

Andrzej Z. RAKOWSKI, Mieczysław F. PAZDUR, Anna PAZDUR,
Brian F. MILLER

ANTROPOGENICZNE ZMIANY SKŁADU IZOTOPOWEGO WĘGLA W ATMOSFERZE GÓRNEGO ŚLĄSKA

Streszczenie. Pomiary składu izotopowego węgla w słojach drzewa z terenu Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego wykazują istnienie znacznego zaniżenia koncentracji ^{14}C w stosunku do koncentracji w „czystym powietrzu”. Zjawisko to nosi nazwę Efektu Suessa i związane jest z wprowadzeniem do atmosfery nieaktywnego węgla pochodzącego ze spalania paliw kopalnych. Efekt ten obserwujemy na obszarach dużych aglomeracji miejsko-przemysłowych, do których należy zaliczyć rejon Górnego Śląska.

ANTROPOGENIC CHANGES OF ISOTOPIC COMPOSITION OF CARBON IN ATMOSPHERE IN THE AREA OF UPPER SILESIA

Summary. Radiocarbon measurements in tree-rings from Upper Silesia area indicate a significant decrease in ^{14}C concentration compared to „clean air”. This phenomenon is known as Suess Effect and is connected with contamination with nonactive coal from burning fossil fuels. This effect is observed in big urban and industrial areas.

1. Wstęp

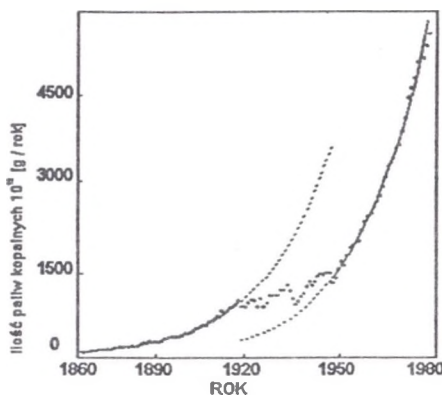
Zmiany koncentracji i składu izotopowego atmosferycznego węgla determinowane są przez czynniki naturalne i antropogeniczne.

Do przyczyn naturalnych zmian koncentracji izotopu ^{14}C w przyrodzie zalicza się zjawiska natury astrofizycznej, geofizycznej, geochemicznej, biologicznej i klimatycznej, które zachodzą w środowisku naturalnym bez udziału człowieka.

Obok naturalnych przyczyn powodujących fluktuacje koncentracji radioizotopu węgla ^{14}C w rezerwuarach duży wpływ wywiera działalność człowieka. Wzrost wydobycia paliw kopalnych oraz rozwój energetyki jądrowej, spowodowany zapotrzebowaniem na energię są przyczynami globalnych i lokalnych zmian koncentracji radiowęgla. Nie bez znaczenia dla poziomu koncentracji ^{14}C w środowisku naturalnym pozostają próby prowadzone przez mocarstwa atomowe z bronią jądrową i termojądrową. Szczególnie duży wpływ wywarły próbne wybuchy przeprowadzone w atmosferze Ziemi, w wyniku których powstały sztucznie strumień neutronów stał się źródłem generującym radioizotop węgla ^{14}C .

2. Efekt Suessa

Rozwój przemysłu, jaki obserwuje się poczynszy od XIX wieku, wiąże się ze wzrostem wydobycia paliw kopalnych, będących głównym źródłem energii. W wyniku spalania węgla kamiennego i brunatnego, ropy naftowej, gazu ziemnego itp. do atmosfery wprowadzane są coraz to większe ilości nieaktywnego węgla w postaci $^{12}\text{CO}_2$. Doprowadziło to do zmniejszenia koncentracji ^{14}C w atmosferze i biosferze. Ilości wprowadzanego do atmosfery nieaktywnego dwutlenku węgla zostały oszacowane na podstawie statystyk przemysłowych, dotyczących wydobycia paliw kopalnych (rys.1.)



