

ZMIENNOŚĆ SKŁADU IZOTOPOWEGO WĘGLA ROZPUSZCZONEGO W WODACH WĘGLANOWYCH WYŻYNY LUBELSKIEJ

UKD 556.314:546.26.02:552.54(438.14)

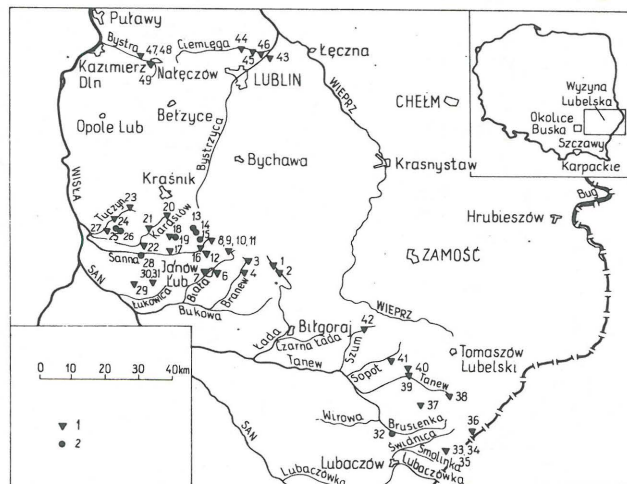
Wyżyna Lubelska leży w SE części Polski, sąsiaduje od N z rozległymi równinami Niżu Polskiego, natomiast od S obniża się w kierunku Zapadliska Przedkarpackiego ku Kotlinie Sandomierskiej. Zbudowana jest z wapieni różnego wieku lub utworów węglanowych (takich jak np. opoki, opoki margliste, margle), stanowiących skałę wodonośną wód gruntowych. Badania tych wód prowadzone przez T. Wilgata (27, 28) i B. Jańca (11, 12) wykazały, że Wyżyna Lubelska jest jednym z najzasobniejszych w wodę obszarów w Polsce. Występujące tu wody gruntowe zawierają duże ilości związków węgla (H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-}).

Przeprowadzone w latach 1977–1983 badania składu izotopowego tego węgla dostarczyły wiele ciekawego materiału badawczego. Niektóre wyniki były już prezentowane we wcześniejszych pracach. Przegląd tych prac i zaprezentowanie prawie wszystkich wyników oznaczeń izotopowych węgla rozpuszczonego w wodach węglanowych jest głównym celem niniejszego opracowania. Wodę pobierano z 46 źródeł i studni z całego obszaru Wyżyny Lubelskiej, a uzyskane wyniki pozwoliły określić granice, w jakich zawiera się skład izotopowy węgla występującego w tych wodach.

ANALIZA IZOTOPOWA

Próbki węgla pobierano w litrowe butle napelnione 75 ml nasyconego roztworu $BaCl_2-NH_4OH$. Wytrącony wskutek reakcji odczynnika ze związkami węgla osad $BaCO_3$ był w pracowni przemywany i suszony. Następnie traktowano go 100% kwasem ortofosforowym w naczyniach szklanych, z których wypompowano powietrze.

Reakcja zachodziła w temperaturze $25^\circ C$ (15). Wydzielony tą metodą dwutlenek węgla poddawano analizie izotopowej stosując zmodyfikowany spektrometr mas MI-1305 z udoskonalonym układem dozowania próbki (5) i z automatyczną rejestracją wyników (6, 7). Na spektrometrze mas mierzono wartości $\delta^{13}C$, które są zdefiniowane wzorem:



