

Anna PAZDUR

Mieczysław PAZDUR

Instytut Fizyki Politechniki Śląskiej
w Gliwicach

APARATURA POMIAROWA LABORATORIUM ^{14}C W GLIWICACH
DOŚWIADCZENIA KONSTRUKCYJNE I EKSPLOATACYJNE

Streszczenie. Artykuł zawiera podsumowanie doświadczeń zgromadzonych w czasie ponad dwunastoletniej eksploatacji aparatury pomiarowej stosowanej w Laboratorium ^{14}C w Gliwicach. Sformułowano główne wymagania, jakie powinna spełnić aparatura stosowana w pomiarach radiowęglowych oraz kierunki jej doskonalenia. Przedstawiono opis metod spalania próbek i oczyszczania CO_2 poczynając od rozpoczęcia pomiarów chronometrycznych w 1971 roku do chwili obecnej. Podano charakterystykę pracujących obecnie w laboratorium zestawów pomiarowych L1 i L3 wraz z omówieniem najistotniejszych ich modyfikacji i obserwowanych zmian poziomu tła oraz parametry wprowadzanego do eksploatacji trójlicznikowego zestawu L4. W końcowej części przedstawiona została krótka charakterystyka rozwoju aparatury elektronicznej stosowanej do analizy impulsów i rejestracji wyników pomiarów.

1. WSTĘP

Pierwsze w Polsce pomiary aktywności izotopu węgla ^{14}C w koncentracjach naturalnych zostały wykonane na Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu w latach 1950-1952 (Mościcki, 1953). Od tego czasu minęło ponad 30 lat. W tym okresie Laboratorium ^{14}C kilkakrotnie zmieniało swoją lokalizację. Pod koniec lat pięćdziesiątych i w latach sześćdziesiątych datowanie próbek metodą ^{14}C wykonywane były na Politechnice Gdańskiej. W roku 1967 zespół pod kierownictwem Prof. Mościckiego rozpoczął budowę praktycznie od podstaw, nowego Laboratorium ^{14}C na Politechnice Śląskiej w Gliwicach.

W latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych opracowano i udoskonalono technikę datowań radiowęglowych za pomocą liczników proporcjonalnych, w szczególności liczników wypełnionych CO_2 . Technika ta zaadoptowana w Laboratorium ^{14}C w Gdańsku została zastosowana w Laboratorium Gliwickim i jest używana przez cały czas istnienia Laboratorium do chwili obecnej.

Wyznaczanie wieku próbki metodą ^{14}C wymaga wykonania trzech niezależnych pomiarów szybkości zliczeń: tła detektora (B), badanej próbki (S) oraz wzorca aktywności współczesnej biosfery (So). Wiek próbki wynosi:

$$T = 8033 \ln \frac{S}{S_0}$$

Pomiar tła wykonuje się przez wprowadzenie do licznika próbki CO_2 spreparowanej z węgla kamiennego. Obowiązującym wzorcem aktywności ^{14}C współczesnej biosfery (Stuiver, Polach, 1977) jest kwas szczawiowy znakowany węglem ^{14}C , tzw. NBS Oxalic Acid Standard, którego aktywność S_{ox} jest określona poprzez wartość S_0 wyrażeniem

$$S_0 = 0,950 S_{\text{ox}}.$$

Wzorcem wtórnym, zaproponowanym w ostatnich latach (Polach, 1979), jest cukier trzcinowy, tzw. ANU Sucrose Secondary Radiocarbon Dating Standard o aktywności

$$S_{\text{ANU}} = 1,500 S_0.$$

2. APARATURA STOSOWANA W CHRONOMETRII RADIOWĘGLOWEJ

Jakość aparatury stosowanej w chronometrii radiowęglowej jest określona przez dwa czynniki: dokładność datowania oraz maksymalny mierzalny wiek próbki (tzw. zasięg datowania).

2.1. Dokładność datowania

Dokładność wyznaczania wieku jest w oczywisty sposób uwarunkowana:

- a) dokładnością, z jaką odtworzone są w warunkach laboratoryjnych próbki wzorcowe,
- b) reprodukowalnością warunków pomiaru i ich stabilnością w czasie trwania pomiaru,
- c) statystyką zliczeń.

Spełnienie dwóch pierwszych warunków w metodyce pomiarów radiowęglowych przy użyciu licznika proporcjonalnego wypełnionego czystym CO_2 wymaga takiej konstrukcji aparatury pomiarowej, która zapewni:

- 1) Uzyskanie z badanej próbki dwutlenku węgla, w którym względne stężenie gazów elektroujemnych nie powinno być większe niż $10^{-6} - 10^{-7}$.
- 2) Kontrolę czystości gazu.
- 3) Poprawny wybór punktu pracy licznika proporcjonalnego.
- 4) Wprowadzenie poprawek uwzględniających zmianę wydajności detekcji w przypadku niewielkich odchyłeń od warunków standardowych.