Rys. 1. Ilość spalanych paliw kopalnych w latach 1860–1980 (Keeling, 1973)

Fig. 1. Annual consumption of fossil fuels since 1860–1980 (Keeling, 1973)

W wyniku badań prowadzonych z próbkami drewna współczesnego Suess zauważył w 1950 roku, że ich aktywność jest mniejsza od aktywności próbek drewna z połowy XIX wieku. Na podstawie tych badań oszacował, że zmniejszenie koncentracji ^{14}C w biosferze, wywołane działalnością przemysłową, wynosi 3%. Tak mały spadek koncentracji izotopu

^{14}C w atmosferze i biosferze w stosunku do ilości wprowadzonego nieaktywnego $^{12}\text{CO}_2$ można wytłumaczyć tym, że większość nadmiarowego dwutlenku węgla jest pochłaniana na powierzchni mórz i oceanów (Keeling, 1979). Koncentracja ^{14}C i ^{13}C w atmosferycznym węglu i węglu kopalnym jest różna, tak więc obok spadku koncentracji ^{14}C w biosferze obserwuje się zmiany współczynnika frakcjonowania izotopowego $\delta^{13}\text{C}$.

Ponieważ rozwój przemysłu, jaki obserwujemy na półkuli północnej, znacznie przewyższa zmiany dokonujące się na półkuli południowej, można spodziewać się pewnych różnic w zmianach koncentracji ^{14}C na obu półkulach, jednak jak dotąd nie ma zgodności w dotychczasowych badaniach co do różnic efektu Suessa dla obu półkul.

3. Wpływ próbných wybuchów jądrowych i termojądrowych na poziom koncentracji ^{14}C w atmosferze i biosferze

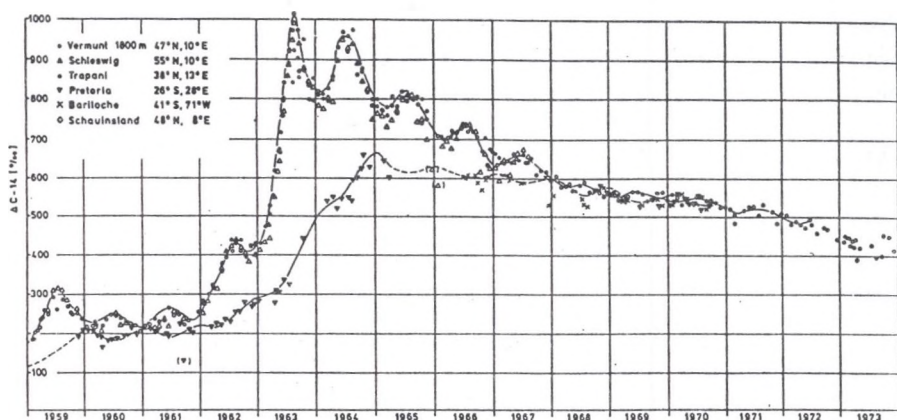
Największy wpływ na wzrost koncentracji izotopu ^{14}C w przyrodzie wywarły próby z bronią jądrową i termojądrową prowadzone przez mocarstwa atomowe od 1945 r. Szczególnie duże zaburzenia koncentracji radiowęgla wywołane zostały wybuchami przeprowadzonymi w atmosferze. Dane dotyczące prób z bronią atomową opublikowane przez Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) podają, że moc ładunków zdetonowanych w atmosferze od 1945 roku do dnia dzisiejszego wynosi ponad 500 MTT (megaton trójitrotoluenu).

Badania wykazują, że ilość neutronów uwalnianych w wyniku wybuchu bomby atomowej wynosi $2 \cdot 10^{26}$ neutronów na 1 MTT. Uwzględniając moc wybuchów przeprowadzonych przez mocarstwa atomowe, można oszacować ilość wyprodukowanych sztucznie jąder izotopu ^{14}C . Według Waltona [1967] do 1962 roku w atmosferze zostało wytworzone, w wyniku prób z bronią jądrową, $9,2 \cdot 10^{28}$ atomów radioizotopu węgla ^{14}C .

Systematyczne badania w celu wyznaczenia wzrostu koncentracji ^{14}C w atmosferycznym CO_2 prowadzone są od końca lat pięćdziesiątych. W latach 1962 – 1980 Nydal i Lövseth (1979) przeprowadzili szczegółowe badania zmian koncentracji ^{14}C w atmosferze. Prace te polegały na stałym monitoringu poziomu koncentracji radiowęgla w stacjach rozlokowanych w różnych miejscach na świecie. Stacje usytuowano w miejscach na różnych szerokościach geograficznych od 78°N do 22°S . Próbkę atmosferycznego CO_2 pobierano metodą statyczną przez absorpcję do roztworu NaOH lub metodą dynamiczną, na sitach molekularnych.

