

Nowe wyniki badań izotopowych i chemicznych wód leczniczych Ciechocinka

Arkadiusz Krawiec*

W uzdrowisku Ciechocinek są eksploatowane solanki typu $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ z warstw jurajskich. Analizie poddano wcześniejsze dane chemiczne i izotopowe, jak i wyniki własnych badań tych wód. Są to prawdopodobnie głównie wody paleoinfiltracyjne z okresów przedczwartorzędowych. Na możliwość zasilania w klimatach ciepłych wskazuje ich skład izotopowy. Wskaźniki chemiczne Cl^-/Br^- i Br^-/I^- wskazują na dominację zasolenia pochodzącego z ługowania utworów solonośnych. Wykazano, że wody z niektórych ujęć mają stały skład chemiczny, lecz w wodach ze wszystkich opróbowanych ujęć zaznacza się tendencja do zmian składów izotopowych w kierunku niższych wartości $\delta^{18}\text{O}$ i δD .

Słowa kluczowe: lecznicze wody mineralne; badania izotopowe i hydrogeochemiczne; wiek i geneza wód

Arkadiusz Krawiec — New results of the isotope and hydrochemical investigations of therapeutical waters of Ciechocinek Spa. Prz. Geol., 47: 255–260.

S u m m a r y. Brines of Na–Cl type from the Jurassic aquifer are used for Ciechocinek Spa mineral water supply. Previous chemical and isotopic data and the results of recent water analyses have been interpreted. These are probably meteoric waters of the pre-Quaternary age. Their isotopic composition indicates the recharge during periods of warmer climate. The values of Cl^-/Br^- and Br^-/I^- ratios indicate the predominance of salinity originating from salt dissolution. It has been proved that water samples taken from some of the wells show a stable chemical composition, but the isotopic composition of waters from all the sampled wells in Ciechocinek Spa is variable and trends towards lower values of $\delta^{18}\text{O}$ and δD .

Key words: therapeutic (mineral) waters; isotope and hydrochemical analyses; age and origin of waters

Artykuł podejmuje problem zmian chemizmu leczniczych wód mineralnych w profilu pionowym oraz rozpoznanie procesów formowania się składu chemicznego wód podziemnych piętura jurajskiego w rejonie Ciechocinka. Jak dotąd nie jest jednoznacznie wyjaśniony problem genezy wód mineralnych w tym rejonie. Jest to ważne zagadnienie dla oceny zasobów eksploatacyjnych tych wód i ich racjonalnego wykorzystania.

Istotne jest bowiem czy są to wody reliktowe, a więc o zasobach nieodnawialnych, czy też infiltracyjne, których zasoby mogą podlegać odnawianiu. W rejonie Ciechocinka istnieje także problem ascencji wód zmineralizowanych do użytkowych warstw wodonośnych czwartorzędu. Powoduje ona degradację zasobów wód pitnych Niziny Ciechocińskiej.

W publikowanych dotychczas pracach przeważa opinia o dominującej roli solonośnego cechsztynu w zasoleniu wód podziemnych Niżu Polskiego. Wprowadzenie badań izotopowych, jak dotąd nie rozstrzygnęło problemu genezy wód mineralnych. Dowgiało (1971) uważa, że wyniki badań trwałych izotopów tlenu, wodoru i siarki w niektórych wodach zmineralizowanych potwierdzają hipotezę o hybrydalnym, czyli reliktwo-infiltracyjnym pochodzeniu tych wód. Ten sam autor (Dowgiało, 1988) wskazuje na możliwość znacznego udziału wód reliktowych w wodach zmineralizowanych Ciechocinka. Inny pogląd reprezentują Grabczak i Zuber (1983) oraz Zuber i Grabczak (1991). Uważają oni, że wody te stanowią rezultat infiltracji w klimatach cieplejszych od obecnego, czyli że są to wody paleoinfiltracyjne, które przedostały się do ośrodka skalnego w klimacie ciepłym. Prawdopodobnie domi-

nujący udział w ich składzie jonu Cl^- pochodzi z ługowania utworów formacji solnych. Według Szpakiewicza (1983) wody piętura jurajskiego z Ciechocinka stanowią rezultat prostego rozpuszczania soli przez wody reliktowe.

