

Anna PAZDUR, Mieczysław F. PAZDUR

Laboratorium C-14
Politechnika Śląska, Gliwice

Helena HERCMAN

Katedra Geologii Dynamicznej
Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań

Andrzej GÓRNY, Michał OLSZEWSKI

Muzeum Geologiczne
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ NAD CHRONOLOGIĄ POWSTAWANIA NACIEKÓW W JASKINIACH WYŻYNY KRAKOWSKO-WIELUŃSKIEJ

Streszczenie. Wykonano oznaczenia wieku metodą radiowęglą 43 próbek pochodzących z 21 nacieków pobranych z szesnastu jaskiń na terenie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej. Wyniki datowań porównano z chronologią zasiedlania jaskiń na badanym terenie oraz z globalnym zapisem zmian klimatu w czasie wistulianu i holocenu.

PRELIMINARY RESULTS OF THE STUDIES ON THE CHRONOLOGY OF SPELEOTHEM DEPOSITION IN SELECTED CAVES OF THE CRACOW-WIELUŃ UPLAND

Summary. Radiocarbon age determinations have been performed on 43 samples from 21 speleothems collected in 16 caves in the Cracow-Wieluń Upland. The results of radiocarbon datings were compared with the chronology of human habitation in caves of the studied region and with the global trend of climatic changes during the wistulian and holocene.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ХРОНОЛОГИИ ПЕЩЕРНЫХ ОСАДКОВ ИЗБРАННЫХ ПЕЩЕР КРАКОВСКО-ВЕЛУНСКОЙ ВЗВЫШЕННОСТИ

Резюме. Определения возраста радиоуглеродным методом были проведены на серии 43 образцов кальцита из 21 пещерных карбонатных осадков собранных из 16 пещер Краковско-Велунской Взышенности. Результаты определений возраста сравнивают с археологической хронологией населения исследуемых пещер и показателями глобальных изменений климата во время последних 150 тыс. лет.

WSTĘP

Datowanie nacieków jaskiniowych może pomóc w korelacji fragmentarycznych zapisów geologicznych i archeologicznych w osadach lądowych z zapisami w osadach morskich będących podstawą większości wydzieleni geologicznych. Równocześnie obecność nacieków i informacje o czasie ich powstawania dostarczają wielu istotnych wiadomości dotyczących warunków klimatycznych, zmian poziomu morza, wieku stanowisk archeologicznych, wieku i tempa wynoszenia masywów górskich. Obszerne omówienie dotychczasowych wyników datowań nacieków z terenu Polski oraz różnorodnych aspektów wykorzystania tych danych przedstawiają Głazek i Hercman (1986) oraz Hercman (1991), wraz z obszerną literaturą.

Celem podjętych badań, obejmujących w pierwszym etapie datowanie metodą C-14 materiałów archiwalnych pochodzących ze zbiorów Muzeum Geologicznego Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, jest wstępne rozpoznanie okresów powstawania nacieków w rejonie Jury Krakowsko-Częstochowskiej, stwarzające podstawy do celowego i systematycznego doboru materiału naciekowego do datowań porównawczych różnymi metodami. Długofalowym celem badań jest zgromadzenie odpowiednio bogatego materiału doświadczalnego umożliwiającego rekonstrukcję zmian klimatycznych w tym rejonie w okresie ostatnich kilkuset tysięcy lat.

TEREN BADAŃ

Teren badań obejmuje obszar Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej, która jest jednym z większych i lepiej poznanych rejonów krasowych Polski. Wyżynę Krakowsko-Wieluńską stanowi pas o długości około 160 km i szerokości od 10 do 30 km, stanowiący fragment łuku metakarpackiego. Rozciąga się on od Krakowa (na południu) do Wielunia. Skały ulegające krasowieniu, zbudowane z wapieni górnójurajskich, występują na powierzchni około 2900 km². Teren wyżyny osiąga wysokość od około 165 m n.p.m. na północy do około 500 m n.p.m. w rejonie Zawiercia.

Monoklinalny układ warstw o biegu NW - SE i niewielkim upadzie ku NE poprzecinany jest szeregiem uskoków poprzecznych. Morfologicznie typowe dla tego terenu jest występowanie skałek z odpornych wapieni górnej jury, o charakterze ostańców, oddzielonych dolinami wypełnionymi osadami trzeciorzędu i pokrywami osadów plejstocенskich.

Osady czwartorzędu na terenie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej mają zmienne wykształcenie zależne od zasięgu zlodowaceń. Na południe od Częstochowy są to pokrywy piasków fluwioglacjalnych. Na północ od Częstochowy osady czwartorzędu tworzą prawie ciągłą pokrywę z dużym udziałem glin zwałowych. W okolicach Złotego Potoku i Lelowa oraz w południowo-wschodniej części wyżyny występują osady lessowe lub lessopodobne o miąższościach do kilkunastu metrów.

Hydrografia jest typowa dla regionu krasowego. Powierzchniowa sieć wodna jest uboga (poniżej 1 km/km²). Na terenie wyniesień w zasadzie nie występują ciekі powierzchniowe. Ograniczają się one do obszaru dolin i związane są z licznymi wywierzyskami. W bilansie wodnym omawianego obszaru około 85% stanowi cyrkulacja podziemna (Głazek et al, 1992).

Obecnie na tym terenie znanych jest ponad 1000 jaskiń (Szelerewicz, Górny, 1986; Wiśniewski 1981). Sumaryczna długość znanych korytarzy wynosi około 21 km. Wśród znanych jaskiń przeważają formy niewielkie. Jedynie dwie z nich znacznie przekraczają 500 metrów długości, a tylko 36 przekracza 100 metrów.