2.2. Zasięg datowania

W praktyce chronometrii radiowęglowej jednym z parametrów, który charakteryzuje jakość aparatury pomiarowej, jest współczynnik liczbowy F , tzw. factor of merit

$$F = \frac{S_0}{\sqrt{B}}$$

Od parametru F zależy bezpośrednio maksymalny mierzalny wiek próbki tzw. zasięg datowania

$$T_{\max} = 8033 \ln \frac{F \sqrt{t}}{2\sqrt{2}} \quad [\text{lat}]$$

gdzie t - czas pomiaru w minutach.

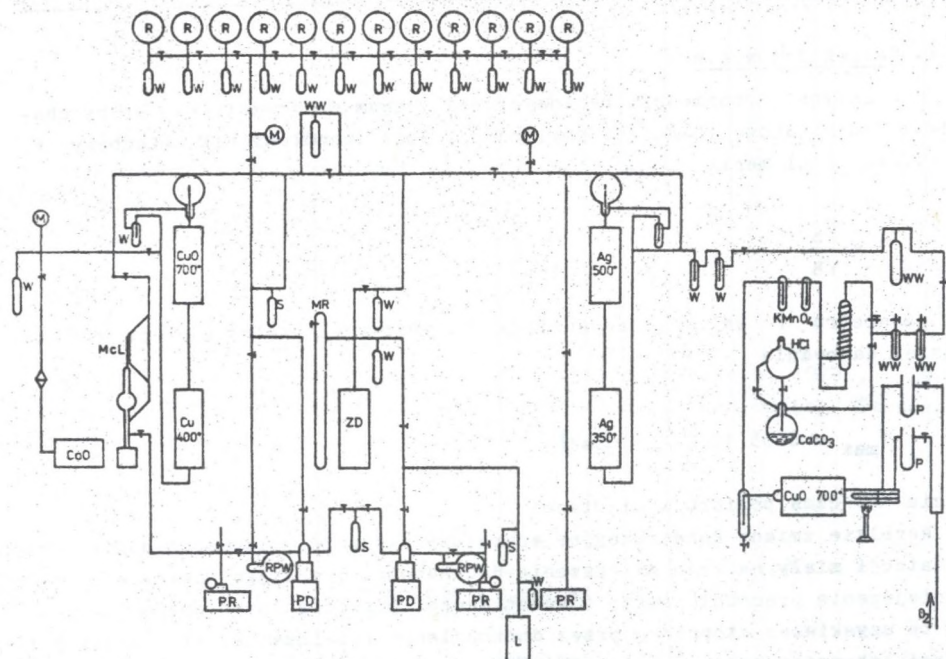
Wszelkie zmiany konstrukcyjne aparatury w czasie kilkunastoletniej eksploatacji miały na celu zwiększenie dokładności i zasięgu datowania oraz zmniejszenie pracochłonności i uciążliwości poszczególnych operacji. Efekty te uzyskiwano stopniowo przez doskonalenie rozwiązań konstrukcyjnych i metod laboratoryjnych związanych z kolejnymi etapami procesu oznaczania wieku, a mianowicie:

- 1) preparatyką wstępną,
- 2) spalaniem próbek i oczyszczaniem CO_2 ,
- 3) detekcją ^{14}C ,
- 4) analizą i rejestracją impulsów oraz opracowaniem wyników pomiarów.

3. APARATURA DO SPALANIA PRÓBEK I OCZYSZCZANIA CO_2

3.1. Pierwsze spalania próbek i oczyszczanie CO_2 (1971-73 r.)

Spalanie próbki i oczyszczanie CO_2 jest najbardziej czasochłonną i uciążliwą czynnością w procesie przygotowania próbki do pomiaru. Schemat pierwszej aparatury próżniowej stosowanej w tym celu w latach 1971-1973 jest przedstawiony na rys. 1 (Kostkiewicz et al, 1974). Uzyskany ze spalania próbki dwutlenek węgla podlegał oczyszczaniu w dwóch obiegach termogravitacyjnych zawierających piec ze srebrem, tlenkiem miedzi i miedzią. Końcowym etapem oczyszczania była absorpcja CO_2 w piecu wypełnionym tlenkiem wapnia. Powyższą metodę oczyszczania cechowała duża czasochłonność i trudność w uzyskaniu CO_2 o odpowiedniej czystości w przypadku spalania niektórych próbek, zwłaszcza torfów, gleb, gytji itp.