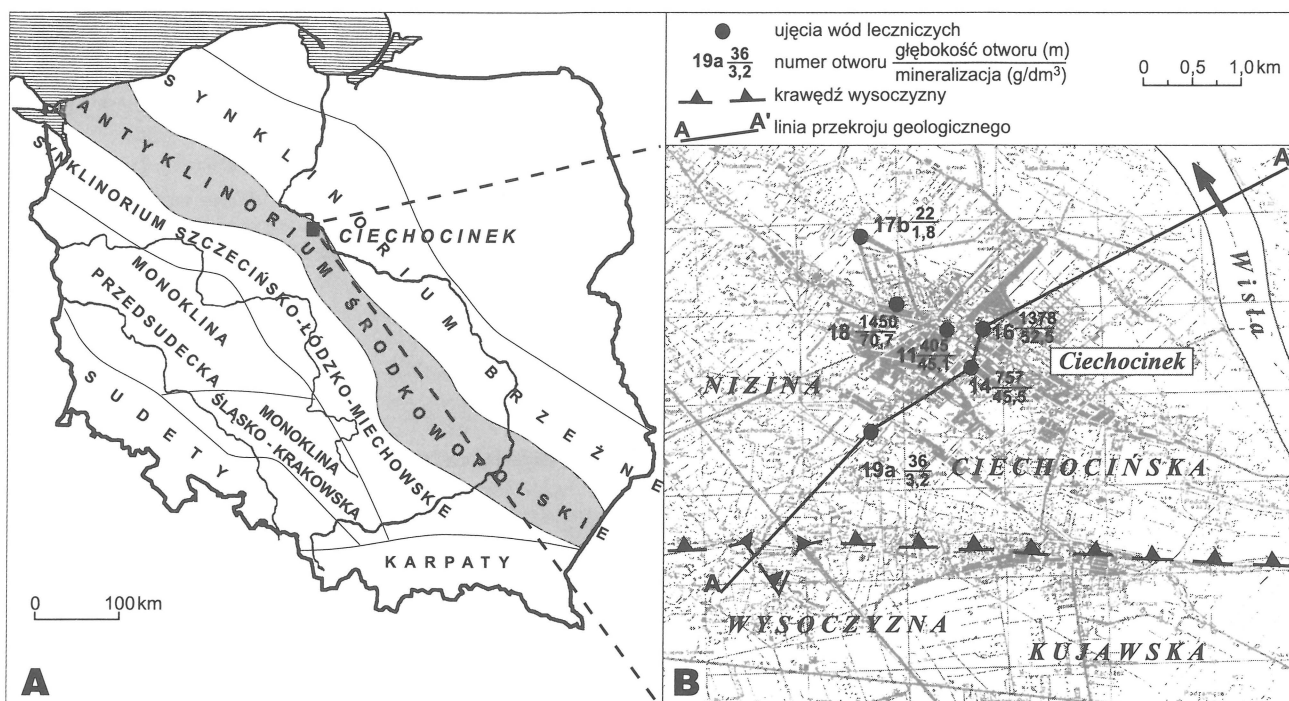
Znaczenie metody izotopów trwałych wynika z faktu, że ze wszystkich znaczników wody skład izotopów tlenu i wodoru w jej cząsteczkach jest znacznikiem najbardziej zachowawczym, zależnym głównie od przemian fazowych jakim podlega woda w czasie obiegu w przyrodzie (Zuber & Grabczak, 1985). Metody izotopowe są pomocne w określeniu pochodzenia i wieku wody w sensie okresu geologicznego. Najczęściej wyniki badań izotopowych interpretowane wspólnie z konwencjonalnymi danymi hydrogeologicznymi i hydrochemicznymi pozwalają na właściwe określenie genezy wód (Gat & Gonfiantini, 1981). Zdarzają się także przypadki, że nawet dane izotopowe nie wyjaśniają w pełni pochodzenia wód, ale umożliwiają wykluczenie niektórych hipotez.

Przedmiotem badań są wody z ujęć dostarczające leczniczych wód mineralnych. Do opróbowania wytypowano pięć czynnych otworów studziennych. Jedna ze studzien ujmuję wodę z utworów czwartorzędowych, a pozostałe otwory są zafiltrowane w jurajskim piętrze wodonośnym.

Zarys budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych

Ciechocinek jest położony w dolinie Wisły, na jej lewym brzegu w odległości ok. 2 km od głównego nurtu rzeki (ryc. 1). Wysokości bezwzględne terenu wahają się tu od 40 do 45 m n.p.m., a w rejonie piaszczystych wydm miejscami przekraczają 55 m n.p.m. Jest to obszar południowo-wschodniej części Kotliny Toruńskiej, lokalnie zwanej Niziną lub Kotliną Ciechocińską. Równinny teren obejmuje najniższe tarasy akumulacyjne Wisły. Od

* Zakład Geologii i Hydrogeologii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, ul. Sienkiewicza 4, 87-100 Toruń



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań na tle jednostek strukturalnych Polski (A) oraz lokalizacja ujęć wód leczniczych w Ciechocinku (B)
 Fig. 1. Location of the study area in the framework of structural units in Poland (A) and location of the mineral waters intakes in Ciechocinek Spa (B)

południa Nizina Ciechocińska jest ograniczona krawędzią Wysoczyzny Kujawskiej, od północnego-wschodu korytem Wisły, a od zachodu wyższymi poziomami tarasowymi (ryc. 2).

Obszar Ciechocinka należy do kujawskiej części wału środkowopolskiego, gdzie warstwy mezozoiczne są wypiętrzone i pofałdowane. Wypiętrzenie to składa się z wielu depresji i elewacji, których osie mają kierunek NW–SE. Najbardziej wysunięta na wschód jest jurajska elewacja Ciechocinka. Jest to forma brachyantyklinalna, której powierzchnia stropowa jest nierówna i wykazuje urozmaiconą rzeźbę.