Uważa się, że procesy krasowienia przebiegały w tym rejonie w dwóch okresach (Głazek et al, 1992). Formy krasowe z okresu starszego - dolnokredowego - znane są jedynie z kamieniołomu w Juliance (na wschód od Częstochowy). Są to kieszenie i szczeliny krasowe przykryte osadami cenomanu. Młodszy okres krasowienia - kenozoiczny - rozpoczął się w górnym mastrychcie. Można w nim wyróżnić kilka faz krasowienia, przerywanych krótkookresowymi transgresjami morskimi, a w plejstocenie okresami glacialnymi.

W środkowym plejstocenie większość obecnie znanych jaskiń była już wykształcona. Zostały one nieco przemodelowane w górnym plejstocenie i holocenie.

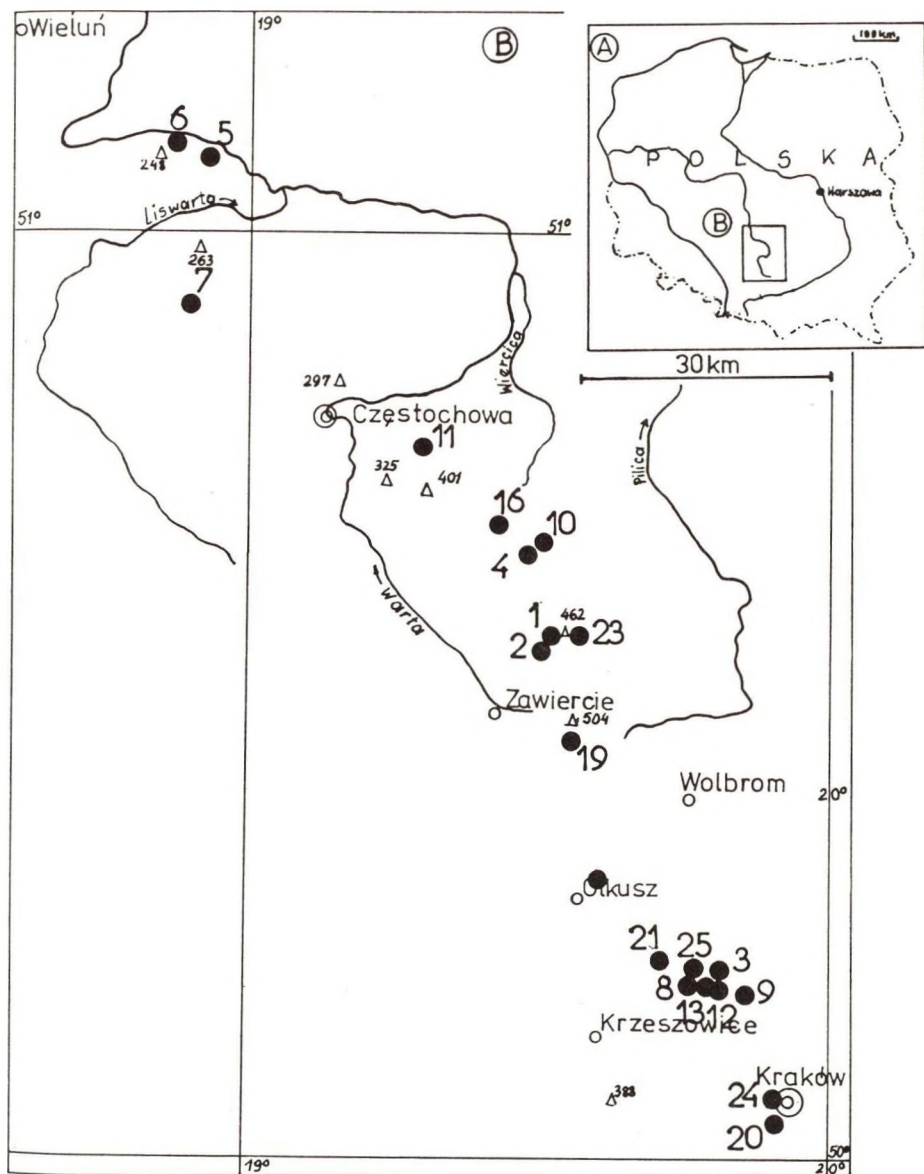
METODA BADAŃ

W pierwszym etapie badań wykonano szereg analiz metodą radiowęglową archiwalnego materiału naciekowego pochodzącego ze zbiorów Muzeum Geologicznego AGH. Materiał wybierany był przez pracowników muzeum M. Olszewskiego i A. Górnego. Rozpoczęto również prace terenowe w rejonie Jaskini Dziewiczej, obejmujące pomiary naturalnego tła promieniowania gamma w jaskini, niezbędne dla podjęcia datowań metodami termoluminescencji (TL) oraz elektronowego rezonansu paramagnetycznego (ESR).

Metodyka postępowania z materiałem naciekowym opisana została w pracy Hercman (1991). W badaniach wykorzystano 21 próbek nacieków, pochodzących z 16 jaskiń. Lokalizacja jaskiń przedstawiona jest na rysunku 1. Próbkę o złożonej budowie wewnętrznej rozdzielane były na części według czytelnych powierzchni erozyjnych lub innych wyraźnych stref uwidocznionych na przekroju poprzecznym próbki. Ogółem wykonano 43 oznaczenia wieku metodą radiowęglową. Pomiary aktywności C-14 wykonywane były licznikami proporcjonalnymi wypełnionymi czystym dwutlenkiem węgla uzyskanym z rozkładu badanych próbek kalcytu naciekowego. Do rozkładu stosowano 8% roztwór kwasu solnego. Próbkę w postaci dwutlenku węgla były oczyszczane w standardowy sposób (Pazdur et al, 1986), a następnie przechowywane w szklanych rezerwuarach przez okres co najmniej trzech tygodni w celu wyeliminowania potencjalnych błędów związanych z obecnością radonu. Bezpośrednio przed pomiarem aktywności C-14 niewielkie ilości dwutlenku węgla pobierano do szklanych ampułek w celu wykonania oznaczeń współczynnika $\delta^{13}\text{C}$ (zob. Awiuk et al, 1992).