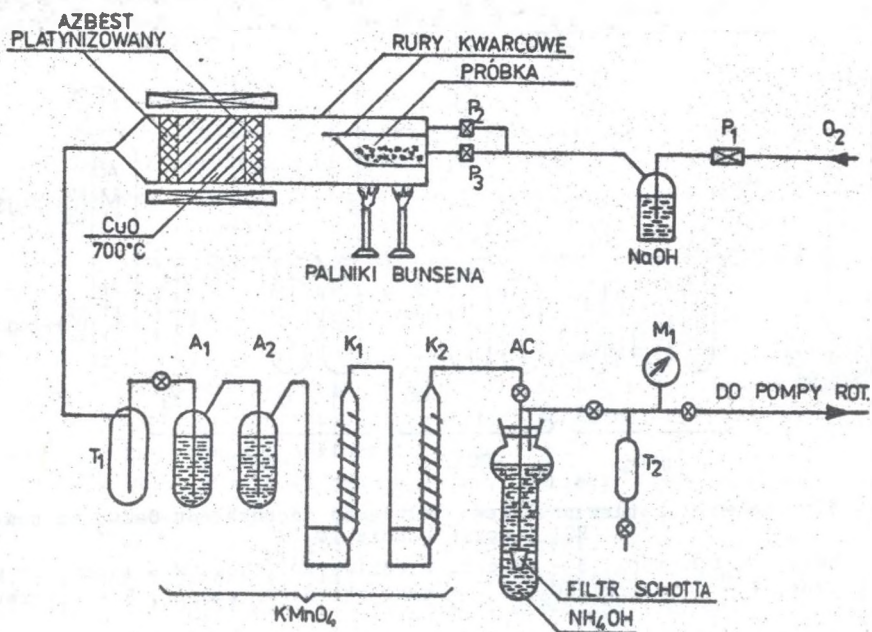


Rys. 1. Schemat aparatury próżniowej stosowanej do spalania próbek i oczyszczania CO_2 w latach 1971-1973

M - manometry mechaniczne, McL - manometr Mac Leoda, MR - manometr rtęciowy, P - przepływomierze, PD - pompy dyfuzyjne, PR - pompy rotacyjne, R - rezerwuary CO_2 , RPW - rezerwuary próżni wstępnej, S - sondy próżniomierzy, W - wymrażarki CO_2 , WW - wymrażarki pary wodnej, ZD - zbiornik dozujący, L - licznik proporcjonalny

3.2. Metoda amoniakalna (1973-1980)

Wspomniana wcześniej duża czasochłonność i trudności w uzyskaniu czystego CO_2 , cechujące proces spalania i oczyszczania CO_2 opisany w rozdz. 3.1, spowodowały zarzucenie metody i wprowadzenie tzw. metody amoniakalnej. Schemat metody jest przedstawiony na rys. 2 i 3. Otrzymany ze spalania próbki CO_2 podlegał absorpcji w roztworze zasady amoniakalnej (rys.2). Wytrącony za pomocą chlorku wapnia osad CaCO_3 po wypłukaniu pozostałości NH_3 był traktowany roztworem HCl , a wydzielający się CO_2 oczyszczony w obiegu termogravitacyjnym zawierającym srebro (rys. 3). W stosunku do pierwszej z przedstawionych metod, metoda amoniakalna cechowała się znacznym (około dwukrotnym) obniżeniem czasochłonności oraz łatwością uzyskania CO_2 o odpowiedniej czystości. Wadami tej metody była niezmierna uciążliwość związana z dużą chemiczną aktywnością amoniaku i par kwasu solnego, możliwość zanieczyszczenia próbki dwutlenkiem węgla z otoczenia oraz dodatkowe frakcjonowanie izotopowe $\Delta(\delta^{13}\text{C})$ wprowadzone przez samą metodę (Pazdur et al, 1979). Określona eksperymentalnie wartość $\Delta(\delta^{13}\text{C})$



Rys. 2. Schemat układu do spalania próbek i absorpcji CO_2 w roztworze amoniaku

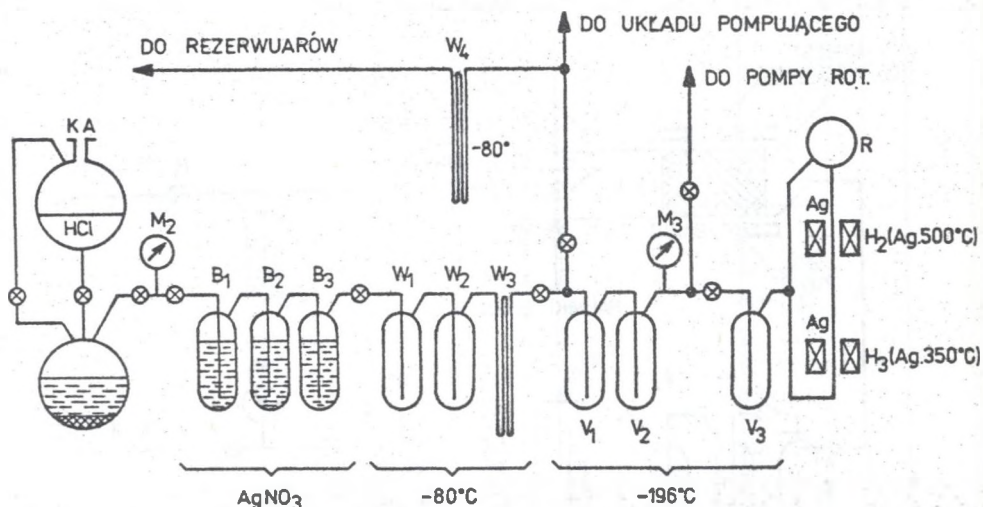
A, K - pułapki z roztworem KMnO_4 , AC - kolba z roztworem NH_4OH , M_1 - manometr mechaniczny, P - przepływomierze, T - pułapki pary wodnej

dla jednej z próbek wynosi 3,55‰ co odpowiadało dodatkowemu błędowi pomiaru wieku $\Delta T = 54$ lata.