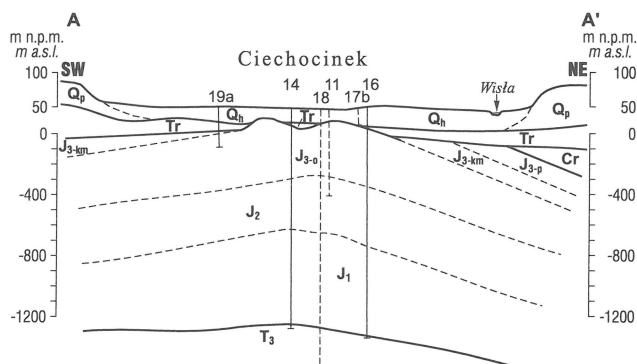
Czwartorzęd w tym rejonie jest reprezentowany przez utwory holocenu i plejstocenu. Miąższość czwartorzędu jest zmienna i waha się od kilkunastu metrów w rejonie centrum Ciechocinka do kilkudziesięciu metrów w kierunku N i NW. Holocen jest wykształcony w postaci piasków rzecznych, deluwialnych i wydmowych oraz torfów i mad rzecznych. Plejstocen tworzą głównie piaski rzeczne tarasów akumulacyjnych Wisły oraz piaski wodnolodowcowe i gliny zwałowe.

Trzeciorzęd na badanym obszarze reprezentują utwory miocenu wykształcone głównie w postaci czarnych iłów. Ponadto występują w nich wkładki węgla brunatnego i przeławicenia drobnoziarnistych piasków. Osady miocenu mają miąższość do kilkunastu metrów (ryc. 2) i nie tworzą ciągłego poziomu na całym obszarze badań. Brak jest ich w centrum miasta a występują na NE i SW od centrum.

Jura jest reprezentowana przez utwory malmu, doggeru i liasu. Miąższość utworów jurajskich osiąga w rejonie Ciechocinka ok. 1300 m. Malm jest wykształcony w postaci wapieni oolitowych, margli, mułowców, muszlowców,

wapieni marglistych z kongrecjami krzemieni, wapieni z wkładkami margli i dolomitów. Dogger stanowią głównie piaskowce różnoziarniste oraz łupki ilaste. Ponadto jako wkładki często występują wapienie brunatne, iły czarne i iłolupki. Lias reprezentują piaskowce z przewarstwieniami łupków, łupki ilaste i iłolupki.

Utwory triasu należą do najstarszych nawierconych w okolicy Ciechocinka. Stwierdzono je w otworach wiertniczych nr 18, 16 i 14 (ryc. 2) na głębokości ok. 1295–1365 m. Trias jest wykształcony w postaci łupków, piaskowców, wapieni dolomitycznych oraz iłowców i mułowców z wkładkami piaskowców.



Ryc. 2. Uproszczony przekrój geologiczny rejonu Ciechocinka.
 Qh — holocen, Qp — plejstocen, Tr — trzeciorzęd, Cr — kreda, J_{3-p} — jura górna (portland), J_{3-km} — jura górna (kimeryd), J_{3-o} — jura górna (oksford), J₂ — jura środkowa, J₁ — jura dolna
 Fig. 2. Simplified geological cross-section in the vicinity of Ciechocinek; Qh — Holocene, Qp — Pleistocene, Tr — Tertiary, Cr — Cretaceous, J_{3-p} — Upper Jurassic (Portland), J_{3-km} — Upper Jurassic (Kimmeridgian), J_{3-o} — Upper Jurassic (Oxfordian), J₂ — Middle Jurassic, J₁ — Lower Jurassic

Tab. 1. Chemical composition, $\delta^{18}\text{O}$ and δD , tritium and some ion ratios

Nr	Pozycja stratygraf.	Cl [g/dm ³]	SO ₄ ²⁻ [mg/dm ³]	Br ⁻ [mg/dm ³]	J ⁻ [mg/dm ³]	$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	δD [‰]	Tryt [T.U.]	rNa ⁺ /rCl ⁻	Cl ⁻ /Br ⁻	Br ⁻ /J ⁻
18*	J – lias	42,5	582	86,6	2,7	- 4,6	- 41		0,87	491,3	32,1
16	J – lias	31,6	168	83,6	5,4	- 5,6	- 44		0,87	377,9	15,5
14	J – lias	27,3	80	91,6	3,4	- 6,3	- 48		0,86	298,4	26,9
11	J – dogger	26,5	730	89,6	3,5	- 6,1	- 47		0,87	295,5	25,6
19a	J – malm	1,6	61	6,9	0,5	- 8,4	- 61	0,0±0,5	0,91		
17b	Q	0,8	130	0,5	0,3	- 9,7	- 69	24,2±1,2	0,90		
opady	holocen					- 9,6	- 68,9				

*Dane z analizy wykonanej przez „Balneoprojekt” w 1993 r. Wyniki oznaczeń izotopowych wód z tego otworu za Zuber & Grabczak (1991). Obecnie nie istnieje możliwość poprawnego opróbowania otworu nr 18

Warunki hydrogeologiczne w rejonie Ciechocinka są ściśle związane z budową geologiczną i geomorfologią tego rejonu. Dolina Wisły stanowi regionalną bazę drenażu dla wód napływających z wysoczyzn morenowych. W rejonie badań można wydzielić dwa piętra wodonośne.