WYNIKI BADAŃ

Wyniki oznaczeń wieku zestawione są w tabeli 1 w postaci konwencjonalnych dat radiowęglowych, bez uwzględnienia efektu rezerwuarowego, którego wartość może być oceniana jako równa w przybliżeniu 1300 lat (por. Geyh, 1970; Labeyrie et al, 1967; Srdoc et al, 1977; 1983). Frakcjonowanie izotopowe występujące w procesie krystalizacji nacieków uwzględniono przez wprowadzenie



Rys. 1. Schematyczna mapa Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej z zaznaczonym położeniem badanych jaskiń

Fig. 1. Schematic map of the Cracow-Wieluń Upland with indicated locations of studied caves

Tabela 1

Wyniki datowania nacieków z jaskiń Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej

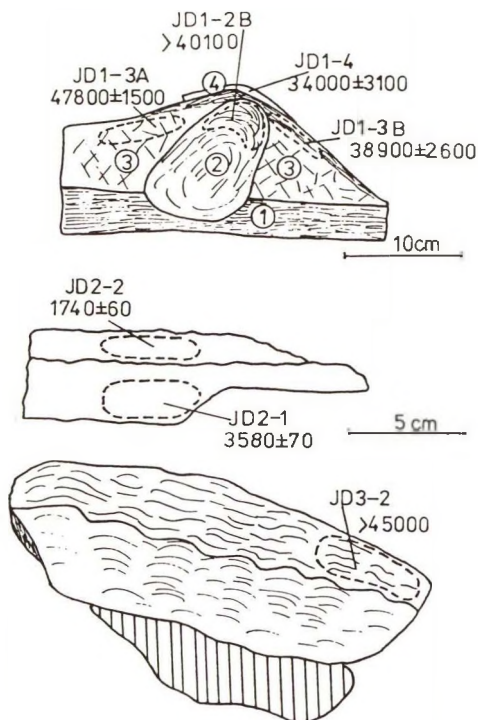
Jaskinia	Próbka	Nr laboratoryjny	Wiek C-14
Dziewicza	JD1-4	Gd- 4696	34500±3100
	JD1-3B	Gd- 5876	38900±2600
	JD1-3A	Gd- 3517	47800±1500
	JD1-2B	Gd- 6392	>40100
	JD2-	Gd- 5912	1740± 60
	JD2-	Gd- 5910	3980± 70
	JD3-2	Gd- 7006	>45000
Ciemna	JC1-3	Gd- 5874	1750± 80
	JC1-2B	Gd- 5875	3870± 90
	JC1-1	Gd- 5873	9020± 120
W Kroczykach	JK1-S	Gd- 5877	2360± 80
	JK1-W	Gd- 6393	2450± 120
Bez Nazwy	JBN1-3B	Gd- 3524	30400±1900
	JBN1-3A	Gd- 3525	44500±2200
W Studni	JWS1-2	Gd- 5929	>39200
	JWS1-1C	Gd- 5928	>45300
Nad Źródłem	JNZ1-2	Gd- 5911	>40200
Towarna	JT1-3	Gd- 5926	1020± 50
	JT1-2	Gd- 5921	1040± 50
	JT1-1	Gd- 5920	2470± 50
Wierzchowska Górna	JWG1-3	Gd- 3522	41300±2500
	JWG1-2	Gd- 5913	>44000
	JWG2-4	Gd- 6435	13700± 200
	JWG2-3B	Gd- 5908	38700±2200
	JWG2-3A	Gd- 5909	38700±2100
Wierna	JW11-3	Gd- 6558	2520± 110
	JW11-2	Gd- 6555	4370± 110
	JW11-1	Gd- 7007	6900± 70
Pod Szczytem	JPS1-3	Gd- 6557	>41000
	JPS1-2	Gd- 7013	>45000
Szpaciarńia	JSz1-4	Gd- 7010	>44000
	JSz1-3	Gd- 7009	39500±3000
	JSz2-1	Gd- 7011	>45000
Straszykowa	JS1-2	Gd- 7022	4120± 60
	JS1-1B	Gd- 6579	6320± 130
	JS1-1A	Gd- 6578	9020± 140
	JS2-2	Gd- 7023	42500±1600
	JS2-1A	Gd- 7025	>45000
Twardowskiego	JTw1-2	Gd- 7028	5500± 70
	JTw1-1	Gd- 7029	6480± 70
Zamkowa	JZ1	Gd- 6571	37800±1500
Szeroki Awen	JSA1	Gd- 7026	6040± 90
Schron nad	JSM1	Gd- 7027	1550± 70
Młynami			

odpowiednich korekt, zgodnie z zaleceniami czasopisma "Radiocarbon" (Stuiver, Polach, 1977), wykorzystując zmierzone wartości współczynnika $\delta^{13}\text{C}$. W przypadku części próbek wartości $\delta^{13}\text{C}$ nie były mierzone i do uwzględnienia frakcjonowania izotopowego użyto wartości wyznaczonych najczęściej jako średnie z wartości zmierzonych dla innych warstw datowanego nacieku lub innych próbek z tej samej jaskini. Pomiar współczynnika $\delta^{13}\text{C}$ wykonano w Pracowni Spektrometrii Masowej Instytutu Fizyki UMCS w Lublinie.

W przypadku 11 pomiarów możliwe było jedynie określenie granicznych wartości wieku radiowęglowego przy zastosowaniu kryterium „dwa sigma” (Stuiver, Polach, 1977). Daty uzyskane na dwóch częściach próbki JSz1 z Jaskini Szpaciarni wykazują inwersję wieku, polegającą na tym, że z warstwy wewnętrznej uzyskano wiek skończony ($39,500 \pm 3000$ BP), zaś w warstwie zewnętrznej nie stwierdzono (w granicach dostępnej dokładności laboratoryjnej pomiarów) obecności izotopu C-14, co w konsekwencji oznacza określenie jej wieku w formie wartości granicznej, jako większego od 44,000 lat BP. Przyczyny tego zjawiska mogą być ukryte zarówno po stronie laboratoryjnej (np. nieznaczne skażenie próbki w trakcie jej obróbki, niezauważone niestabilności aparaturowe w trakcie pomiaru radioaktywności lub też błąd w kalibracji stanowiska pomiarowego), jak też mogą być związane z podepozycyjnymi procesami geochemicznymi. Stwierdzona inwersja dat jest nieznaczna i w istocie nie wpływa na interpretację wyniku datowania próbki JSz1.