Ryc. 1. Rozmieszczenie badanych wód

1 – rozmieszczenie źródeł, 2 – studni

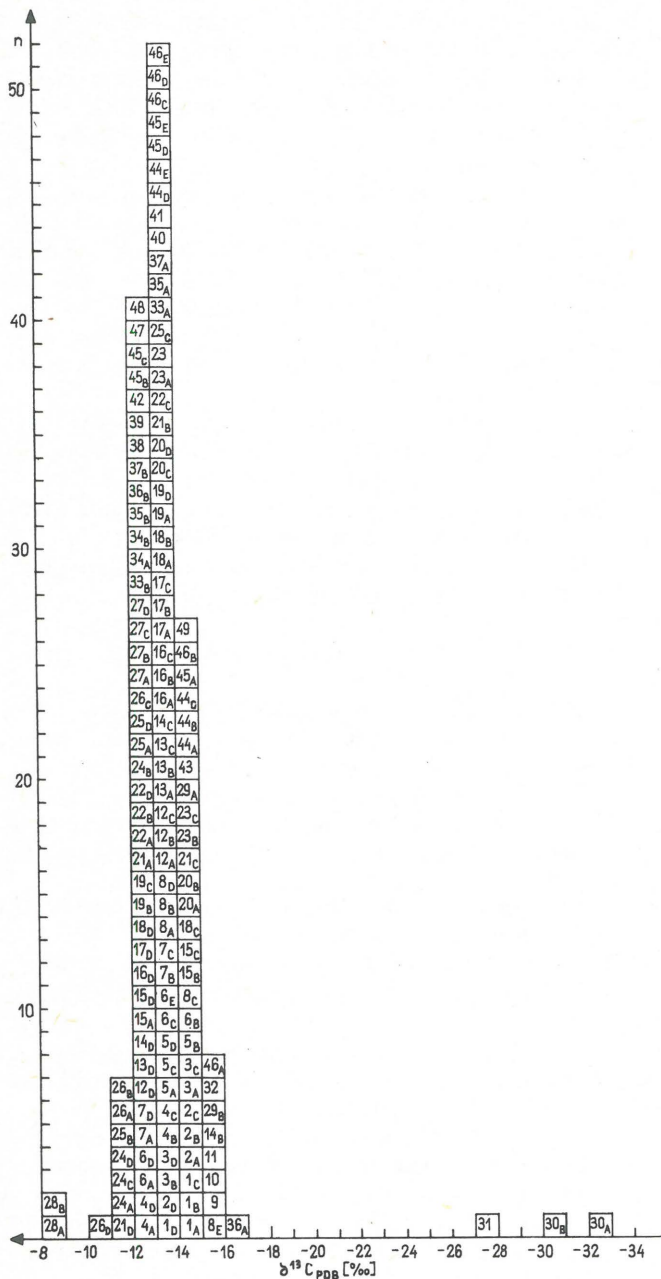
Fig. 1. Distribution of the studied waters

1 – distribution of springs, 2 – distribution of wells

WYNIKI OZNACZEŃ $\delta^{13}\text{C}$ WĘGLANOWYCH WÓD GRUNTOWYCH WYŻYNY LUBELSKIEJ
WYKONANYCH W PRACOWNI SPEKTROMETRII MAS INSTYTUTU FIZYKI UMCS
W LATACH 1977 – 1983

