnej do datowania wyjściowej masie próbki mogą niekiedy uniemożliwić przeprowadzenie pomiaru wieku w warunkach standardowych lub nawet w ogóle wykluczyć możliwość datowania.

### B. Implikacje interpretacyjne

Równie istotne wnioski wynikają dla teorii interpretacji datowań radiowęglowych. Z faktu, iż w trzech analizowanych grupach dat, otrzymanych w różnych laboratoriach, przy zastosowaniu różnych technik pomiarowych i różniących się nieco sposobach wydzielenia frakcji HA i RES, uzyskano zbliżone wartości parametru  $s$  wynika, że wartość tego parametru jest odbiciem rzeczywistych cech badanych osadów, a nie tylko i wyłącznie wynikiem kumulowania się błędów laboratoryjnych. Na całkowity obserwowany rozrzut wyników datowań, określany parametrem  $s$ , składają się dwa niezależne od siebie procesy: 1) błędy laboratoryjne, wywoływane głównie statystycznym charakterem procesu pomiaru radioaktywności próbek oraz 2) czynniki zewnętrzne (geochemiczne, biochemiczne i inne) wywołujące zmienność koncentracji izotopu  $^{14}\text{C}$  w próbkach osadów organicznych. Z niezależności tych dwu zjawisk wynika, że

$$s^2 = s_{\text{lab}}^2 + s_{\text{ext}}^2 \quad (9)$$

gdzie  $s_{\text{lab}}$  jest miarą nieoznaczoności wprowadzanej w procesie pomiaru radioaktywności próbki, zaś  $s_{\text{ext}}$  jest miarą nieoznaczoności wieku wywołanej czynnikami pozalaboratoryjnymi, która w pewnym sensie może być uważana za obiektywne ograniczenie dokładności chronologii radiowęglowej opartej na próbkach torfu, gytji, mułków i innych osadów organicznych. Z równania (9) wynika, że:

$$s_{\text{ext}} = \sqrt{s^2 - s_{\text{lab}}^2} \quad (10)$$

skąd przyjmując za  $s$  wartość 300 lat, zaś za  $s_{\text{lab}}$  typową wartość błędu laboratoryjnego, wynoszącą 150 lat, otrzymuje się:

$$s_{\text{ext}} = 260 \text{ lat.}$$

Podana wartość  $s_{\text{ext}}$  oznacza średniokwadratowy rozrzut różnic dat frakcji HA i RES wyznaczony na podstawie populacji złożonej z ponad stu próbek. Można przyjąć, że rozrzut ten jest w przybliżeniu w równym stopniu wywoływany nieoznaczonością wyjściowej koncentracji  $^{14}\text{C}$  w każdej z

datowanych frakcji. Przyjmując takie założenie otrzymuje się, że przy datowaniu radiowęglowym próbek torfów, gytji i innych osadów organicznych graniczna dokładność oznaczenia wieku zbliżona jest do  $\pm 130$  lat, niezależnie od podawanej wraz z wiekiem konwencjonalnym wartości błędu laboratoryjnego.