Jedną z badanych jaskiń jest Jaskinia Dziewicza, z której pochodzą trzy próbki, o przekrojach przedstawionych na rys. 2. Próbki te zostały podzielone na warstwy, wydzielone na podstawie wyraźnie widocznych powierzchni oddzielności ze śladami erozji. Wykonano 7 analiz materiału z tej jaskini. Z Jaskini Wierchowskiej Górnej wykorzystano do oznaczeń wieku dwie próbki, przedstawione na rys. 3, z których wykonano 5 analiz.

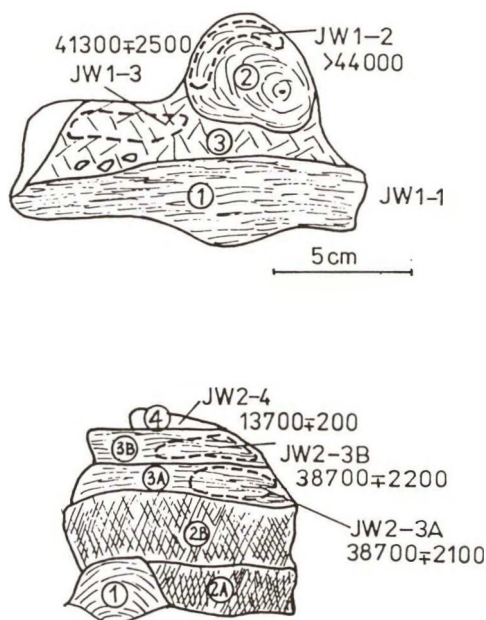
Porównanie próbek JD1 z Jaskini Dziewiczej i JWG1 z Jaskini Wierchowskiej Górnej uwiadcza analogiczne wykształcenie obu nacieków. Świadczy ono, że po okresie spokojnej depozycji zbitej polewy o warstewkach przyrostowych 1-3 mm



Rys. 2. Próbkę z Jaskini Dziewiczej. Schemat podziału na datowane warstwy
1 - fragment skały podłoża

Fig. 2. Cross-sections of speleothems from Dziewicza Cave with indicated samples used for dating 1 - bedrock

(warstwa 1 w obu próbkach) nastąpiło niszczenie nacieków (granica erozyjna 1/2). Warstwa 2, w której występują fragmenty połamanych nacieków, pozwala przypuszczać, że równocześnie wystąpiło niszczenie starszych nacieków. Ponowna depozycja kalcytu, zapisana w postaci 3, musiała zachodzić w innych warunkach, gdyż powstawał drobnokrystaliczny, jasny kalcyt, miejscami porowaty. W tym momencie zapis w próbce z Jaskini Wierzchowskiej Górnej kończy się. W próbce z Jaskini Dziewiczej w górnej partii tej warstwy zaznacza się ponowne warstwowanie kalcytu - warunki depozycji ponownie ulegają zmianie. Wyżej po okresie przerwy w depozycji lub niszczenia nacieków, udokumentowanym granicą 3/4, osadziła się jeszcze cienka,



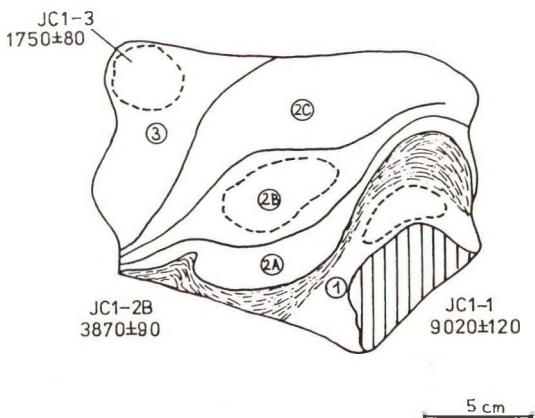
Rys. 3. Próbkę z Jaskini Wierchowskiej Górnej. Schemat podziału na datowane warstwy

Fig. 3. Cross-sections of speleothems from Wierchowska Górna Cave with indicated samples used for dating

kilkumilimetrowa warstewka nacieku (warstwa 4). Powierzchnie obu próbek noszą ślady niszczenia. Podobne wykształcenie morfologiczne obu próbek poparte jest wynikami analiz radiowęglowych. Wyniki analiz próbek zniszczonych nacieków (warstwa 2) umożliwiły jedynie stwierdzenie, że są one starsze niż około 40-45 tysięcy lat. Po okresie niszczenia tych nacieków, w okresie około 50-35 tysięcy lat temu trwała depozycja nacieków (warstwa 3). Warunki w tym czasie musiały się zmieniać, co widoczne jest w próbce z Jaskini Dziewiczej. Kolejny, znaczący okres niszczenia nacieków odpowiedzialny jest za ślady zniszczenia powierzchni obu próbek. Podobnie w drugiej próbce z Jaskini Wierchowskiej Górnej (próbka JW2) widoczna jest

warstwa kalcytu o wieku około 40 tysięcy lat. Po okresie silnego niszczenia nacieków (wrażne ślady erozji na granicy między warstwami 3 i 4) ponowna depozycja zachodziła około 13 tysięcy lat temu (por. rys. 3).