Czwartorzędowe piętro wodonośne jest związane z aluwialnym kompleksem piaszczysto-żwirowym o swobodnym zwierciadle wód, które kształtuje się w zależności od morfologii terenu na głębokości od 1 do 5 m. Na czwartorzędowe piętro wodonośne oddziałują wody Wisły. W ciągu roku wahania zwierciadła wód w tym piętrze są ok. 1–2 m i są tym większe, im bliżej rzeki znajduje się punkt pomiarowy. Piętro czwartorzędowe jest zasilane głównie poprzez bezpośrednią infiltrację wód opadowych oraz lateralny dopływ wód podziemnych z Wysoczyzny Kujawskiej. W strefach bezpośredniego kontaktu osadów czwartorzędowych i jurajskich (rejon centrum Ciechocinka) istnieje możliwość mieszania się wód tych pięter. Wody piętra jurajskiego znajdują się pod znacznym ciśnieniem i mogą zasilać piętro czwartorzędowe poprzez ascencję.

Jurajskie piętro wodonośne występuje w spękanych i uszczelnionych seriach piaskowców oraz wapieni. Są to głównie wody szczelinowe, solanki chlorkowo-sodowe, fluorkowe, bromkowe, jodkowe, borowe, oraz wody słabo zmineralizowane chlorkowo-sodowe. Charakterystyczną cechą solanek ciechocińskich jest podwyższona zawartość bromu i jodu. Zawierają one także nieznaczne ilości SO₄²⁻ i H₂S. Mineralizacja wód z utworów jury mieści się w przedziale od 3 do 71 g/dm³ w zależności od miejsca i głębokości ich pobrania.

W trakcie wiercenia otworu nr 18 w utworach triasowych na głębokości ponad 1521 m natrafiono na solankę Na-Cl o mineralizacji przekraczającej 80 g/dm³ (Dowgiatło i in., 1968). W obrębie utworów triasu otwór został zlikwidowany ze względu na niewielką wydajność.

Wyniki badań

Do oznaczeń izotopowych i do rozszerzonych analiz chemicznych pobrano próbki wody z otworów nr 11, 17b i

19a oraz term nr 14 i 16 eksploatujących wody mineralne w Ciechocinku.

Otwór numer 17b jest odwiercony do głębokości 22 m i ujmuje wodę z piętra czwartorzędowego. Wykorzystanie wód z tego otworu ma charakter sezonowy, w okresie letnim dostarcza on wodę do pobliskiego odkrytego basenu solankowego. Otwór nr 19a odwiercony został do głębokości 36 m. Powstał on w zamian za otwór nr 8b i eksploatuje wodę na potrzeby produkcji wody stołowej „Krystynka” z piaskowców i wapieni malmu. Otwór nr 11 („Grzybek”) pobiera wodę z piaskowców doggeru z głębokości 302–405 m. Woda z tego odwiertu przepompowywana jest na tężnię, a następnie trafia do warzelnii soli. Terma nr 14 początkowo miała głębokość 1305 m, ale awaria odwiertu w 1938 r. spowodowała spłylenie otworu do głębokości 757 m. Termę nr 16 odwiercono w latach 1949–1952 do głębokości 1378 m. Woda z term nr 14 i nr 16 eksploatowana jest z utworów liasu i wykorzystywana do zabiegów leczniczych. Istnieje także terma nr 18, która po nieudanej rekonstrukcji jest obecnie nieczynna.

W celu określenia pochodzenia solanek ciechocińskich wykonano oznaczenia składu izotopowego próbek wód obejmujące izotopy stabilne wodoru i tlenu oraz oznaczenia trytu w przypadku dwóch najpłytszych otworów nr 19a i nr 17b. Wykonano także rozszerzone analizy chemiczne wód. Próbkę wód do analiz chemicznych i oznaczeń izotopowych były pobierane równocześnie. Oznaczenia składu izotopowego zostały wykonane standardowymi metodami z wydłużonym czasem osiągnięcia równowagi dla $\delta^{18}\text{O}$ i ze wstępną destylacją dla oznaczeń δD w laboratorium Instytutu Fizyki i Techniki Jądrowej AGH w Krakowie. Wyniki oznaczeń izotopowych i niektórych wskaźników chemicznych przedstawia tab. 1 oraz ryc. 3. Analizy chemiczne zostały wykonane w laboratorium Zakładu Ochrony Wód Głównego Instytutu Górnictwa (GIG) w Katowicach. Do oznaczeń zawartości bromków i jodków zastosowano metodę miareczkową opracowaną w GIG dla wód o wysokiej mineralizacji.