3.3. Nowa metoda spalania i oczyszczania CO_2

Obecnie stosowana metoda stanowi powrót do metody z początku lat siedemdziesiątych, jednak w postaci znacznie zmodyfikowanej. Jako wzór przyjęto system spalania i oczyszczania CO_2 stosowany w Laboratorium ^{14}C w Groningen (Grootes, 1977). Istota modyfikacji polega na wprowadzeniu węgla próbek przed ich spalaniem. Spalanie próbek i oczyszczania CO_2 odbywa się w aparaturze próżniowej, omawianej szczegółowo w oddzielnym artykule (Paźdzur et al, 1985, rys. 2). Oczyszczanie CO_2 następuje w piecach zawierających srebro i miedź pracujących w układzie przepływowym. Końcowy etap oczyszczania polega na wprowadzeniu CO_2 do stacjonarnego termogravitacyjnego obiegu z piecami zawierającymi srebro.

Czasochłonność stosowanej obecnie metody jest większa w porównaniu z czasochłonnością metody amoniakalnej. Aparatura, skonstruowana i urucho-



Rys. 3. Schemat aparatury próżniowej służącej do rozkładu CaCO_3 za pomocą HCl i oczyszczania CO_2

KA - naczynia reakcyjne, B - płuczki z roztworem AgNO_3 , M - manometry mechaniczne, V - wymrażarki CO_2 , W - wymrażarki pary wodnej, R - rezerwuuar CO_2

miona w 1981 roku, jest nadal na etapie udoskonaleń. Zebrane w czasie blisko dwuletniej eksploatacji doświadczenia wykorzystane zostaną przy budowie nowego stanowiska do spalań, którego uruchomienie planowane jest w 1984 roku.

4. DETEKCJA ^{14}C

Pomiar koncentracji izotopu ^{14}C w próbkach, w postaci CO_2 , wykonuje się za pomocą aparatury, której integralną część stanowi tzw. zestaw licznikowy. Laboratorium ^{14}C w Gliwicach dysponuje obecnie trzema zestawami licznikowymi, tzw. zestawem L1, L3 i L4, w przygotowaniu znajduje się zestaw licznika L2.

Poszczególne zestawy licznikowe różnią się między sobą następującymi własnościami technicznymi:

- 1) konstrukcją licznika proporcjonalnego (rodzaj użytych materiałów, rozwiązanie techniczne konstrukcji): objętością licznika (V), promieniem anody (r_a) i katody (r_k) licznika, sposobem podłączenia wysokiego napięcia (V_L) i wyprowadzenia impulsów z licznika,
- 2) konstrukcją osłon antykoincydencyjnych,

- 3) osłoną materiałową,
- 4) poziomym lub pionowym ustawieniem licznika proporcjonalnego.

4.1. Zestaw licznika L1

Licznik proporcjonalny, wchodzący w skład zestawu L1 przedstawiony na rys. 4 jest najstarszym z detektorów używanych w laboratorium i był stosowany jeszcze w Laboratorium gdańskim (Mościcki, Zastawny, 1962). Objętość licznika proporcjonalnego wynosi $V = 2,9 \text{ l}$. Jego katodę stanowi stalowy cylinder. Wysokie ujemne napięcie doprowadzane jest na katodę. Licznik proporcjonalny ustawiany jest w pozycji pionowej. Na osłonę antykoincydencyjną składa się boczny wieloelektrodowy pierścieniowy licznik GM o dwunastu anodach (tzw. MSC) oraz tzw. taca, czyli 7 liczników GM połączonych równolegle umieszczonych nad licznikiem proporcjonalnym. Katoda licznika proporcjonalnego odizolowana jest od katody pierścieniowego licznika GM warstwą oleju transformatorowego.

Do roku 1976 licznik L1 pracował przy ciśnieniu CO_2 wynoszącym 1 atm., a zasięg datowania wynosił ok. 40 000 lat. Po remoncie licznika proporcjonalnego na przełomie 1976/1977 i wprowadzeniu pewnych zmian konstrukcyjnych zaczęto stosować ciśnienia CO_2 przekraczające 2 atm. Aktualna wartość tła licznika L1 wynosi $B = 7.030 \pm 0.045 \text{ cpm}$, szybkość zliczeń standardu $S_0 = 35.628 \pm 0.140 \text{ cpm}$; zasięg datowania 46 000 lat.