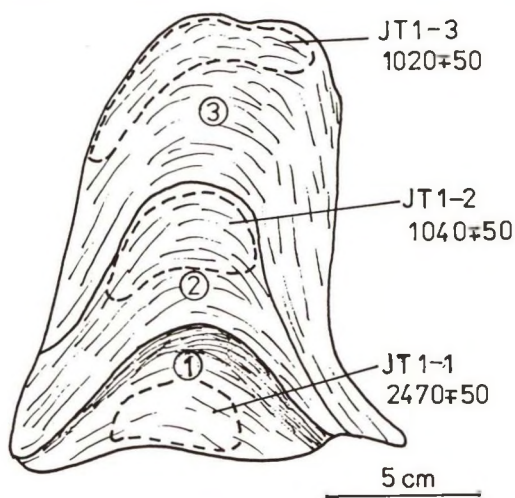
W kilku próbkach występowały wyraźne warstewki sadzy związanej z obecnością i działalnością człowieka w tym rejonie. W próbce z Jaskini Ciemnej, przedstawionej na rys. 4, sadza pojawia się w górnej części warstwy 1. Próbka poniżej wystąpienia sadzy dała wiek radiowęglowy około 9 tysięcy lat. W warstwie 3, datowanej na około 2 tysiące lat BP, ilość sadzy jest niewielka.



Rys. 4. Próbka z Jaskini Ciemnej. Schemat podziału na datowane warstwy 1 - fragment skały podłoża

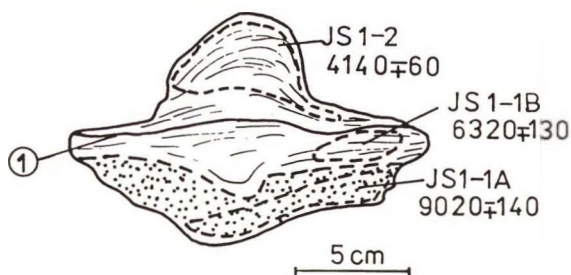
Fig. 4. Cross-section of speleothem from Ciemna Cave with indicated samples used for dating. 1 - bedrock

Maksymalna ilość sadzy występuje pomiędzy 9 a 4 tysiącami lat temu. W próbce z Jaskini Towarnej (rys. 5) maksimum sadzy występuje w warstwie o wieku radiowęglowym około 2,5 tysiąca lat. Wyrażna warstewka sadzy występuje w próbce z Jaskini Straszycowej (rys. 6). Krystalizacja rozpoczyna się około 9 tysięcy lat temu, a warstewka sadzy występuje na odcinku nacieku utworzonym od około 6 do 4 tysięcy lat BP. Dane te świadczą, że wiele jaskiń na terenie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej w okresie mezolitu i neolitu stanowiło siedziby człowieka.



Rys. 5. Próbkę z Jaskini Towarnej. Schemat podziału na datowane warstwy

Fig. 5. Cross-section of speleothem from Towarna Cave with indicated samples used for dating



Rys. 6. Próbkę z Jaskini Straszynowej. Schemat podziału na datowane warstwy
1 - warstewka sadzy

Fig. 6. Cross-section of speleothem from Straszynowa Cave with indicated samples used for dating. 1 - layer of soot

Ślady sadzy występują też w starszych próbkach. W próbce (JW2) z Jaskini Wierchowskiej Górnej (rys. 3) sadza obecna jest w obrębie warstwy 3 o wieku około 38 tysięcy lat oraz na powierzchni między warstwami 2 i 3 oraz 2A i 2B. Sadza występuje także na powierzchni nacieku o wieku około 13 tysięcy lat. Wydaje się, że co najmniej wystąpienia sadzy w warstwie 3 można wiązać z okresem kultury jermanowskiej (rys. 7), której ślady były znalezione w pobliskiej Jaskini Mamutowej (Madeyska, 1982).

DYSKUSJA

Całość otrzymanych wyników, zestawiona w tabeli 1, w połączeniu z wynikami wcześniej datowanych osiemnastu nacieków metodą U-Th oraz datowaniami radiowęglowymi materiałów archeologicznych, zestawionymi w tabeli 2, pozwala na wyciągnięcie pewnych ogólnych wniosków. Wiele prac dowiodło, że osadzanie nacieków w głębi jaskiń współczesnej strefy klimatu umiarkowanego było w plejstocenie przerywane, a przynajmniej silnie zredukowane, w okresach glacialnych. Można to tłumaczyć niską aktywnością biologiczną i małą produkcją CO_2 w glebie w czasie występowania wiecznej zmarzliny i klimatu peryglacialnego (por. Głazek, Hercman, 1986; Hercman, 1991). Analiza dotychczasowych wyników datowania nacieków jaskiniowych umożliwiła określenie czasu trwania okresów o klimacie interglacialnym lub interstadialnym, bardziej sprzyjających powstawaniu nacieków (Thompson, Schwarcz, 1973; Gascoyne et al, 1983; Hennig et al, 1983; Głazek, 1984, 1986; Hercman et al, 1987; Hercman, 1991).

Uzyskane wyniki datowania nacieków z jaskiń jurajskich ogólnie zgodne są z globalną krzywą rozkładu wyników datowania nacieków i innymi danymi paleoklimatycznymi (rys. 8). Wyraźna jest faza krystalizacji nacieków około 100-120 tysięcy lat temu odpowiadająca stadium tlenowemu 5 (interglacjał eemski) i globalnej fazie krystalizacji nacieków wydzielonej w tym okresie. Faza ta reprezentowana jest przez 11 próbek z szeregu jaskiń. Powstawały wtedy masywne, grube polewy naciekowe.