Wyniki pomiarów przedstawione zostały w postaci wykresu zmian koncentracji ^{14}C w poszczególnych latach, dla różnych szerokości geograficznych (Nydal, 1979). Z danych

tych widzimy, że wzrost koncentracji ^{14}C odbywał się skokowo od 1954 roku, kiedy to wielkość $\Delta^{14}\text{C}$ osiągnęła wartość $300^0/_{00}$, następnie w 1962 osiągnęła $400^0/_{00}$, by w roku 1963 osiągnąć maksimum ponad $1000^0/_{00}$. Od tego czasu notuje się spadek koncentracji, co jest związane z zaprzestaniem prób z bronią jądrową, a także z wymieszaniem się węgla w rezerwuarach. Zanotowano również dwuletni interwał czsowy pomiędzy osiągnięciem maksimum wartości $\Delta^{14}\text{C}$ w atmosferze na półkuli północnej i południowej. Maksimum koncentracji ^{14}C zanotowane w 1963 roku na półkuli północnej wyniosło $1000^0/_{00}$, zaś na półkuli południowej wartość maksymalna $700^0/_{00}$ osiągnięta została dopiero w 1965 roku. Różnice w koncentracji ^{14}C w atmosferycznym CO_2 pomiędzy półkulami utrzymywały się do początku lat siedemdziesiątych. Przyczyną tych różnic jest fakt, iż większość próbnych wybuchów miała miejsce na poligonach znajdujących się na półkuli północnej. Zanotowano również zmiany koncentracji ^{14}C w powierzchniowych warstwach oceanu; przedstawia to dolna część na rys.2. Badania te mogą posłużyć do wyznaczenia parametrów modelu obiegu węgla w przyrodzie.



Rys. 2. Zmiany koncentracji radiowęglu w atmosferycznym CO_2 w latach 1959-1973 (Levin et al, 1980)

Fig. 2. Changes of radiocarbon concentration in atmospheric CO_2 between 1959-1973 (Levin et al, 1980)

4. Wyznaczenie efektu Suessa

Wzrost poziomu CO_2 związany z efektem Suessa wyznacza się za pomocą zależności:

$$^{14}S = \frac{PM - PM_0}{PM_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

gdzie:

PM – koncentracja ^{14}C w badanej próbce,

PM_0 – koncentracja ^{14}C w próbce atmosferycznego CO_2 , nie zawierającego CO_2 pochodzącego ze spalania paliw kopalnych.

Ze względu na wzrost koncentracji radiowęgla w wyniku przeprowadzonych prób z bronią jądrową i termojądrową istnieją poważne trudności w wyznaczeniu koncentracji ^{14}C w "czystym powietrzu" PM_0 .

Można jednak wyznaczyć lokalny efekt Suessa dla obszaru o dużym zaludnieniu i zagęszczeniu zakładów przemysłowych, emitujących do atmosfery duże ilości dwutlenku węgla, pochodzącego ze spalania paliw kopalnych. W tym przypadku wartość PM_0 jest wartością koncentracji ^{14}C w próbkach pobranych na terenach oddalonych od centrów przemysłowych (Awsiek, 1985, Nydal, 1979). Jeżeli jednak koncentracje ^{14}C wyrazimy nie przez wartość PM , lecz przez wartość $\Delta^{14}\text{C}$, wzór (1) przyjmuje postać:

$$^{14}S = \frac{\Delta^{14}\text{C} - \Delta^{14}\text{C}_0}{1000 + \Delta^{14}\text{C}_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

Istotnym problemem jest wyznaczenie poziomu koncentracji ^{14}C w atmosferycznym CO_2 dla obszarów znacznie oddalonych od ośrodków przemysłowych.

Wzrost koncentracji radiowęgla spowodowany próbnymi wybuchami nuklearnymi oraz zjawiska wymiany węgla pomiędzy rezerwuarami powodują, że poziom koncentracji ^{14}C w „czystym powietrzu” po wzroście do wartości $\Delta^{14}\text{C} = 1000 \text{ }^0/\text{oo}$ w 1963 roku maleje eksponencjalnie wg zależności:

$$\Delta^{14}\text{C}_0 = 372 \exp(-0.0582t), \quad (3)$$

gdzie:

t – czas w latach od 1976 roku.