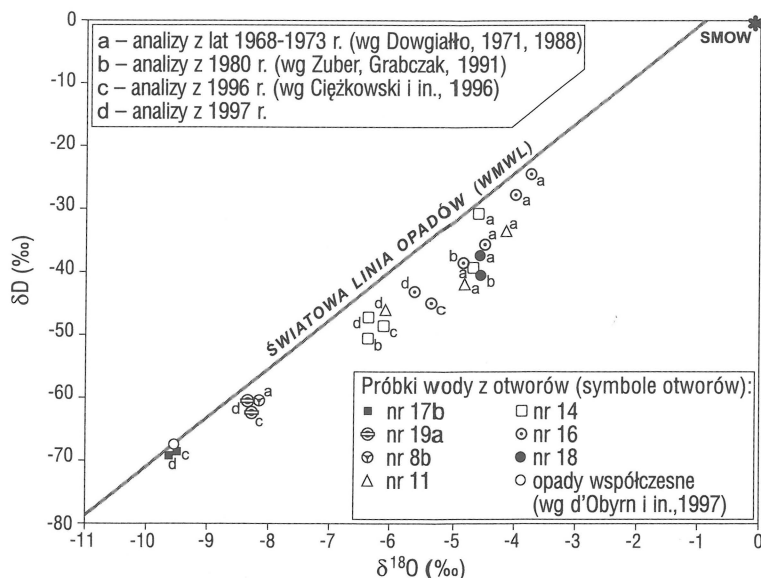
W wodach zmineralizowanych rejonu Ciechocinka wraz ze wzrostem głębokości obserwuje się stopniowy wzrost mineralizacji (ryc. 4). Analiza wyników składu chemicznego wód mineralnych z Ciechocinka z lat 1970–1998 wykazała dużą stabilność składu chemicznego solanki z odwiertu nr 14. W solance z tego otworu na przestrzeni 30 lat obserwuje się stałą zawartość jonów Cl^- (ok. $26,0 \text{ g/dm}^3$) oraz niewielki wzrost od $26,0$ do ok. $27,0 \text{ g/dm}^3$ w latach 1989–1998 (ryc. 5c). W przypadku solanki z otworu nr 11 natomiast obserwuje się stopniowy powolny spadek mineralizacji oraz stężenia chlorków z 31 g/dm^3 w 1974 r. do $26,0 \text{ g/dm}^3$ obecnie. Według Poprawskiego i in. (1998) długotrwała eksploatacja solanki z otworu nr 11 powoduje wysłodzenie wody, a przyczyną tego jest mieszanie się wód wysoko zmineralizowanych z infiltrującymi od powierzchni wodami słodkimi, co jest także widoczne w zmianach składu izotopowego (ryc. 5a, b). W przypadku solanki z otworu nr 16 zawartość jonów Cl^- do 1990 r. była stabilna i kształtowała się na poziomie ok. $39,0 \text{ g/dm}^3$ pomimo zmian składu izotopowego w kierunku lżejszych wartości delt, tzn. większego udziału wód młodszych. W ostatnich kilku latach zaobserwowano spadek stężeń Cl^- w solance z otworu nr 16 do ok. $34,0 \text{ g/dm}^3$. Także w przypadku otworu nr 19a („Krystynka”) eksploatującego wodę z utworów malmu zawartość chlorków zmalała z $1,76 \text{ g/dm}^3$ w 1978 r. do $1,56 \text{ g/dm}^3$ obecnie.

Wszystkie otwory eksploatujące wodę z warstw jury, oprócz otworu nr 11, mają samowypływy. Z otworu nr 11 pobiera się wodę za pomocą pompy, co powoduje depresję i może być także przyczyną lokalnego dopływu wód młodych z płytszych warstw. W wodzie z tego otworu obserwuje się stopniowy powolny spadek mineralizacji.

Zwierciadło wód z utworów liasu stabilizuje się ponad powierzchnią terenu w przedziale od $14,7$ do $31,0 \text{ m}$, zwierciadło wód z utworów triasu natomiast stabilizowało się na równi z powierzchnią terenu (Dowgiało i in., 1968). Obliczone ciśnienia zredukowane z utworów triasu i liasu są praktycznie takie same, co raczej wyklucza możliwość istotnej ascencji wód z utworów triasu. Ponadto między poziomami wodonośnymi w utworach jury (liasz) i triasu występuje ponad 250 m miąższości seria słaboprzepuszczalnych łupków retyku i kajpru (otwór nr 18). W utworach

nr 14 i 16, w podłożu utworów liasu, także stwierdzono występowanie utworów słaboprzepuszczalnych wykształconych jako łupki ilaste i ilowce (Samsonowicz, 1954). Przymyślnie duże znaczenie w zasilaniu głębszych poziomów ma lateralny przepływ wody w obrębie warstw jurajskich. W rejonie Ciechocinka wody słone występują blisko powierzchni, w ubiegłych wiekach natomiast były znane wypływy słonej wody na powierzchnię terenu o czym pisze Staszic w swym dziele *O ziemiopodziemności Karpatów i innych gór i równin Polski* (1815). W rejonie Ciechocinka, w dolinie Wisły występuje obszar drenażu wód głębokiego krążenia pochodzących z utworów mezozoicznych centralnej Polski.