Nr źr.	Miejscowość	Zlewnia	A		B		C		D		E	
			data	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	data	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	data	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	data	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	data	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Goraj	Biała Łada	26.01.77	-14,34	2.03.77	-14,07	1.04.77	-14,12	5.05.77	-13,67		
2	Abramów	Biała Łada	„	-14,47	„	-14,44	„	-14,92	„	-13,60		
3	Branew	Branew	„	-14,32	16.03.77	-13,56	„	-14,10	„	-13,30		
4	Krzemień	Branew	„	-12,68	2.03.77	-13,11	„	-13,37	„	-12,06		
5	Godziszów	Biała	„	-13,90	„	-14,25	„	-13,94	„	-13,25		
6	Janów Lub.	Biała	„	-12,96	„	-14,10	„	-13,57	„	-12,59	12.04.78	-13,46
7	Borownica	Borownica	„	-12,74	„	-13,53	„	-13,20	„	-12,09		
8	Wiechowis- ka I	Sanna									12.10.82	-15,18
9	Wierzchowis- ka II	Sanna	„	-13,14	„	-13,98	„	-14,08	„	-13,42	„	-15,76
10	Wierzchowis- ka III	Sanna									„	-15,64
11	Wierzchowis- ka IV	Sanna									„	-15,11
12	Lute	Lutyńka	31.01.77	-13,45	„	-13,27	„	-13,86	„	-12,70		
13	Kol. Polichna											
14	Górna	Lutyńka	26.01.77	-13,26	„	-13,97	„	-13,62	„	-12,89		
15	H. Józefów	Stanianka	„	-12,75	„	-15,15	„	-13,44	„	-12,75		
16	Zarajec	Lutyńka	„	-13,22	„	-13,12	„	-13,60	„	-12,42		
17	Dąbie	Lutyńka	„	-13,37	„	-13,26	„	-13,50	„	-12,43		
18	Potoczek	Stanianka	„	-13,71	„	-13,34	„	-14,18	„	-12,62		
19	Potok Stany	Stanianka	„	-13,45	„	-12,32	„	-12,88	„	-13,44		
20	Kol. Stany	Stanianka										
21	Rzeczycza											
22	Księża	Karasiówka	„	-14,51	„	-14,16	„	-13,30	„	-13,44		
23	Łychów	Karasiówka	„	-12,86	„	-13,26	„	-14,07	„	-11,84		
24	Zdziechowice	Karasiówka	31.01.77	-12,33	„	-12,91	„	-13,78	„	-12,58		
25	Oblęcin	Tuczyn	„	-13,57	„	-14,03	„	-14,41	„	-13,08		
26	Gościeradów	Tuczyn	„	-11,16	„	-12,03	„	-11,94	„	-11,44		
27	Salomin											
28	Długosz	Tuczyn	„	-12,05	„	-11,80	„	-13,32	„	-12,77		
29	Salomin											
30	Skrzypek	Tuczyn	„	-11,35	3.03.77	-11,50	„	-12,23	„	-10,90		
31	Mniszek											
32	Łany	Tuczyn	„	-12,02	2.03.77	-12,32	„	-12,72	„	-12,36		
33	Zaklików	Sanna	12.04.78	-8,15	17.07.78	-8,14						
34	Lipa	Złodziejka	„	-14,32	„	-15,08						
35	Siembidy	Łukawica	„	-32,67	„	-30,91						
36	Siembidy bajorko	Łukawica			„	-27,10						
37	Cieszanów studnia 10	Brusienka	3.05.78	-15,91								
38	Horyniec											
39	źr. Róża 2	Glinianiec	27.10.77	-13,43	3.05.78	-12,38						
40	Horyniec											
41	źr. Róża 3	Glinianiec	„	-12,76	„	-12,92						
42	Horyniec											
43	wywierzyisko	Glinianiec	„	-13,03	„	-12,57						
44	Nowiny											
45	Horynieckie	Glinianiec	„	-16,68	„	-12,67						
46	Plazów	Wirowa	„	-13,07	„	-12,62						
47	Łukawica	Tanew			„	-12,61						
48	Rebizanty	Tanew			„	-12,35						
49	Susiec	Jeleń			„	-13,67						
50	Nowiny Sop.	Sopot			„	-13,94						
51	Górecko St.	Szum			„	-12,62						
52	Turka n. kan.	Ciemiega	7.10.82	-14,30								
53	Dys	Ciemiega	„	-14,61	3.11.82	-14,18	1.12.82	-14,12	4.01.83	-13,78	2.02.83	-13,40
54	Baszki	Ciemiega	21.10.82	-14,78	„	-12,95	„	-12,89	„	-13,26	„	-13,24
55	Pliszyn	Ciemiega	7.10.82	-15,14	„	-14,23	„	-13,70	„	-13,76	„	-13,17
56	Wąwolnica źr.	Bystra	12.07.78	-12,97								
57	Wąwolnica											
58	bajorko	Bystra	„	-12,04								
59	Nałęczów	Bystra	„	-14,02								

Wszystkie wartości $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ są podane w ‰.



Ryc. 2.

Fig. 2

$$\delta^{13}\text{C}[\text{‰}] = \left(\frac{R_{pr}}{R_{wz}} - 1 \right) \times 1000$$

gdzie R_{pr} oznacza stosunek izotopowy $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ w próbce, zaś R_{wz} oznacza liczbową wartość tego stosunku w międzynarodowym wzorcu PDB. Do kalibracji spektrometru stosowano wzorce międzynarodowe: NBS 20, NBS 22 i KH 2.