Zależność ta została wyznaczona w toku pomiarów koncentracji radiowęgla w próbkach atmosferycznego CO_2 pobranych w północnej Norwegii w latach 1962 – 1980, poprzez dopasowanie metodą najmniejszych kwadratów krzywej eksponencjalnej do punktów pomiarowych (Nydal, 1979).

5. Wyniki badań lokalnych zmian koncentracji radiowęgla w przyrodzie

Zmiany koncentracji ^{14}C mają, z wyjątkiem wpływu elektrowni jądrowych, charakter globalny (McCartney, 1988). Również modele obiegu węgla w przyrodzie wyjaśniają przyczyny globalnych zmian koncentracji radiowęgla w przyrodzie. Obok badań globalnych zmian koncentracji radiowęgla pojawiły się publikacje dotyczące zmian lokalnych koncentracji ^{14}C .

Badania prowadzone przez Vogela i Uhlitzscha wykazały zniżenie koncentracji ^{14}C w próbkach liści drzew zebranych na terenie miast. Wyniki badań przedstawia tabela 1. Największe zmiany koncentracji zaobserwowano w Zagłębiu Ruhry (Essen) oraz na Manhattanie w centrum Nowego Jorku.

Tabela 1
Wielkość koncentracji radiowęgla w liściach
drzew zebranych na terenie miast

Miejsce poboru próbki	$\Delta^{14}\text{C}$ [‰]	^{14}S [‰]
Groningen (Holandia)	443 ± 5	-1.8 ± 0.3
Essen (RFN)	405 ± 6	-4.6 ± 0.5
Scholven (RFN)	352 ± 5	-8.7 ± 0.3
Austin, Texas	420 ± 5	-3.5 ± 0.4
Manhattan, N.Y. City	381 ± 5	-6.3 ± 0.3
Springbokvlakte (RPA)	476 ± 6	-0.5 ± 0.4

W Polsce badaniem lokalnych zmian koncentracji ^{14}C zajmowali się T. Kuc i T. Florowski. Zaobserwowali oni zniżenie koncentracji radiowęgla w próbkach liści drzew zebranych w rejonie Krakowa. Największe zniżenie koncentracji radiowęgla występuje w próbce pobranej w centrum miasta. Wyniki pomiarów przedstawia tabela 2.

Prace prowadzone przez R. Awiśuka i M. F. Pazdura miały na celu wyznaczenie wartości lokalnego efektu Suessa na terenie Górnego Śląska. Próbkę atmosferycznego CO_2 , pobierane były co miesiąc, metodą opisaną przez Nydalą (1979), na terenie miast GOP-u. Wartości koncentracji radiowęgla w czystym powietrzu $\Delta^{14}\text{C}_0$ zostały zaczerpnięte z pracy Nydalą. Wielkość efektu Suessa wyznaczona na podstawie wyników badań koncentracji ^{14}C w próbkach z 1980 roku ma wartość $^{14}\text{S} = -5.17 \pm 0.41\%$, która jest równa wartości $^{14}\text{S} = -5.84 \pm 1.0\%$ wyznaczonej w roku 1974.

Tabela 2
Wyniki pomiarów koncentracji radiowęgla w
próbkach liści drzew pobranych w rejonie
Krakowa

Miejsce poboru próbki	$\Delta^{14}C$ [‰]	^{14}S [‰]
Kraków (centrum)	335 ± 12	-4.6 ± 0.9
Garb Teńczyński I	385 ± 10	-1.1 ± 0.8
Garb Teńczyński II	340 ± 12	-4.3 ± 0.9
Las Wolski	387 ± 4	-0.9 ± 0.5
Czerna	375 ± 9	-1.8 ± 0.6
Radziszów	370 ± 7	-2.1 ± 0.5
Puszcza Niepołomska	390 ± 11	-0.7 ± 0.8
	395 ± 13	-0.3 ± 0.9
	385 ± 13	-1.1 ± 0.9
	355 ± 11	-3.2 ± 0.8
	400 ± 11	-0.0 ± 0.8
	385 ± 11	-1.1 ± 0.9
Polska południowa:		
Gorce	390 ± 11	-0.7 ± 0.8
Bieszczady	385 ± 10	-1.1 ± 0.8

Zmiany koncentracji radiowęgla oraz zmiany magnitudy efektu Suessa w czasie przedstawiają zależności:

$$\Delta^{14}C = 254 - 19.6 \cdot t, \quad (4)$$

$$^{14}S = -3.16 - 0.242 \cdot t, \quad (5)$$

gdzie: t – czas wyrażony w latach począwszy od 1980 roku.