## LITERATURA

- Gerasimov I.P., 1969, Absolute and relative age of soils; *Pochvovedenie*, No 5, 27-32.
- Gerasimov I.P., 1971, Nature and originality of paleosols; [w:] D.H. Yaalon (ed.) *Paleopedology - origin, nature and dating of paleosols*; *Int. Soc. Soil Sci.*, Jerusalem, 15-27.
- Karczewski A., Nowaczyk B., 1978, Budowa geologiczna wydmy w Troszynie koło Wolina; *Sprawozd. PTPN*, Nr 94, 38-40.
- Kowalkowski A., 1977, A paleopedological investigation of dunes at Pomorsko; *Quaest. Geog.*, 4, 43-50.
- Nowaczyk B., Pazdur M.F., 1982, Próba datowania metodą  $^{14}\text{C}$  gleb kopalnych z wydmy w Troszynie, *Roczn. Glebozn.* 33, 145-158.
- Nowaczyk B., Pazdur M.F., Szczypek T., 1982, Wiek eolicznych przekształceń wydym w północno-zachodniej części Płaskowyżu Ojcowskiego; *Geog. Studia et Diss.*, 6, 34-49.
- Scharpenseel H.W., 1971, Radiocarbon dating of soils - problems, troubles hopes; [w:] D.H. Yaalon (ed.), *Paleopedology - origin, nature and dating of paleosols*; *Int. Soc. Soil Sci.*, Jerusalem, 77-88.
- Scharpenseel H.W., 1972, Natural radiocarbon measurements on humic substances in the light of carbon cycle estimates; *Proc. Int. Meeting on Humic Substances*, Pudoc Wageningen, 281-292.
- Scharpenseel H.W., 1975, Relative age and age sequence of fractions of soil organic matter; [w:] *Applications of Nuclear Methods in Biology and Agriculture*, ESNA, No 5, 10-17.
- Scharpenseel H.W., 1977, The search for biologically inert and lithogenic carbon in recent soil organic matter; [w:] *Soil organic matter studies vol. 2*, IAEA, Vienna, 193-200.
- Scharpenseel H.W., 1979, Soil fraction dating, [w:] R. Berger, H.E. Suess (eds.) *Radiocarbon dating*; Univ. of California Press, Berkeley Los Angeles, 277-283.
- Scharpenseel H.W., Schiffmann H., 1977, Soil radiocarbon analysis and soil dating; *Geophys. Surv.*, 2, 143-156.
- Sheppard J.C., Ali S.Y., Mehringer J.P., 1979, Radiocarbon dating of organic components of sediments and peats; [w:] R. Berger, H.E. Suess (eds.), *Radiocarbon dating*; Univ. of California Press, Berkeley/Los Angeles, 284-305.
- Zavielski F.S., 1977, Osobiennosti radiouglerodnogo datirovaniya poczw [w:] P. Povinec, S. Usacev (eds.), *Low-Radioactivity Measurements and Applications*, Slov. Pedagog, Naklad., Bratislava, 299-307.

ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПО РАДИОУГЛЕРОДУ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА ОБРАЗЦОВ  
ИСКОПАЕМЫХ ПОЧВ, ТОРФА И БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

## Р е з ю м е

В статье представлено результаты исследований точности датирования по радиоуглероду ископаемых почв, торфов, гиттии и органических алевритов. В проведенных исследованиях была применена самая простая методика которая заключается в выделении из датруемого образца фракций органического вещества согласно их растворимости в горячих растворах соляной кислоты и натриевого основания. Полученные результаты свидетельствуют о возможности точного датирования автогенных ископаемых почв образованных на основании дюнных песков, причем особенную важность для точности определения возраста имеют тщательное удаление корней современных растений и полная экстракция фульвовых кислот. Обнаруженные значительные расхождения радиоуглеродных дат получаемых для различных фракций извлеченных из образцов гидроморфических почв и нехватка четких закономерностей приводят к выводу, что эти почвы непригодны для определения возраста по радиоуглероду. Статистический анализ результатов датирования фракций NaOH-SOL и RES образцов торфа, гиттии и других органогенных отложений обнаруживает присутствие замечательных случайных расхождений дат этих фракций, причем в никакой из трёх рассматриваемых серий дат не обнаружено замечательного смещения дат фракций NaOH-SOL по отношению к датом для фракции RES. Из проведенного анализа следует, что среднее значение неопределенности возраста, вызванной внешними факторами, приблизительно равно  $\pm 130$  лет.

THE ACCURACY OF RADIOCARBON DATING OF FOSSIL SOILS,  
PEAT AND GYTJA

## S u m m a r y

The article presents a summary of results of the studies on the accuracy of radiocarbon dating of fossil soils, peats, gyttjas and organic siltstones. The method used in this study is based on dating different fractions of organic matter separated from investigated samples according to their solubility in hot acid and alkali solutions. The results obtained prove the possibility of accurate dating of autogenic fossil soil horizons developed on dune sands. Complete removal of rootlets and intensive extraction of fulvic acids is of crucial importance for accurate dating of soil samples. Large differences of radiocarbon ages obtained for different fractions of hydromorphic soils and lack of marked regularity of these dates leads to the conclusion that such soils are unsuitable for dating. Statistical analysis of radiocarbon dates of NaOH-SOL and RES frac-

tions of peat, gyttja and organic slime samples reveals significant differences of the age of these fractions but no systematical shift of radiocarbon dates of NaOH-SOL fraction with respect to dates of RES fraction was found in the analysed three sets of samples. On the basis of this analysis the mean uncertainty of radiocarbon age determinations caused by extralaboratory factors was estimated to amount to about  $\pm 130$  years.