WYNIKI POMIARÓW I DISKUSJA

Wyniki pomiarów $\delta^{13}\text{C}$ dla 46 źródeł i studni umieszczono w tabeli, a także naniesiono na histogram (ryc. 2). Niektóre z nich były już publikowane, np. ogół wyników pomiarów izotopowych i chemicznych wykonanych w 1977 r. dla wód źródłanych i studziennych oznaczonych numerami 1–8 oraz 12–27 rzucił trochę światła na przyczynę zmian $\delta^{13}\text{C}$ oraz parametrów chemicznych wód w ciągu miesięcy zimowo-wiosennych. Za te zmiany odpowiedzialna jest woda pochodząca z opadów, która

wnikając do zbiornika wód podziemnych miesza się z wodą nagromadzoną w tym zbiorniku w ciągu poprzednich lat. Przy tym proces mieszania się wód węglanowych komplikują tzw. „efekty nieliniowe”, powodujące, że już mała domieszka wody o dużym ciśnieniu CO_2 w niej rozpuszczonego wywołuje duże zmiany $\delta^{13}\text{C}$, pH i zawartości jonu HCO_3^- . Są one wynikiem zmian proporcji między rozpuszczonym w wodzie H_2CO_3 i jonami HCO_3^- oraz CO_3^{2-} (26).

Uproszczony model matematyczny procesów występujących podczas mieszania się wód węglanowych został podany w pracy (20). Model ten, podobnie jak i modele opisujące zmiany parametrów wód węglanowych podczas rozpuszczania skał wapiennych, oparte na teorii Deinesa i in. (2) zakładają, że wody są słabo zmineralizowane, tzn. jest w nich o wiele mniej jonów Na^+ , Cl^- , Fe^{2+} itp. niż jonów Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-} oraz rozpuszczonego CO_2 . Stąd te jony są w obliczeniach pomijane, co daje dokładność obliczeń około 1%.

W pracy (20) modelowaliśmy na komputerze zmiany, jakie zachodzą w składzie izotopowym węgla i w składzie chemicznym głównych jonów podczas zmieszania, w różnych proporcjach, dwóch wód o różnych parametrach (przeważnie o różnym ciśnieniu CO_2). Zmiany te są ludzko podobne do zmian obserwowanych w przyrodzie. Stąd w komunikatach (8) i (9) oraz w pracy (21) duże zmiany $\delta^{13}\text{C}$, pH i zawartości jonu HCO_3^- w wodach, interpretowano jako efekty mieszania się wód w złożu wodonośnym ze świeżą wodą, jaka pochodzi z opadów. Woda ta przechodząc przez głębię zbiera z niej CO_2 glebowy o innym ciśnieniu i składzie izotopowym niż ten, znajdujący się w warstwie wodonośnej. Woda w warstwie wodonośnej zawiera CO_2 , którego parametry są średnią z wielu lat, w ciągu jakich wody dopływały do złoża i mieszały się w nim. Dwutlenek węgla, znajdujący się w glebie, powstaje podczas procesów gnilnych oraz procesów oddychania roślin. Stąd jego ilość i skład izotopowy podlegają w ciągu roku dużym zmianom.

Źródła oznaczone numerami 44–46 były badane raz na tydzień w przeciągu 8 miesięcy 1982 i 1983 r. W prezentowanej tu pracy podano tylko część wyników tych badań. Natomiast pełny materiał przedstawiono w pracach (19) i (22). W okresie zimy i wczesnej wiosny występowały chaotyczne wahania składu izotopowego węgla i składu chemicznego rozpuszczonych jonów HCO_3^- , Ca^{2+} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$. Parametr $\delta^{13}\text{C}$ okazał się bardzo czułym detektorem zmian zachodzących w wodach.

Woda opadowa przesącza się przez warstwy i miejsca o różnym stopniu przepuszczalności, np. łatwo przepuszczalne piaski lub trudno przepuszczalny less, pobiera z tych miejsc CO_2 glebowy o różnym składzie izotopowym i ciśnieniu. Stąd jeśliśmy mieli jeden bardzo silny opad, to zmiany $\delta^{13}\text{C}$ węgla nieorganicznego w zbiorniku wód podziemnych byłyby chaotyczne i rozciągnięte w czasie, ponieważ wody niosące CO_2 o różnym składzie izotopowym docierają do zbiornika z różną prędkością w przeciągu kilku tygodni.

Wyniki oznaczeń izotopowych z pozostałych miejsc Wyżyny Lubelskiej publikowane są tu po raz pierwszy.