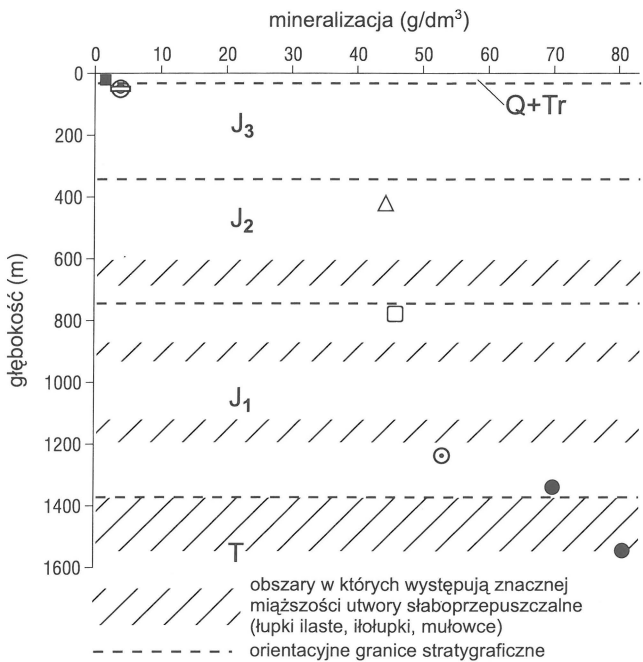
Wody paleoinfiltracyjne będące zarówno w stanie stagnacji, jak i w ruchu ulegają przeobrażeniom składu chemicznego wskutek długotrwałego oddziaływania wodą-skała. W wodach tych w warunkach kontaktu z minerałami ilastymi i wapieniami ośrodka skalnego zachodzi zazwyczaj wymiana jonów Na^+ na Ca^{2+} wynikiem czego jest wzbogacenie wód w jon Ca^{2+} . Dlatego wartość wskaźnika $r_{\text{Na}^+}/r_{\text{Cl}^-}$ w wodach paleoinfiltracyjnych jest niższa od 1 a nawet może być niższa niż $0,86$ — typowa wartość nieprzeobrażonych wód morskich (Macioszczyk, 1987). Dla wód z otworów nr 11, 16, 18 wskaźnik ten wynosi $0,87$ a dla wody z otworu nr 14 — $0,86$ (tab. 1). Zgodnie z ogólnie przyjętymi poglądami wartości wskaźnika hydrochemicznego Cl^-/Br^- poniżej 300 wskazują na występowanie reliktowych wód morskich, natomiast wartości powyżej 300 na infiltracyjne pochodzenie wód. Znane są jednak odstępstwa od pierwszej części tej zasady. Przyczyną tych odstępstw mogą być np. procesy przeobrażenia wód. Na ogół wszystkie starsze wody ulegają przeobrażeniu, np. wody morskie badane obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego są nieprzeobrażone izotopowo a silnie przeobrażone chemicznie, w tym wskaźnik Cl^-/Br^- wynosi ok. 150 (Pluta & Zuber, 1995; Zuber i in., 1997). W ten sposób w wodach paleoinfiltracyjnych, można spotkać różne wartości wskaźnika Cl^-/Br^- , zarówno poniżej i powyżej 300 . W przypadku starych wód paleoinfiltracyjnych na wskutek przeobrażenia wskaźnik Cl^-/Br^- może maleć. Jednocześnie należy zaznaczyć, iż nie wyklucza to możliwości istnienia domieszki wód morskich. W przypadku wody z



Ryc. 3. Składy izotopowe tlenu i wodoru wód leczniczych w Ciechocinku

Fig. 3. Isotopic composition of oxygen and hydrogen of mineral waters in Ciechocinek

otworu nr 11 wskaźnik Cl^-/Br^- wynosi 295,5, otworu nr 14 — 298,4, otworu nr 16 — 377,9 natomiast z otworu nr 18 wskaźnik ten wynosi 491,3. Wyniki te wykluczają dominację sedymentacyjnych wód morskich w badanych wodach.



Ryc. 4. Zależność pomiędzy mineralizacją a głębokością ujęcia wody (symbole jak na ryc. 3)

Fig. 4. Water mineralization plotted against depth waters intakes (symbols as in fig. 3)

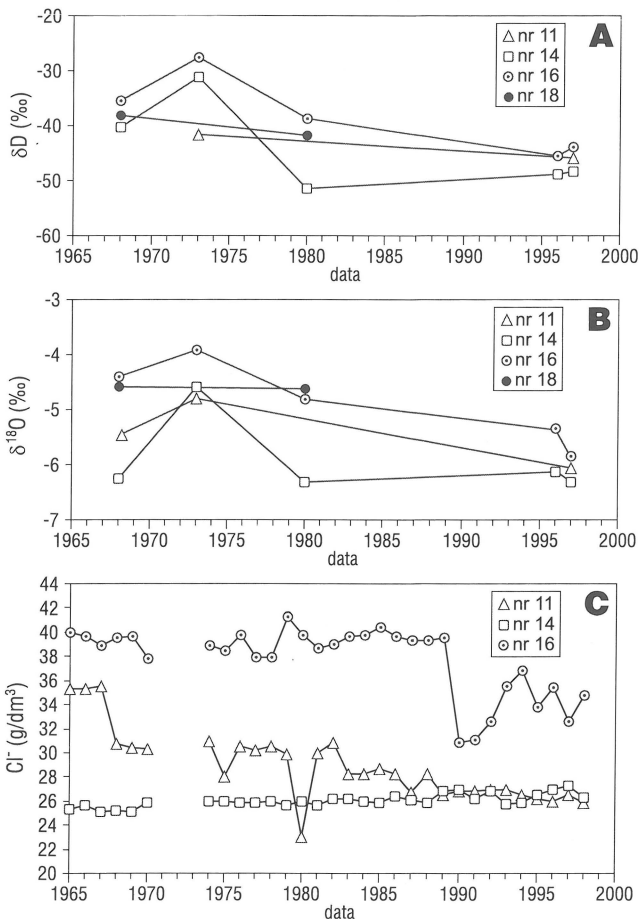
W wodach z otworów 11, 14, 16 i 18 zawartość Br^- jest wyższa niż w wodach morskich i wynosi od 83,6 do 91,6 mg/dm^3 . Podobnie jest ze stężeniami J^- , ich zawartość w wodach z głębokich otworów wynosi od 2,7 do 5,4 mg/dm^3 . Są to stężenia wyższe niż w wodach morskich, ale wielokrotnie niższe niż np. w wodach sedymentacyjnych badano.