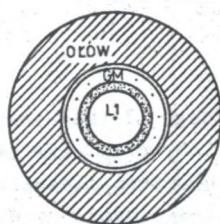
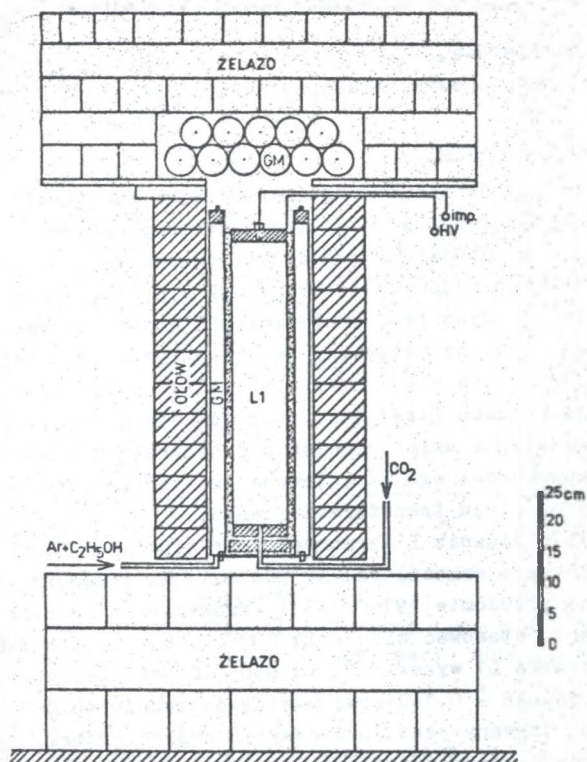
Licznik L1 używany jest do datowania dużych próbek, pozwala on na wyznaczenie w dwudobowym pomiarze wieku konwencjonalnego z błędem od ± 50 lat do ± 100 lat w zakresie holocenu pod warunkiem wykonania pomiaru w warunkach standardowych. Do uzyskania odpowiedniej ilości CO_2 konieczne jest spalanie 4 g czystego węgla.

4.2. Zestaw licznika L3

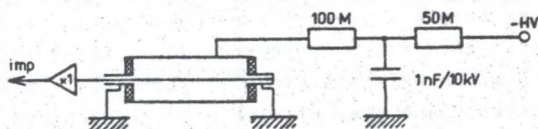
Konstrukcja licznika proporcjonalnego L3 (Mościcki, Zastawny, 1977) podobna jest do konstrukcji licznika L1, przy czym katoda wykonana jest z miedzi o wysokim stopniu czystości. Objętość licznika wynosi $V = 1,5 \text{ l}$. Bezpośrednio do licznika proporcjonalnego przylega wewnętrzna osłona materiałowa w postaci warstwy rtęci o grubości 17 mm.

W początkowym okresie licznik L3 pracował w ustawieniu pionowym (rys. 5) w komorze specjalnie wykonanego bunkra betonowego, wyłożonej warstwą żelaza. Boczną osłonę antykoincydencyjną stanowił pierścieniowy licznik GM o na przemian ułożonych drutach anodowych (24) i katodowych (24). Osłona antykoincydencyjna górna składała się z 11 liczników GM połączonych równolegle. Pomiary wykonywane przy ciśnieniu CO_2 wynoszącym 1 atm lub 2 atm w zależności od wielkości próbki. Zasięg datowania wynosił odpowiednio 36 000 lat i 41 000 lat.

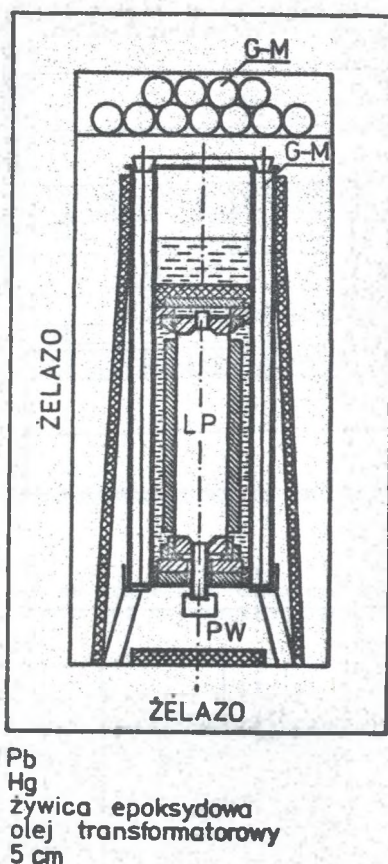
W 1982 roku przeprowadzono całkowitą przebudowę zestawu L3, wprowadzając poziome ustawienie licznika proporcjonalnego. Osłonę antykoincydencyjną stanowi obecnie poprzednio używany wieloelektrodowy pierścieniowy