Modele opisujące zmiany składu izotopowego i chemicznego wód podczas rozpuszczania skał węglanowych opisują prace (10, 13, 25). Jednak pełny, chociaż uproszczony, matematyczny opis modeli rozpuszczania skał węglanowych w warunkach układu otwartego i zamkniętego daje praca Deinesa i in. (2). Aby pełniej zrozumieć, skąd biorą się wartości $\delta^{13}\text{C}$ związków węgla w badanych wodach przedstawimy główne założenia tych modeli.

Woda mając kontakt z nieskończonym i homogenicznym

nym rezerwuarem CO₂, nasącza się tym CO₂, który rozpuszczając się w wodzie tworzy kwas węglowy H₂CO₃. W procesie dysocjacji kwasu węglowego tworzą się jony HCO₃⁻ i CO₃²⁻. Podczas nasączenia się i dysocjacji zachodzi frakcjonowanie izotopowe, tzn. np. jeśli δ¹³C_{CO₂} = -25‰, to δ¹³C_{H₂CO₃} = -25,81‰ (1), δ¹³C_{HCO₃⁻} = -15,67‰ (16, 23), δ¹³C_{CO₃²⁻} = -16,68‰ (24). Jeśli woda mając stały kontakt z rezerwuarem CO₂ zacznie rozpuszczać skałę wykorzystując rozpuszczony w niej kwas węglowy H₂CO₃, to taki układ nazywany jest układem otwartym. Jeśli natomiast kontakt z rezerwuarem CO₂ został raptownie odcięty zanim nastąpił proces rozpuszczania skał, to taki układ nazywamy układem zamkniętym.

W obu tych przypadkach ilość jonu HCO₃⁻ wzrasta w stosunku do ilości H₂CO₃. Stąd, ponieważ δ¹³C_{HCO₃⁻} jest przesunięta w kierunku wartości dodatnich, więc i δ¹³C całkowitego, rozpuszczonego w wodzie węgla wzrasta. W przypadku układu zamkniętego dodatkowo na wartość δ¹³C ma niewielki wpływ skład izotopowy węgla rozpuszczanej skały węglanowej. Węgla ze skały węglanowej jest jednak niewiele w stosunku do węgla glebowego. Na terenie Wyżyny Lubelskiej δ¹³C w skałach węglanowych różnego wieku zawiera się w przedziale od -5,5 do +2,6‰, ale najczęściej wyników leży w przedziale od -1,80 do +2,00‰ (4).

Dla wód opisanych w tej pracy tym nieskończonym, w przybliżeniu homogenicznym, zbiornikiem CO₂ jest gleba. Skład izotopowy dwutlenku węgla glebowego zależy od rodzaju zasiewów, rodzaju gruntu i od pory roku. Spotykany w literaturze zakres wartości δ¹³C dla CO₂ glebowego jest bardzo szeroki i wynosi od -15 do -28‰ (3, 17, 18). Stąd wody podlegające procesom mieszania w okresie zimowym, kiedy do rezerwaru dopływają świeże wody o małej zawartości jonu HCO₃⁻, powinny mieć węgiel o bardzo zróżnicowanym składzie izotopowym, różniącym się od δ¹³C węgla z wód badanych w okresie letnim. Jednak wykres na ryc. 2 przeczy takim sugestiom. Większość próbek wód pobranych w różnych miesiącach i latach z najróżniejszych miejsc Wyżyny Lubelskiej ma δ¹³C węgla zawartą w wąskim przedziale od -12 do -15‰. Świadczy to o tym, że zbiorniki wód podziemnych są na tyle duże, że dopływy świeżych wód nie zmieniają zbyt drastycznie ich parametrów. Poza tym potwierdza się w ten sposób sugestia cytowana powyżej z prac (19, 22), że dopływ świeżych wód nie jest epizodycznym wydarzeniem, lecz jest procesem ciągłym, rozciągniętym w czasie, a poza tym wody, dopływające do zbiornika z różnych miejsc mające rozpuszczony węgiel o zróżnicowanym składzie izotopowym, mieszają się w zbiorniku, a skład izotopowy węgla w mieszaninie jest średnią ważoną składów izotopowych węgla z wód składowych. Stąd te zmiany nie są duże, wody zawsze zdążą się nasycić. Przedział wartości δ¹³C zarejestrowany w tej pracy jest charakterystyczny dla wód zawierających różne ilości CO₂, ale bliskich stanowi nasycenia lub przesyconych kalcylem albo dolomitem (tzn. zawierających tyle wapnia i magnezu, że proces rozpuszczania skał węglanowych jest już znacznie spowolniony lub zatrzymany).