Analiza danych obecnych i wcześniejszych dotyczących oznaczeń izotopowych z Ciechocinka z okresu ostatnich 30 lat wykazała zmienność w czasie składu izotopowego (ryc. 3 oraz ryc. 5a, b). Uzyskane obecnie wyniki oznaczeń izotopowych są przesunięte w kierunku wartości bardziej ujemnych względem starszych pomiarów. Wody lecznicze Ciechocinka mają obecnie skład izotopów tlenu i wodoru wyraźnie lżejszy niż próbki sprzed 20–30 lat.

Podsumowanie

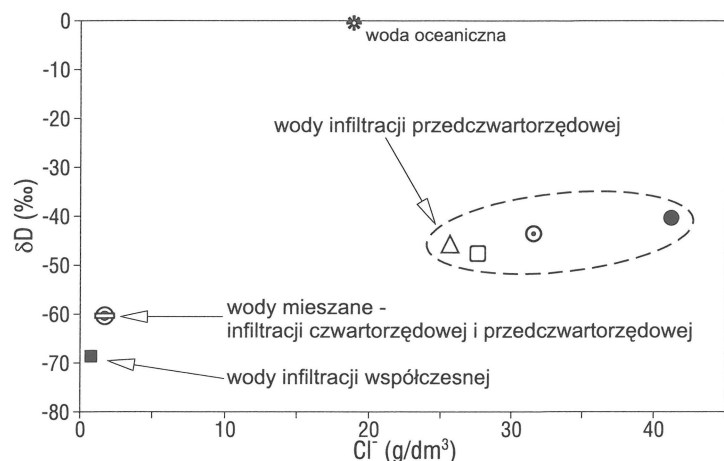
W uzdrowisku Ciechocinek analizy chemiczne są wykonywane systematycznie od wielu lat, natomiast oznaczenia izotopowe są nieliczne i były wykonywane przez różnych autorów. W ramach niniejszej pracy wykonano kompletne analizy izotopowe ($\delta^{18}\text{O}$ i δD) oraz oznaczenia trytu w przypadku naj płytszych otworów a także szczegółowe analizy chemiczne. Dokonano analizy porównawczej uzyskanych wyników z wcześniejszymi wynikami.

W rejonie Ciechocinka występuje normalna strefowość hydrochemiczna charakteryzująca się wzrostem mineralizacji wraz ze wzrostem głębokości. W przypadku badanych wód obserwuje się zmiany składu izotopowego w



Ryc. 5. Zmiany czasowe $\delta^{18}\text{O}$ i δD oraz zawartości Cl^- w wodach z otworów nr 11, 14 i 16

Fig. 5. Changes in the time of $\delta^{18}\text{O}$, δD and Cl^- in waters at the intakes 11, 14 and 16



Ryc. 6. Zależność δD — Cl^- (symbole jak na ryc. 3)

Fig. 6. δD — Cl^- relationship (symbols as in fig. 3)

czasie, polegające na przesunięciu wyników w kierunku bardziej ujemnych wartości $\delta^{18}O$ i δD względem starszych pomiarów. Może to świadczyć, że stały pobór solanek do celów leczniczych w Ciechocinku powoduje napływ wód, które infiltrowały w klimacie nieco chłodniejszym, niż te z których pobierane były próbki w latach 1968–1973, czyli są to wody przypuszczalnie nieco młodsze.

Próbki wody z niewielkiej głębokości z otworów nr 17, 17b mają skład izotopowy wskazujący na dominację wody infiltrującej współcześnie. Podwyższone stężenia Cl^- są rezultatem domieszki solanki ascendującej z warstw jury.

Próbka wody z otworu nr 19a reprezentuje genetycznie mieszany typ wód. Zawiera ona znaczny udział wód holocenijskich z domieszką wody starszej, prawdopodobnie pochodzącej z infiltracji przedczwartorzędowej. W wodzie z tego otworu nie zaznacza się wpływ wód współczesnych, co potwierdza brak trytu (p. tab. 1).