- ŻELAZO
- OLÓW
- ŻYWICA EPOKSYDOWA
- OLEJ



Rys. 4. Zestaw licznika L1

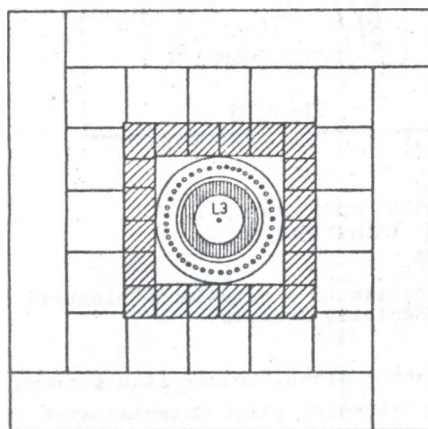
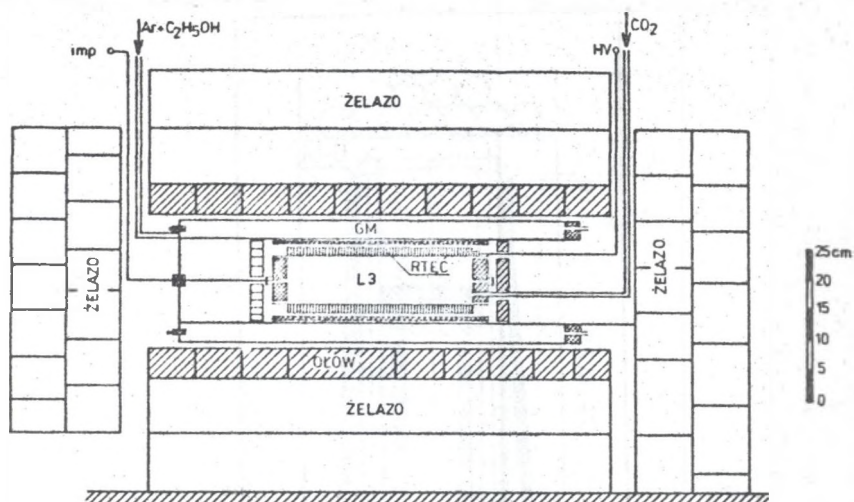


Rys. 5. Zestaw licznika L3 w ustawieniu pionowym (1975-82)
(Mościcki, Zastawny, 1977)

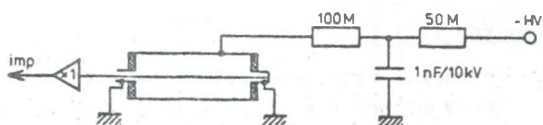
licznik GM, również ułożony poziomo. Obecny stan zestawu L3 przedstawiono na rys. 6. Ulepszenie zewnętrznych osłon materiałowych spowodowało istotne zmniejszenie tła. Licznik L3 pracuje obecnie przy ciśnieniu CO_2 wynoszącym $p_L = 1 \text{ atm.}$, tło wynosi $B = 1.975 \pm 0.025 \text{ cpm}$, szybkość zliczeń standardu $S_0 = 9.980 \pm 0.040$, zasięg datowania 40 000 lat. Do wykonania pomiaru wieku w warunkach standardowych konieczne jest spalenie próbki za wierającej 1 g czystego węgla.

4.3. Zmiany tła liczników L1 i L3

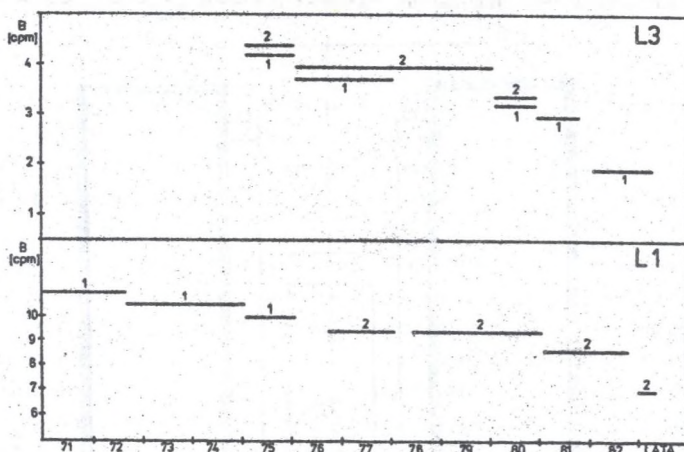
Charakterystyczną cechą zestawów pomiarowych L1 i L3 jest systematyczny spadek tła, obserwowany od początku ich eksploatacji do chwili obecnej. Wyróżnić można przy tym okresy względnej stabilności poziomu tła oraz zmiany skokowe. Przedstawione są one schematycznie na rys. 7. Zmiany skokowe powodowane są ulepszaniem osłon materiałowych i antykoincydencyjnych



ŻELAZO
 OLÓW
 RTEC
 ŻYWICA EPOKS



Rys. 6. Zestaw licznika L3 (stan obecny)



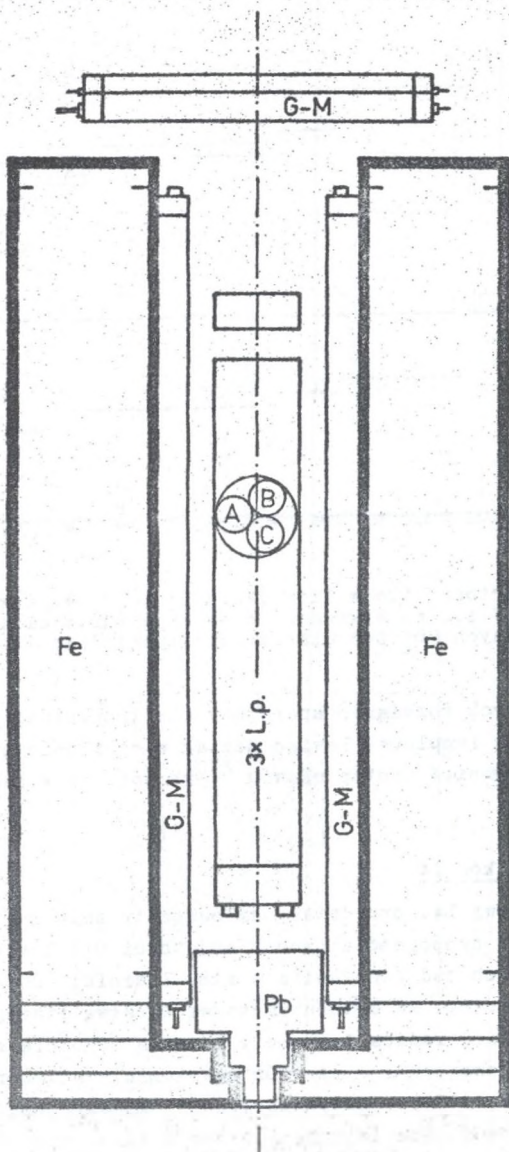
Rys. 7. Zmiany wartości tła w licznikach L1 i L3 w czasie eksploatacji liczników. Cyfry 1 i 2 na wykresach oznaczają wartości tła liczników wypełnionych CO_2 pod ciśnieniem odpowiednio 1 i 2 atm