Od wartości średnich znacznie odbiegły wyniki oznaczeń wykonane dla wód ze źródła i bajorka z okolic miejscowości Siembidy koło Lipy (Nr 30 i 31). Te wody mają węgiel bardzo lekki, δ¹³C < -27‰. Najprawdopodobniej w tych przypadkach wody nie mają kontaktu z węglanami. Natomiast naturalne wody mineralne, badane w pracowni spektrometrii mas w Lublinie, miały węgiel o wiele cięższy niż wody przedstawione w tej pracy, albowiem CO₂ występujący w szczawach karpackich ma war-

tości δ¹³C od -1,0 do -8,5‰ (14). Stąd i δ¹³C całkowitego węgla w tych wodach jest podobna.

Inne odstępstwo od wartości średnich wykazują wyniki oznaczeń izotopowych węgla zrobione dla studni w Zaklikowie δ¹³C = -8,15‰. Woda w tej studni jest lekko osiarkowana.

Badania wykonane w 1979 r. dla wód z okolic Buska, pochodzących z utworów kredowych i górnourajskich NE obrzeża niecki miechowskiej dały następujące wyniki: Busko 4 - δ¹³C = -8,03‰, Busko 15 - δ¹³C = -1,81‰, Busko 17 - δ¹³C = -6,63‰, Solec Zdrój - δ¹³C = -17,42‰, Skorocice grota I - δ¹³C = -11,31‰, Skorocice grota II - δ¹³C = -12,37‰ oraz Skorocice źródło - δ¹³C = -14,53‰.

Dane dotyczące oznaczeń izotopowych węgla w wodach z okolic Buska, nigdzie dotąd nie publikowane, dowodzą, że na terenach siarkowych δ¹³C wód gruntowych charakteryzuje się o wiele większą różnorodnością niż na terenach węglanowych, takich jak Wyżyna Lubelska.

Wszystkie prezentowane w tej pracy badania wód były finansowane z tematu międzyresortowego M.R.I.5.

LITERATURA

1. Bottinga Y. - Calculation of fractionation factors for carbon and oxygen exchange in the system calcite-carbon dioxide-water. *J. Phys. Chem.* 1968 vol. 72.
2. Deines P., Langmuir D., Harmon R.S. - Stable carbon isotope ratios and the existence of a gas phase in the evolution of carbonate ground waters. *Geochim. Cosmochim. Acta* 1974 vol. 38.
3. Galimov E.M. - Carbon isotopes of soil CO₂. *Geochem. Int.* 1966 No. 3
4. Hałas S., Lis J. et al. - Skład izotopowy węgla i tlenu wapieni z Wyżyny Lubelskiej. *Prz. Geol.* 1979 nr 3.
5. Hałas S. - Automatic inlet system with pneumatic changeover valves for isotope mass spectrometer. *J. Phys. E: Sci. Instrum.* 1979 vol. 12.
6. Hałas S., Skorzyński Z. - An inexpensive device for digital measurements of isotopic ratios. *Ibidem* 1980 vol. 13.
7. Hałas S., Skorzyński Z. - Economical method of on-line data processing for an isotope-ratio mass spectrometer. *Ibidem* 1981 vol. 14.
8. Hałas S., Janiec B., Staniaszek P. - Issledowanie przyczyn wariacji ¹³C/¹²C, pH i koncentracji nieorganiczno-ugleroda podziemnych wód. IX Wsiesojuznyj Simp. po Stabilnym Izotopam w Geochimii, Moskwa 1982.
9. Hałas S., Janiec B., Staniaszek P. - Seasonal variations in chemistry and ¹³C/¹²C ratios of carbonate dissolving water. *International Symposium on Isotope Hydrology in Water Resources Development. The book of extended synopses*, 174, Wiedeń 1983.
10. Holland H.D., Kirssipu T.V. et al. - On some aspects of the chemical evolution of cave waters. *J. Geol.* 1964 vol. 72.
11. Janiec B. - Wstępne wyniki badań nad wodami podziemnymi południowo-zachodniej krawędzi Wyżyny Lubelskiej i zachodniego skłonu Roztocza. *Biul. Lub. Tow. Nauk. Geogr.* 1973 nr 1.
12. Janiec B. - Wody podziemne w strefie południowo-zachodniej krawędzi Wyżyny Lubelskiej. *Pr. dokt. Arch. Zakł. Hydrografii UMCS. Lublin* 1980.
13. Langmuir D. - The geochemistry of some carbo-