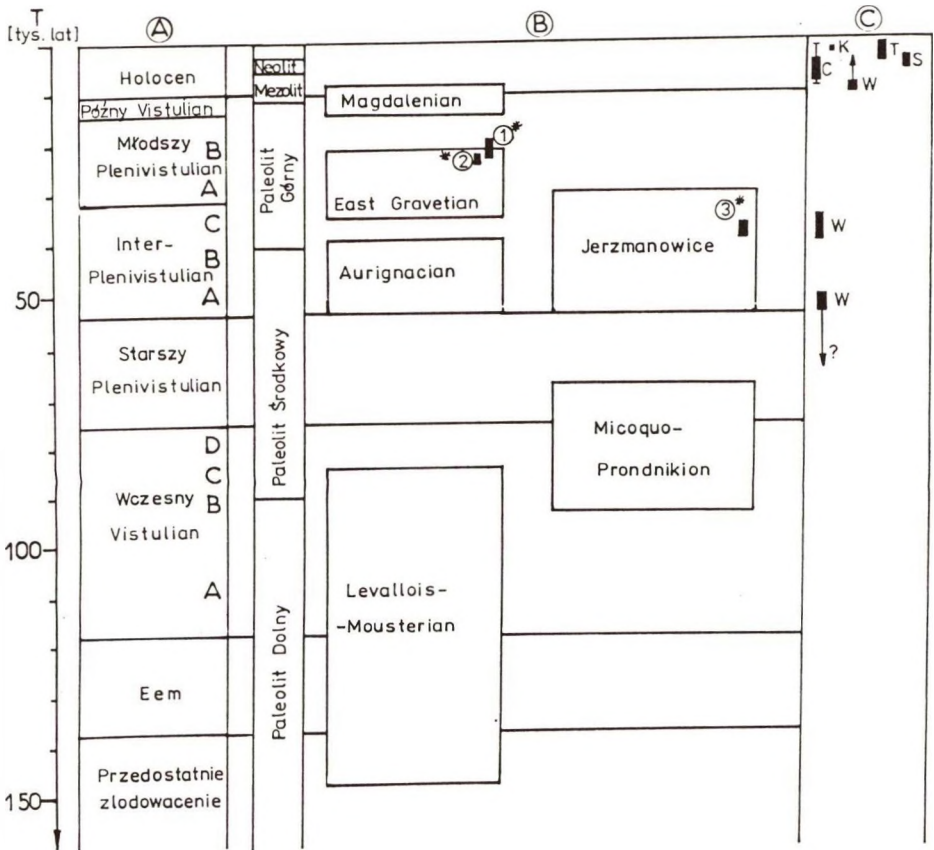
Kolejna, wyraźna faza depozycji nacieków występuje około 30-45 tysięcy lat temu. Reprezentowana jest ona przez 11 próbek i odpowiada stadium tlenowemu 3. Krystalizacja nacieków około 60 tysięcy lat temu w Zalesiakach świadczy o tym, że okres odpowiadający stadium tlenowym 4-3 charakteryzował się zmiennymi warunkami.

Około 30 tysięcy lat temu krystalizacja nacieków zamiera. Ponownie pojawia się około 13 tysięcy lat temu i w szybkim czasie obejmuje liczne jaskinie. Okres braku krystalizacji nacieków między 30 a 13 tysiącami lat temu,

Tabela 2

Wyniki datowania nacieków jaskiniowych
z jaskiń jurajskich
(dane z literatury)

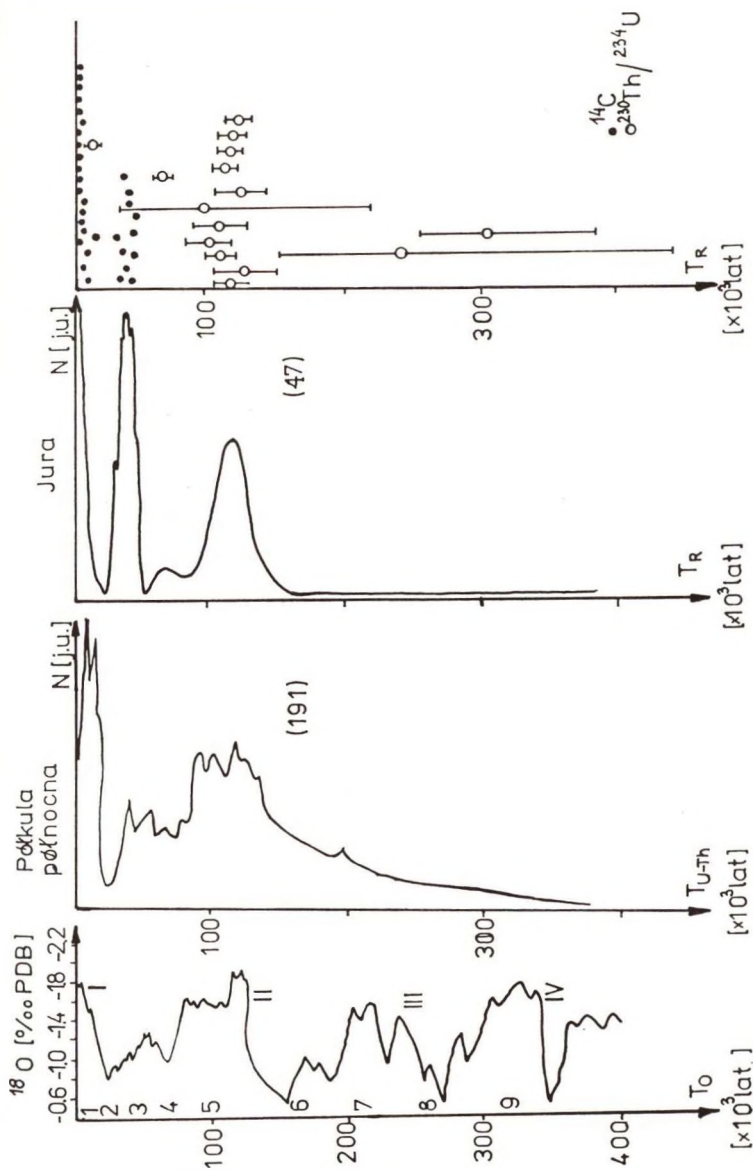
Jaskinia	Metoda	Wiek [tys. lat]
Głęboka	U-Th	131± ³² *
		²⁵ / ₁₅ *
	U-Th	102± ¹³ / ₂₅ *
	U-TH	110± ²¹ / ₂₃ *
	U-Th	97± ⁶⁰ / ₁₆ *
Żabia	U-Th	123± ¹⁴
	U-Th	246± ³⁵⁵ / ₈₂ *
	U-Th	459± ²⁶² / ₇₁ *
Wierzchowska Górna	U-Th	220± ¹² / ₁₆ *
	U-Th	121± ¹¹ / ₁₆ *
	U-Th	111± ¹⁴ / ₉ **
	U-Th	120± ⁹ / ₉ **
	U-Th	124± ⁹ / ₉ **
Piętrowa Szczekina	U-Th	>300 [*]
	U-Th	300± ⁸⁰ / ₄₀ **
Zalesiaki	U-Th	12± ⁴ / ₈ **
	U-Th	69± ⁸ / ₈ **
	U-Th	>350 ^{**}
	U-Th	>350 ^{**}
Mała	U-Th	112± ⁸ / ₈ **
Mokra	U-Th	117± ⁹ / ₉ **
Spadzista	C-14	20.6±1.1 ^{****}
	C-14	23.0±0.2 ^{****}
Nietoperzowa	C-14	38.2±1.3 ^{****}