Zasięg terytorialny efektu Suessa oszacowany został na podstawie pomiaru koncentracji radiowęgla w próbkach pobranych w miastach odległych od regionu Górnego Śląska w kierunku wschodnim. Granice lokalnego efektu Suessa zostały wyznaczone za pomocą zależności:

$$^{14}S = -0.5 \exp(-0.0072 \cdot d), \quad (6)$$

gdzie: d – odległość od Gliwic w km.

6. Wyniki pomiarów koncentracji ^{14}C

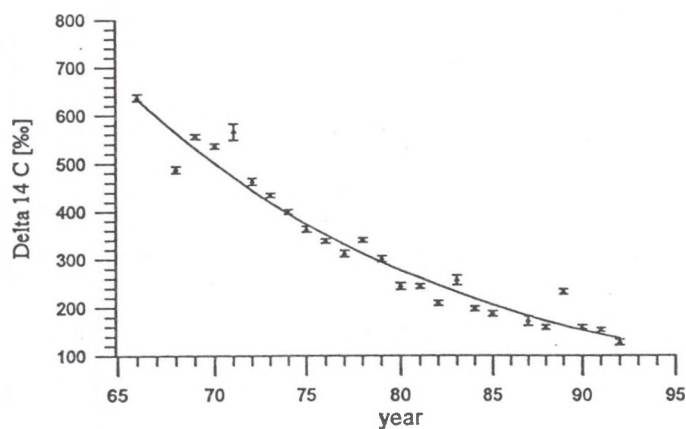
Rejon Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego jest największym w Polsce i jednym z największych regionów przemysłowych na świecie. Wydobywa się tu 98% krajowej produkcji węgla, produkuje się 66% koksu, 56% stali, ponad 50% najważniejszych wyrobów hutniczych oraz 30% energii elektrycznej. Gęstość zaludnienia w aglomeracji górnośląskiej wynosi 1283 mieszkańców na km^2 . Duże nagromadzenie zakładów przemysłowych i zaludnienie na tym terenie powodują, że na teren GOP przypada połowa zużycia węgla w Polsce. Taka ilość paliw spalanych na tym terenie powoduje znaczne lokalne zanieżenie koncentracji ^{14}C w atmosferycznym CO_2 . Na wielkość tego efektu mają wpływ, oprócz ilości spalanych paliw kopalnych, czynniki odpowiedzialne za mieszanie się mas powietrza, tzn. ukształtowanie terenu i czynniki meteorologiczne.

Do wyznaczenia zmian koncentracji radiowęgla w atmosferze Górnego Śląska posłużył zapis koncentracji w słojach przyrostów rocznych drzewa (*Populus nigra*) pobranego w Chorzowie.

Rysunek 3 przedstawia zmiany koncentracji radiowęgla w atmosferze w poszczególnych latach objętych badaniami. Zmiany te mają charakter eksponencjalny, co odpowiada zależności (3) przedstawionej w pracy Nydała (1979), opisany wzorem:

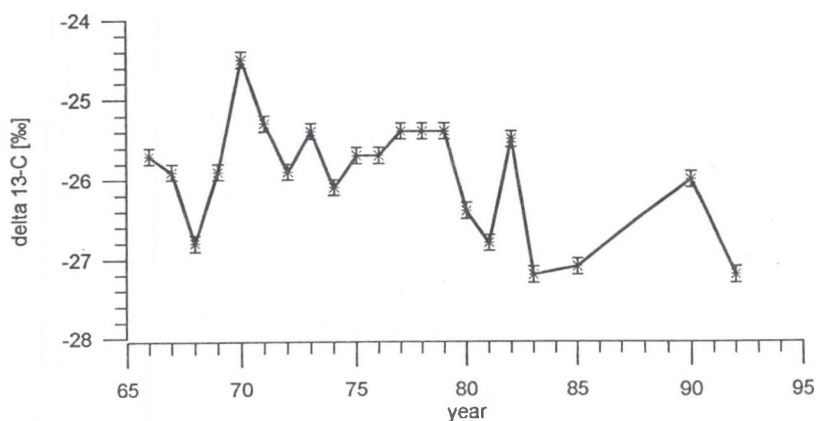
$$\Delta^{14}\text{C} = 312 \cdot \exp(-0.059t) \quad (7)$$