- nate ground waters in Central Pennsylvania. *Geochim. Cosmochim. Acta* 1971 vol. 35.
14. Lis J., Hałas S. – Preliminary results of stable carbon isotopes studies in Sudetic and Carpathian mineral waters. *ZFI-Mitteilungen* 1980 vol. 29.
 15. Mc Crea J.M. – On the isotope chemistry of carbonates and paleotemperature scale. *J. Chem. Phys.* 1950 vol. 18.
 16. Mook W.G., Bommerson J.C., Staverman W.H. – Carbon isotope fractionation between dissolved bicarbonate and gaseous carbon dioxide. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1974 vol. 22.
 17. Rightmire C.T., Hanshaw B.B. – Relationship between the carbon isotopic composition of soil CO₂ and dissolved carbonate species in ground water. *Trans. Amer. Geophys. Un.* 1971 vol. 52.
 18. Rightmire C.T., Hanshaw B.B. – Relationship between the carbon isotope composition of soil CO₂ and dissolved carbonate species in groundwater. *Water Resour. Res.* 1973 vol. 9.
 19. Staniszek P., Hałas S., – Jeżenedielnyje issledowanija wariacij ¹³C/¹²C i chemiczeskowo sostawa podziemnych wod. X Wsiesojuznyj Simp. po Stabilnym Izotopam w Gieochimii, Moskwa 1984.
 20. Staniszek P., Hałas S. – Simplified theory of the mixing effects of carbonate dissolving waters on chemical and ¹³C/¹²C compositions. *Wyslano do druku w Isotopenpraxis.*
 21. Staniszek P., Hałas S. – Mixing effects of carbonate dissolving waters on chemical and ¹³C/¹²C compositions. *W przygotowaniu do druku.*
 22. Staniszek P., Hałas S. – Chemistry and δ¹³C_{CT} value of selected springs around Lublin City. Weakly observation from October 1982 to June 1983. *W przygotowaniu do druku.*
 23. Szaran J., Żuk W. – Experimental investigation of kinetics and equilibrium of carbon isotopic exchange reaction in the system HCO₃⁻ – CO₂. *ZFI – Mitteilungen* 1980 vol. 29.
 24. Thode H.G., Shima M. et al. – Carbon-13 isotope effects in systems containing carbon dioxide, bicarbonate and metal ions. *Can. J. Chem.* 1965 vol. 43.
 25. Thrailkill J.V. – Chemical and hydrologic factors in the excavation of limestone caves. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 1968 vol. 79.
 26. Wigley T.M.L., Plummer L.N. – Mixing of carbonate waters. *Geochim. Cosmochim. Acta* 1976 vol. 40.
 27. Wilgat T. – Problemy hydrograficzne Wyżyny Lubelskiej. *Czas. Geogr.* 1958 z. 4.
 28. Wilgat T. – Przeglądowa mapa hydrogeograficzna województwa lubelskiego. *Ann UMCS, Sec. B,* 1968 vol. 20.

SUMMARY

A brief review of results of ¹³C/¹²C investigations on carbon-bearing waters is given. The investigations showed that the bulk of δ ¹³C values of carbon dissolved in carbonate waters fall within a narrow range, from -12 to -15‰. This may be explained by assuming inflow of CO₂-rich water from soil zone to a carbonate aquifer, followed by dissolution of carbonate aquifer rocks under open or closed conditions.

РЕЗЮМЕ

Даны результаты измерений ¹³C/¹²C углерода углекислоты и бикарбонат иона растворенных в подземных водах. Значения δ¹³C заключаются в сравнительно узких пределах -12‰ ÷ -15‰. Это объясняется моделью учитывающую приток воды богатой CO₂ из почвенной зоны в карбонатный водоносец где карбонаты подвергаются растворению в условиях открытой или замкнутой системы.