wprowadzaniem nowych rozwiązań aparatury elektronicznej służącej do analizy i rejestracji impulsów. Pewien udział w obniżaniu się wartości tła posiada zapewne również izotop ołowiu ^{210}Pb , obecny w osłonach materiałowych.

4.4. Zestaw liczników L4

Zestaw licznikowy L4, przedstawiony schematycznie na rys. 8, składa się z trzech liczników proporcjonalnych o objętości 0,5 l każdy, wykonanych z miedzi i pracujących pod ciśnieniem 4 atm. Liczniki ustawione są w pozycji pionowej i otoczone są dwucentymetrową warstwą starego selekcyjowanego ołowiu o niskiej radioaktywności. Istotną nowością zastosowaną w zestawie L4 jest wprowadzenie - na wzór rozwiązania w laboratorium w Groningen (Tans, Mook, 1979) - antykoincydencji między poszczególnymi licznikami zestawu, powodujące istotne obniżenie tła. Szczegółowy opis zestawu zawarty jest w oddzielnym artykule (Pazdur, Walanus, 1985). Tło zestawu połączonych liczników wynosi $B = 8.01 \pm 0.05$ cpm, szybkość zliczeń standardu $S_0 = 33.87 \pm 0.25$ cpm, zasięg datowania 46 000 lat.

Zestaw licznikowy L4 uruchomiony został w 1982 roku i jest nadal w trakcie badań i pomiarów kalibracyjnych. Wykonane pomiary wieku trzech próbek datowanych uprzednio za pomocą licznika L1 stanowią potwierdzenie poprawności kalibracji zestawu. Przewiduje się eksploatację zestawu L4 jako trzech niezależnych liczników L4A, L4B i L4C, dotychczasowe wyniki wskazują na możliwość pracy liczników przy ciśnieniu CO_2 równym 6 atm.



Rys. 8. Uproszczony przekrój przez zestaw licznikowy L4

5. ANALIZA I REJESTRACJA IMPULSÓW

Rozwój aparatury elektronicznej służącej do analizy i rejestracji impulsów z poszczególnych zestawów licznikowych przebiegał w zasadzie zgodnie z rozwojem krajowej elektroniki. Jako zasadę nadrzędną przy rozbudowie czy wprowadzaniu zupełnie nowych systemów przyjęto stosowanie wyłącz-

nie elementów dostępnych na rynku krajowym bądź to gotowych seryjnych podzespołów, bądź też podzespołów wykonanych we własnym zakresie na podstawie własnych projektów.

Pierwsze pomiary w okresie od 1971 r. do 1974 roku wykonywano za pomocą aparatury lampowej, będącej zmodernizowaną wersją aparatury używanej w Gdańsku (Mościcki, Zastawny, 1962, Pomykała et al, 1974).

W roku 1974 wprowadzono nową tranzystorową aparaturę elektroniczną, umożliwiającą obsługę dwóch lub trzech zestawów licznikowych z automatyczną rejestracją wyników na taśmie papierowej.

Obecnie pracująca aparatura elektroniczna (Bluszcz, Walanus, 1981) stanowi trzecią generację zbudowaną na bazie systemu CAMAC z jednostką centralną w postaci procesora autonomicznego 131 i obsługuje jednocześnie zestawy licznikowe L1 i L3. Aparaturę tę cechuje duża swartość, niski pobór mocy, a przede wszystkim wysoka niezawodność działania, praktycznie wykluczająca bieżące naprawy. W okresie od zainstalowania systemu w październiku 1978 roku do marca 1983 przy jego ciągłej pracy wystąpiły jedynie trzy defekty procesora autonomicznego i kilka innych drobniejszych awarii. Wyniki pomiarów wyprowadzane są na taśmę papierową w celu bieżącej kontroli przebiegu pomiaru oraz na taśmę perforowaną w celu poddania ich obróbce statystycznej na maszynie cyfrowej ODRA 1305. Opis stosowanej aparatury oraz projektowanych udoskonaleń zawierają oddzielne artykuły (Bluszcz, Walanus, 1980, Wybraniec, Walanus, 1985).