Przy obliczaniu wartości parametru ^{14}S przyjmowano odpowiednie wartości $\Delta^{14}\text{C}_0$ dla „czystego powietrza” na podstawie opublikowanych przez Nydała (Nydał, 1979) wyników pomiarów koncentracji radiowęgla w próbkach atmosferycznego CO_2 pobranych na przyładku Nordkapp. Ponieważ wartości $\Delta^{14}\text{C}$ wyznaczone zostały do 1980 roku, wartości późniejsze zostały wyznaczone za pomocą zależności (3). Średnia wartość parametru $^{14}\text{S} = (-2.3 \pm 1.2)\%$ wyznaczona za pomocą zależności (1) odbiega znacznie od wartości $^{14}\text{S} = (-5.56 \pm 0.59)\%$, wyznaczonej dla Chorzowa w pracy R. Awsiuka. Wytlumaczeniem dla tak niskiej wartości parametru ^{14}S jest fakt zastosowania do pomiarów próbek pochodzących z pnia drzewa, dla którego okres wegetacji w naszej strefie klimatycznej zawiera się pomiędzy kwietniem a wrześniem, lecz w poszczególnych latach występują wahania spowodowane warunkami pogodowymi, w tym w głównej mierze ilością opadów i nasłonecznieniem (Awsiuk, 1985). Wartość ta opisuje zanieżenie koncentracji radiowęgla tylko w okresie wegetacji. Niemożliwe jest także wyznaczenie całkowitego zanieżenia koncentracji izotopu ^{14}C w poszczególnych latach, ponieważ brakuje zapisu dotyczącego zanieżenia koncentracji radiowęgla w atmosferze w okresie jesienno-zimowym, w którym występuje znacznie wyższa emisja nieaktywnego CO_2 , pochodzącego ze spalania paliw kopalnych w gospodarstwach domowych (emisja niska). Prace prowadzone przez T. Kuca oraz R.



Rys. 3. Zmiany koncentracji radiowęgla w rejonie Górnego Śląska w latach 1966–1992

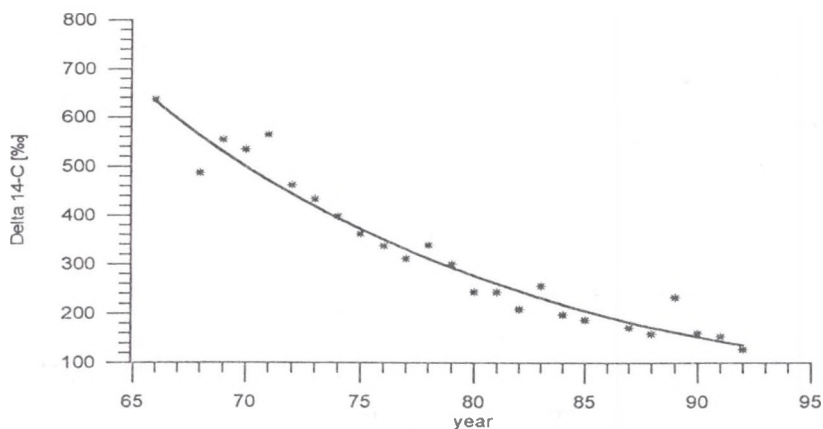
Fig. 3. Changes of radiocarbon concentration in the area of Upper Silesia between 1966–1992



Rys. 4. Zmiany składu izotopowego węgla w rejonie Górnego Śląska

Fig. 4. Changes of isotopic composition of carbon in the area of Upper Silesia

Awsiuka potwierdzają sezonowość zmian koncentracji radiowęgla w atmosferze. Poziom koncentracji ^{14}C w Krakowie w styczniu 1983 roku miał wartość $\Delta^{14}\text{C} = 200\text{‰}$ i był niższy od wartości $\Delta^{14}\text{C} = 246\text{‰}$ zarejestrowanej w okresie od maja do lipca 1984 roku, a więc w czasie wegetacji roślin.