- * wg Madeyska 1982
 ① 20600 ± 1050 (Ly 631)
 ② 23040 ± 170 (Grn 6636)
 ③ 38160 ± 1250 (Grn 2181)

- Ⓐ jednostki klimatostratigraficzne
 Ⓑ wydzielenia archeologiczne
 Ⓒ obecność sadzy w naciekach

Rys. 7. Korelacja okresów zasiedlania badanych jaskiń z wydzieleniami archeologicznymi (wg. Madeyska, 1982, uzupełnione)
 Fig. 7. Correlation of periods of human habitation of investigated caves with archaeological stratigraphy (after Madeyska, 1982, modified)



Rys. 8. Korelacja okresów wzrostu nacieków w jaskiniach Wżyny Krakowsko-Wieluńskiej z globalnymi okresami krystalizacji nacieków i danymi paleoklimatycznymi (Broecker, Van Donk, 1970; Emiliani, 1966; Shackleton, Opdyke, 1973)

Fig. 8. Correlation of the distinguished periods of speleothem growth in caves of the Cracow-Wieluń Upland with global periods of speleothem growth and other palaeoclimatic data (after Broecker, Van Donk, 1970; Emiliani, 1966; Shackleton, Opdyke, 1973)

odpowiadający stadium tlenowemu 2, związany był z okresem ostatniego zlodowacenia.

Otrzymany zapis świadczy o dwudzielności ostatniego zlodowacenia (vistulianu) z ciepłym interstadiąem około 45-30 tysięcy lat temu. Podobny zapis widoczny jest w profilu osadów z Jaskini Małej (Głazek et al, 1980). Ponad datowanymi, połamany naciekami eemskimi występują dwie warstwy osadów lessowatych, rozdzielone interstadiąną glebą kopalną. Powyżej występuje gleba holoceniąska. W obrębie gleby kopalnej widoczne są ślady nory, w której wypełnisku został znaleziony szkielet borsuka.

W świetle wyników datowania czas trwania starszego epizodu zimnego może być oceniany na około 50 tys. lat, od około 100 do około 50 tysięcy lat temu, przy czym wydaje się prawdopodobne, że wystąpiła pewna poprawa warunków klimatycznych około 60 tysięcy lat temu. Ostatnie zlodowacenie zapisało się brakiem nacieków w przedziale czasu od około 30 do około 13 tysięcy lat temu. Jeśli przyjmiemy, że w Jaskini Dziewiczej i Wierzchowskiej (próbki JD1 i JWG1) niszczone były nacieki eemskie, o czym świadczyć może podobne wykształcenie, proces ten mógłby odpowiadać warunkom peryglacialnym starszej fazy chłodnej, której wiek może być określony jako starszy niż 45 tysięcy lat.

Datowanie nacieków z wyraźnymi przewrstwieniami sadzy pozwoliło na określenie czasu zasiedlenia tych jaskiń przez człowieka (rys. 7). Stosunkowo liczne są jaskinie zasiedlone w okresie mezolitu i neolitu. W najmłodszych warstwach nacieków ilość sadzy maleje, a nawet zupełnie zanika. Jaskinia Wierzchowska Górna była zasiedlona około 40 tysięcy lat temu. Ślady działalności człowieka w tej jaskini występują także w starszych warstwach nacieku.

Analiza wyników datowania nacieków i położenia jaskiń nie wykazuje jakichkolwiek związków wysokości położenia jaskini z wiekiem nacieków. Zbyt mała jest różnica wysokości między szczytami skałek a dnem dolin. Większość form jaskiniowych jest formami starymi, w wielu formach występują stanowiska

fauny plioceńskiej (Sulimski et al, 1979; Głazek 1986), o skomplikowanej historii. Dlatego połączenie badań biostratygraficznych i archeologicznych osadów wypełniających jaskinie z datowaniem tych osadów może uściślić znacznie chronologię wydarzeń zarówno geologicznych, jak i archeologicznych.

Opracowanie niniejsze wykonano w ramach prac objętych programem badawczym PB 740/6/91 finansowany przez Komitet Badań Naukowych.