LITERATURA

- Bluszcz A., Walanus A., 1980, Zestaw do amplitudowej i czasowej analizy impulsów z zespołów licznikowych służących do pomiaru naturalnych aktywności izotopu węgla ^{14}C [w:] Informatyczne systemy pomiarowe o skupionej i rozłożonej inteligencji; SEP - ZZUJ POLON - IBJ, Warszawa 53-54.
- Grootes P.M., 1977, Thermal diffusion isotopic enrichment and radiocarbon dating beyond 50.000 years; Ph. D. Thesis, Univ. of Groningen.
- Kostkiewicz E., Mościcki W., Pazdur A., Pazdur M., Zastawny A., Pomykała W., 1973, Aparatura chemiczna i metodyka preparatyki próbek w pomiarach radiowęglowych; Zeszyty Naukowe Pol. Śl., Seria Mat.-Fiz., Z. 23, 15-23.
- Mościcki W., 1953, Pierwsze wyniki datowania wieku drewna kopalnego w Polsce metodą radiowęgla; Acta Geol. Pol., 2, 87-89.
- Mościcki W., Zastawny A., 1962, Apparatus used in the Laboratory of absolute geochronology for determining the age of sample by the ^{14}C procedure; Nukleonika, 7, 801-817.
- Mościcki W., Zastawny A., 1977, New proportional counter assembly in Gliwice ^{14}C Laboratory [w:] P. Povinec, S. Usacev (reds.), Low-Radioactivity Measurements and Applications; Slov. Pedagog. Naklad., Bratislava, 91-92.
- Pazdur A., Pazdur M.F., 1979, Methods of sample pretreatment in Gliwice Radiocarbon Laboratory; Prace i Materiały Muzeum Archeol. i Etnogr. w Łodzi, Seria Archeol., Nr 26, 279-282.

- Pazdur M.F., Awiśuk R., Bluszczyński 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. Lett., 39, 157-168.
- Pazdur M.F., Pazdur A., Goslar T., Awiśuk R., 1985, Metody preparatyki wstępnej próbek przeznaczonych do pomiarów radiowęglą; Zeszyty Naukowe Pol. Śl., Seria Mat.-Fiz., Nr 47, 101-107.
- Pazdur M.F., Walanus A., 1979, Analiza długookresowej stabilności warunków pracy aparatury pomiarowej w Laboratorium ^{14}C . I. Analiza reprodukowalności warunków pomiarów próbek tła i standardów aktywności; Zeszyty Naukowe Pol. Śl., Seria Mat.-Fiz., Z. 32, 111-120.
- Polach H.A., 1979, Correlation of ^{14}C activity of NBS oxalic acid with Arizona 1850 Wood and ANU sucrose standards; [w:] R. Berger, H.E. Suess eds., Radiocarbon dating; Univ. of California Press, Berkeley - Los Angeles, 115-124.
- Пошыкаła W., Моścicki W., Zastawny A., 1973, Aparatura elektroniczna Laboratorium C-14 w Gliwicach; Zeszyty Naukowe Pol. Śl., Seria Mat.-Fiz. Z. 23, 25-39.
- Stuiver M., Polach H.A., 1977, Reporting of ^{14}C data; Radiocarbon, 19, 355-363.
- Tans P.P., Mook W.G., 1979, Design, construction and calibration of a high accuracy carbon-14 counting set-up; Radiocarbon, 21, 22-40.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА РАДИОУГЛЕРОДНОЙ ЛАБОРАТОРИИ В ГЛИВИЦЕ.
 КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ

Резюме

В работе представлено суммирование опытов из более чем двенадцатилетней эксплуатации измерительной аппаратуры в радиоуглеродной лаборатории Института Физики Силезского Политехнического Института в Гливице. Сформулированы важнейшие требования каким должна удовлетворять измерительная аппаратура применяемая в радиоуглеродных измерениях а также принципы ее совершенствования. Представлено краткое изложение методов сжигания образцов с очистки CO_2 , применяемых с 1971 г., когда начались радиоуглеродные измерения, до сих пор. Охарактеризовано счётчиковые установки L_1 и L_2 , важнейшие их модификации и следующие им понижения уровня фона. Представлено параметры новой трёхсчётчиковой установки L_4 . В заключительной части охарактеризовано развитие электронной счётной аппаратуры.

THE MEASURING EQUIPMENT OF THE GLIWICE RADIOCARBON LABORATORY.
 EXPERIENCE GATHERED IN THE CONSTRUCTION AND EXPLOITATION

Summary

The article contains a summary of experience gathered during more than 12 years work of the measuring equipment used in Gliwice Radiocarbon Laboratory. The basic requirements set on the measuring apparatus and the

ways of improvements are formulated. A brief description of the methods of sample combustion and carbon dioxide purification used from the beginning of age measurements in 1971 to the present day is given. Actually working counting set-up L1 and L3 are described together with the history of their modifications and resulting changes of the background counting rate. The parameters of the new counting set-up L4 comprising three small proportional counters are given. In the final part a short description of the development of the electronics used in pulse analysis and data recording is presented.