Rys. 5. Czasowe zmiany parametru ^{14}S w słojach drzewa z Górnego Śląska

Fig. 5. Temporal changes of ^{14}S parameter in tree rings from Upper Silesia

7. Wnioski

Celem pracy było wyznaczenie antropogenicznych zmian koncentracji ^{14}C na terenie jednego z miast Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Obszar ten stanowi źródło emisji znacznych ilości nieaktywnego CO_2 do atmosfery, co powoduje lokalne zaburzenie poziomu koncentracji izotopu ^{14}C w atmosferycznym CO_2 .

Rezultaty niniejszej pracy można przedstawić w postaci stwierdzeń:

- Zarejestrowano zmianę koncentracji izotopu ^{14}C w atmosferze, której charakter przedstawiony został za pomocą eksponencjalnej zależności:

$$\Delta^{14}\text{C} = 312 \cdot \exp(-0.059t)$$

- Zaobserwowano lokalny efekt zaniżenia koncentracji radiowęglu w atmosferze, w czasie odpowiadającym okresowi wegetacji w naszej strefie klimatycznej, opisany parametrem $^{14}\text{S} = (-2.3 \pm 1.2)\%$.
- Niemożliwe jest wyznaczenie całkowitego rocznego efektu zaniżenia koncentracji radiowęglu w próbkach pochodzenia roślinnego, gdyż nie uwzględnia się wzrostu ilości antropogenicznego CO_2 wprowadzanego do atmosfery w okresie jesienno-zimowym.
- Wartość $\Delta^{14}\text{C}$ wyznaczona dla poszczególnych lat objętych badaniami jest średnią wartością koncentracji radiowęglu w okresie wegetacji, dlatego też niemożliwe jest wyznaczenie sezonowych wahań koncentracji tego izotopu w atmosferycznym CO_2 .

Wyniki tej pracy zostały wyznaczone przy założeniu jednorodności występowania węgla w atmosferze, przyjmowanym w globalnych modelach obiegu węgla w przyrodzie. Jest to jedynie przybliżenie stanu faktycznego. Jednak w przypadku występowania obszarów o znacznym zaburzeniu składu izotopowego węgla w atmosferze, świadczącym o niejednorodności zawartości węgla w tym rezerwuarze, należałoby opracować model lokalnego obiegu węgla na tym terenie. Wymaga to jednak zgromadzenia większej ilości danych dotyczących lokalnego efektu Suessa.

Literatura

Awsiuk R., 1985, Lokalne zmiany koncentracji izotopu ^{14}C w atmosferycznym CO_2 . Praca doktorska.

Awsiuk R., Pazdur A., Pazdur M. F., Hałas S., 1994, Pomiary $\delta^{13}\text{C}$ na potrzeby datowania radiowęglowego. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. matematyka-Fizyka, Geochronometria* nr 10, p. 315–326.

Goslar E., Goslar T., Pazdur M. F., 1986, Datowanie metodą ^{14}C kości i muszli — problemy metodyki i interpretacji wyników. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Matematyka-Fizyka, z. 46. Geochronometria* nr 1, p.71–82.

Goslar E., Pazdur M. F., 1990, Wykorzystanie kolagenu do datowań metodą ^{14}C kości kopalnych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Matematyka-Fizyka, z. 61, Geochronometria* nr 6, p.107–118.

Goslar T., 1990, Zmiany koncentracji ^{14}C w atmosferze w X tysiącleciu BP na podstawie pomiarów aktywności o podwyższonej precyzji. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Matematyka-Fizyka, z. 61, Geochronometria* nr 6, p.69–82.

Goslar T., 1990, Pomiary naturalnych aktywności ^{14}C o podwyższonej dokładności i zmiany koncentracji ^{14}C w atmosferycznym CO_2 na przełomie X i XI tysiąclecia PB. Praca doktorska.

Goslar T., Pazdur A., Pazdur M. F., Zastawny A., Walanus A., 1990, Stanowisko licznika L2 używane w pomiarach ^{14}C o podwyższonej dokładności. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Matematyka-Fizyka, z. 61, Geochronometria* nr 6, p.83–90.

Grabczak J. i Kuc T., 1986, Datowanie ^{14}C metodą scyntylacyjną. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Matematyka-Fizyka, Geochronometria* nr 1, p.35–44.