W przypadku wód mineralnych z otworów nr 11, 14, 16 i 18 mamy do czynienia głównie z wodami paleoinfiltracyjnymi. Można sądzić, że są to głównie wody infiltracji przedczwartorzędowej (ryc. 6). W wodach z tych otworów mogą występować także pewne ilości innych wód, np. reliktowych wód morskich lub wód infiltracji czwartorzędowej. Aby ten problem wyjaśnić należałoby także zastosować inne metody umożliwiające określenie wieku wód, np. metody gazów szlachetnych. W przypadku wody z otworu nr 11, oprócz zmian izotopowych w kierunku niższych wartości $\delta^{18}O$ i δD , obserwuje się także stopniowy spadek mineralizacji, co oznacza tendencję do wysładzania się wody z tego otworu. Natomiast analiza wyników składu chemicznego wód mineralnych z odwiertu nr 14 wykazała dużą stabilność. Może to świadczyć, że zasolenie badanych wód pochodzi głównie z ługowania wysadów.

Uzyskane wyniki wydają się potwierdzać hipotezę Zuber i Grabczaka, że dominują wody paleoinfiltracyjne. Jednak dokładność metod nie pozwala całkowicie wykluczyć hipotezy Dowgiałły o istnieniu sedimentacyjnych wód morskich.

Serdecznie dziękuję prof. A. Zuberowi i prof. A. Sadurskiemu za dyskusję i cenne uwagi jak również recenzentowi prof. J. Dowgiałle za wnikliwe i krytyczne uwagi. Autor dziękuje także pracownikom PPU Ciechocinek za umożliwienie przeprowadzenia badań. Badania których wyniki są omówione w artykule zostały wykonane w ramach projektu badawczego KBN nr 9 T12B 015 12.

Literatura

- CIEŻKOWSKI W., DOKTÓR S., GRANICZNY M., IZYDORSKA A., JACKOWICZ-KORCZYŃSKI J., JÓZEFKO I., KABAT T., KOZŁOWSKI J., LIBER-MADZIARZ E., MATEŃKO T., PORWISZ B., PRZYLIBSKI T., TEISSEYRE B., WIŚNIEWSKA M. & ZUBER A. 1996 — Próba określenia obszarów zasilania wód leczniczych pochodzenia infiltracyjnego w Polsce na podstawie badań izotopowych. ZBU „Zdroje”, Wrocław, niepublikowane.
- D’OBYRN K., GRABCZAK J. & ZUBER A. 1997 — Mapy składów izotopowych infiltracji holocenijskiej na obszarze Polski. Współczesne problemy hydrogeologii. WIND, Wrocław, 8: 331–335.
- DOWGIAŁŁO J. 1971 — Studium genezy wód zmineralizowanych w utworach mezozoicznych Polski północnej. Biul. Geol. UW, 13: 133–224.
- DOWGIAŁŁO J. 1988 — Geneza wód chlorkowych Niziu Polskiego. Aktualne poglądy i kierunki badań. IV Ogólnopolskie Sympozjum Aktualne Problemy Hydrogeologii. Gdańsk, cz. 2: 1–10.
- DOWGIAŁŁO J., PAZDRO Z. & SŁAWIŃSKI A. 1968 — The Bore-hole Ciechocinek-18, a new source of thermal water. Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Sci. Geol. Geogr., 16: 103–110.
- GAT J. R. & GONFIANTINI R. (red.) 1981 — Stable Isotope Hydrology, IAEA, Wiedeń.
- GRABCZAK J. & ZUBER A. 1983 — Isotope composition of waters recharged during the Quaternary in Poland. Freiburger Forschungshefte, C, 388: 93–108.
- MACIOSZCZYK A. 1987 — Hydrogeochemia. Wyd. Geol.
- PLUTA I. & ZUBER A. 1995 — Origin of brines in the Upper Silesian Coal Basin (Poland) inferred from stable isotope and chemical data. Applied Geochemistry, 10: 447–460.
- POPRAWSKI L., JASIAK T. & WAŚK M. 1998 — Analiza zmian chemizmu wód leczniczych Ciechocinka w trakcie wieloletniej eksploatacji. Prz. Geol., 46: 331–336.
- SAMSONOWICZ J. 1954 — Wyniki hydrogeologiczne dwu głębokich wierceń w Ciechocinku. Biul. Inst. Geol. 91.
- SZPAKIEWICZ M. 1983 — Formowanie się składu chemicznego solanek w basenach sedimentacyjnych Niziu Polskiego. Kwart. Geol. 27: 781–795.
- ZUBER A. & GRABCZAK J. 1985 — Pochodzenie niektórych wód mineralnych Polski południowej w świetle dotychczasowych badań izotopowych. III Ogólnopolskie Symp. Aktualne Problemy Hydrogeologii, Kraków: 135–148.
- ZUBER A. & GRABCZAK J. 1991 — O pochodzeniu solanek mezozoiku Polski centralnej i północnej. Współczesne Problemy Hydrogeologii. Wyd. SGGW-AR: 202–208.
- ZUBER A., WEISE S.M., OSENBRÜCK K. & MATEŃKO T. 1997 — Origin and age of saline waters in Busko Spa (southern Poland) determined by isotope, noble gas and hydrochemical methods: evidence of interglacial and pre-Quaternary hot climate recharge. App. Geochem., 12: 643–660.