LITERATURA

- Broecker W. S., Van Donk J., 1970, Insolation changes, ice volumes and the ^{18}O record in deep-sea cores; *Rev. Geophys. Space Phys.*, t. 8, s. 169-198.
- Duliński M., 1988, Skład izotopowy tlenu i wodoru w naciekach jaskiniowych datowanych metodą $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ jako obraz zmian paleoklimatycznych na obszarach kontynentalnych; AGH Kraków, rozprawa doktorska, maszynopis.
- Duliński M., Kuliś J., 1990, Najnowsze wyniki datowań $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ oraz analiz koncentracji izotopów stabilnych w naciekach kalcytowych z jaskiń południowo-centralnej Polski. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Matematyka-Fizyka, Geochronometria nr 6*, s. 265-276.
- Emiliani C., 1966, Paleotemperature analysis of the Carribean cores P6304-8 and P6304-9 and a generalized temperature curves for the past 425 000 years; *J. Geol.*, t. 74, s. 109-124.
- Geyh M. A., 1972, On the determination of the initial ^{14}C content in ground water; [w:] *Proc. 8th Intern. Conf. on Radiocarbon Dating*, Wellington, New Zeland, t. 1, s. D59-D69.
- Głazek J., 1984, Pierwsze datowania izotopowe nacieków z jaskiń tatrzańskich i ich konsekwencje dla stratygrafii plejstocenu Tatr; *Przegląd Geologiczny nr 1*, s. 39-43.
- Głazek J., 1986, Wyniki datowań nacieków jaskiniowych z terenu Polski metodą $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$; *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Matematyka -Fizyka, Geochronometria nr 6*, s. 265-276.
- Głazek J., Harmon R.S., 1981, Radiometric dating of Polish caves speleothems: current results; *Proc. 8th Inter. Congr. Spel.*, Bowling Green, t. 2, s. 424-427.
- Głazek J., Hercman H., 1986, Metoda $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ datowania osadów węglanowych i jej rola w geologii czwartorzędu; *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Matematyka-Fizyka, Geochronometria nr 6*, s. 276-285.
- Głazek J., Pacholewski A., Rożkowski A., 1992, Karst aquifer of the Cracow-Wieluń Upland, Poland; [w:] Back W., Herman J. S., Paloc H. (red.), *Hydrogeology of selected karst regions*, s. 289-306.
- Gascoyne M., Schwarcz H. P., Ford D. C., 1983, Uranium-series ages of speleothems from Northwest England: correlation with Quaternary climate; *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, t. B301, s. 143-164.

- Harmon R. S., 1980, Paleoclimatic informations from isotopic studies of speleothems: a review; [w:] Mahaney W. C. (Ed.), Quaternary paleoclimate, s. 299-318.
- Hennig G. J., Baungart U., Herr W., Freundlich J., 1980, Uranium- series dating of calcite formations in caves: recent results and a comparative study on age determinations via $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$, C-14, TL and ESR; Bull. de Liaison du gr. des Meth. Phys. et Chem. de L'arch., t. 4, s. 91-99.
- Hercman H., Pazdur M. F., Wysoczański-Minkowicz T., 1987, Reconstruction of climatic changes in the Tatra Mts. based on datings of deposits from selected caves; Studia. geom. Carp. Balcanica, t. 21, s. 59-75.
- Hercman H., 1991, Rekonstrukcja elementów środowiska geologicznego Tatr Zachodnich na podstawie datowania izotopowego nacieków jaskiniowych; Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Matematyka-Fizyka, Geochronometria nr 8, s. 1-139.
- Labeyrie J., Duplessy J. C., Delibrias G., Letolle R., 1967, Etude des temperatures des climats anciens par la mesure de l'oxygene-18, du carbone-13 et du carbone-14 dans les concrections des cavernes; [w:] Radioactive dating and methods of low-level counting, IAEA, Vienna, s. 149-159.
- Madeyska T., 1982, The stratigraphy of Palaeolithic sites of the Cracow Upland; Acta geol. Pol., t. 32, s. 227-242.
- Shackleton N. J., Opdyke N. D., 1973, Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific cores V28-238: oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10^5 year - 10^6 year scale; Quat. Res., t. 3, s. 39-55.
- Srdoc D., Horvatincic N., Obelic B., 1983, Radiocarbon dating of tufa in paleoclimatic studies; Radiocarbon, t. 25, s. 421-427.
- Srdoc D., Slipevcic A., Obelic B., Horvatincic N., 1977, Rudjer Boskovic Institute radiocarbon measurements IV; Radiocarbon, t. 19, s. 465-475.
- Stuiver M., Polach, 1977, Reporting of ^{14}C data; Radiocarbon, t. 19, s. 355-363.
- Szelerewicz M., Górny A., 1986, Jaskinie Wyżyny Krakowsko - Wieluńskiej; Wyd. PTTK Kraj.
- Wiśniewski W. W., 1989, Polskie jaskinie w liczbach, Eksplorancik, nr 1-3, s. 9-12.

Wpłynęło do Redakcji: 15 maja 1992

Recenzent: Doc. dr hab. Teresa Madeyska

Abstract

The Cracow-Wieluń Upland belongs to the greatest karst regions in Europe. On the area of ca 2900 km^2 more than 1000 caves have been discovered and many of them were explored in details. Most caves are relatively small,

however, in many caves traces of human habitation were found. The purpose of this study is to investigate the chronology of speleothem formation basing on radiocarbon dating of samples collected by the Geological Museum of the Academy of Mining and Metallurgy in Cracow. Radiocarbon age determinations have been performed on 43 samples from 21 speleothems collected in 16 caves in the Cracow-Wieluń Upland. Samples for dating were selected taking into account distinct lithological features of individual speleothems. The results of radiocarbon datings reveal reasonably good correspondence with the global trend of climatic changes during the vistulian and holocene. The period of the intensive speleothem formation during the eemian interglacial was proved independently by series of uranium/thorium datings. The next period of speleothem formation occurring between 45 and 30 ka BP is documented by series of 11 samples. There is a break in speleothem deposition between ca 30 and 15 ka BP. The oldest speleothem sample deposited after the last glacial maximum was dated to ca 13 ka BP. At the end of the Late Glacial period the deposition of speleothems occurs in many caves and lasts till the present. In several caves were found speleothems with traces of carbonaceous dust incorporated within the speleothems, indicating human habitation. The oldest traces of human habitation were found in the Wierzchowska Górna Cave.