Hrynkiewicz A., 1993, Promieniotwórczość naturalna w środowisku. Postępy fizyki, tom 44, zeszyt 5, p.439-461.

Keeling C. D., 1979, The Suess Effect: ^{13}C - ^{14}C Interrelations. Pergamon Press Ltd..

Kovalukh N. N., Skripkin V. V., Subotovich E. V., Buzynnyj M. G., Sanin E. V., 1994, Zapis emisji radiowęglu w czasie awarii reaktora jądrowego w Czernobylu w słojach rocznych przyrostów drzew, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Matematyka-Fizyka, z.70, Geochronometria nr 10, p.217-224.

Levin I., et al, 1992, ^{14}C in Atmospheric CO_2 and CH_4 . Radiocarbon After Four Decades, p.503-518.

McCartney M., et al, 1988, Carbon-14 Discharges from the Nuclear Fuel Cycle 1. Global Effects. Radioactiviti 8, p.143-155.

Nydal R., et al, 1979, A Survey of Radiocarbon Variation in Nature since the Test Ban Treaty. Radiocarbon Dating, p.313-324.

Olson I. U., 1979, The Radiocarbon Contents of Various Reservoirs. Radiocarbon Dating, p.613-618.

Pazdur M. F., 1977, Problem metodologii i opracowania statystycznego wyników pomiarów naturalnej aktywności ^{14}C . Praca doktorska.

Pazdur M. F., Pazdur A., Awsik R., Goslar T., 1986, Metody preparatyki wstępnej próbek przeznaczonych do pomiarów radiowęglu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Matematyka-Fizyka, Geochronometria nr 2, p.101-108.

Rakowski A. Z., 1994, Badanie antropogenicznych zmian koncentracji radiowęglu na terenie Górnego Śląska. Praca magisterska.

Walanus A., Bluszcz A., 1986, Rejestracja pomiaru w Laboratorium ^{14}C w Gliwicach, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Matematyka-Fizyka, Geochronometria nr 2, p.149-154.

Walton A., Baxter M. S., Callow W. J., Baker M. J., 1967, Carbon-14 concentrations in environmental materials and their temporal fluctuation. Radioactive Dating and Methods of Low-Levels Counting, IAEA, Wiena.

Abstract

Carbon is an element abundantly present in the environment. It can be found in pure form or in many components in the atmosphere, biosphere and water environment on the Earth. The concentration of carbon and its isotopic composition, are different in different environments and change in different geochemical reservoirs. These changes are natural, and have their origin in astrophysical, geophysical, biological and other systems.

The natural equilibrium of radiocarbon in the atmosphere and oceans, has been disturbed during the last century by a large injection of both stable and radioactive isotopes of carbon. There are three main processes that cause important changes of radiocarbon concentration in the contemporary environment.

The first process is associated with the systematic increase of fossil fuel combustion. The increasing amount of "dead" carbon dioxide causes a decrease of radiocarbon concentration. This effect is global, but may also be observed locally in industrial areas.

Large amounts of artificial radiocarbon in the atmosphere were produced by nuclear weapon tests. The maximum increase was noted in 1963, when the radiocarbon concentration in atmospheric carbon dioxide was more than twice as high than in the uncontaminated atmosphere. Local changes of radiocarbon level have also been noted around some nuclear installations.

Southern Poland, and particularly the highly industrialised Upper Silesia, has numerous coal mines and associated metallurgic, chemical and heavy industries. Thus it is an area of the biggest changes of radiocarbon concentration in the atmosphere.

Radiocarbon measurements in tree-rings from Upper Silesia indicate a significant decrease in ^{14}C concentration compared with "clean air".

Fig.1 shows changes of the radiocarbon concentration in Upper Silesia in atmospheric CO_2 during the period 1966–1992. The changes can be described by an exponential relation of the form:

$$\Delta^{14}\text{C} = 312 \cdot \exp(-0.059t)$$

We observed a local decrease of the atmospheric radiocarbon concentration during the growing season in our climatic area. The effect can be described by the parameter:

$$^{14}\text{S} = (-2.3 \pm 1.2)\%$$

It is impossible to estimate the total annual effect in samples of plant origin, because the amount of anthropogenic CO_2 , which is injected into the atmosphere in the autumn and winter, is not taken into account.