UKD 553.7+553.7.031:551.734/.763].001.8:551.244.2(438.11–0)

Leszek BOJARSKI, Zenobiusz PŁOCHNIEWSKI, Jadwiga STACHOWIAK

Wody mineralne i termalne warszawskiej niecki brzeżnej

Na podstawie wyników opróbowania głębokich otworów dokonano oceny możliwości wykorzystania wód mineralnych do celów praktycznych. Określono skład chemiczny wód, warunki hydrodynamiczne i termiczne w poszczególnych poziomach zbiornikowych. Badaniami objęte były poziomy wodonośne od dewonu do kredy. Szczegółowo omówiono utwory mezozoiku, które tworzą najlepsze zbiorniki termalnych wód mineralnych w warszawskiej niecce brzeżnej.

WSTĘP

Od odkrycia i udokumentowania wód mineralnych w Konstancinie koło Warszawy minęło kilkanaście lat. Dotychczas wody te nie są wykorzystywane, na co złożyły się różne przyczyny, głównie zaś trudności z odprowadzeniem wód zużytych. Niezależnie jednak od tego w ostatnich latach obserwuje się duże zainteresowanie wodami mineralnymi w rejonie Warszawy. Z jednej strony wiąże się to ze znacznym postępem w rozpoznawaniu tych wód, z drugiej zaś z wysuwaniem przez różne instytucje i osoby prywatne koncepcji wykorzystania wód mineralnych, szczególnie zaś termalnych. Koncepcje te różnią się bardzo sposobem wykorzystania wody (surowiec dla miejskiego ośrodka balneologicznego, woda do napełniania basenów w ośrodkach rekreacyjnych, do ogrzewania obiektów, do produkcji energii elektrycznej) i realnością sugerowanych rozwiązań. W tej sytuacji autorzy uważają za celowe omówienie wód mineralnych i termalnych okolic Warszawy wraz z oceną możliwości ich wykorzystania. Informacje podano dla obszaru warszawskiej niecki brzeżnej, której granice przyjęto według opracowań regionalnych wykonywanych w Instytucie Geologicznym (m.in. B. Paczyński, 1977).

STAN ROZPOZNANIA WÓD MINERALNYCH I TERMALNYCH

W warszawskiej niecce brzeżnej oraz na obszarach bezpośrednio do niej przyległych wody mineralne i termalne występują na znacznych głębokościach i zostały rozpoznane głównie w wyniku badań hydrogeologicznych w głębokich otworach wiertniczych. W latach 1958–1977 wykonano ok. 60 otworów wiertniczych, w których przeprowadzono 185 opróbowań najważniejszych poziomów z chłodnymi i termalnymi wodami mineralnymi. Zakres oraz jakość wykonanych opróbowań hydrogeologicznych były bardzo różne i uzależnione od celu wykonywanego otworu. W wielu przypadkach uzyskany materiał mógł być obarczony znacznymi błędami.

Podstawowy materiał artykułu stanowią wyniki badań hydrogeologicznych przeprowadzonych w otworach Instytutu Geologicznego, przy czym w wielu wykonano pełny ich zakres. Dwa otwory (Warszawa IG 1 i Wilga IG 1) zostały przeznaczone do eksploatacji i przekazane Ministerstwu Zdrowia i Opieki Społecznej.

Dużo wątpliwości budziły niekiedy dane pochodzące z otworów górnictwa naftowego i gazownictwa. Badania hydrogeologiczne wykonywane tam były za pomocą próbników złoża i nie zawsze można było wyeliminować wpływ płuczki wiertniczej na skład chemiczny wody. Mimo tego dysponowano dużą ilością materiałów charakteryzujących wody mineralne i termalne występujące w różnych wiekowo utworach. Najwięcej danych zgromadzono dla poszczególnych oddziałów jury i kredy, a pewne rozpoznanie osiągnięto również dla triasu i permu.

Wody mineralne i termalne warszawskiej niecki brzeżnej lub okolic Warszawy omawiane były w kilku opracowaniach poświęconych obszarowi całej Polski lub Niżowi Polskiemu oraz w kilku opracowaniach archiwalnych dotyczących wyłącznie regionu warszawskiego. Prace te nie pokrywają się z prezentowanym artykułem ani pod względem obszaru, ani też ujęcia tematu.

WARUNKI HYDROGEOCHEMICZNE I HYDRODYNAMICZNE

W warszawskiej niecce brzeżnej obserwuje się bardzo duże różnice położenia stropu wód mineralnych oraz niewielkie różnice położenia stropu wód termalnych (fig. 1). Strop wód mineralnych występuje na głęb. od 200 do ponad 1000 m. Płytkie pojawianie się tych wód stwierdzono w północno-zachodniej części niecki w utworach kredy górnej, a nawet trzeciorzędu. Ku południowi strop wód mineralnych obniża się do głęb. ponad 1000 m (Z. Płochniewski, 1977; C. Kolago, Z. Płochniewski, 1977). Strop wód termalnych występuje na głęb. od ok. 550 do ponad 700 m.

Zależność mineralizacji wody i temperatury skał od głębokości przedstawia fig. 2. W utworach kredy wzrost mineralizacji wody z głębokością jest bardzo powolny, co świadczy o zasilaniu wód tego poziomu wodami infiltracyjnymi, w utworach jury natomiast następuje on stosunkowo szybko, co może świadczyć o utrudnionej wymianie wód. Określony przez J. Dowgiałłę (1971) gradient hydrogeochemiczny dla Polski północnej wynosi 0,5–26 g/dm^3/100 m. Gradient geotermiczny w omawianej niecce zmienia się od 1,85 do 2,2° C/100 m (J. Majorowicz, 1977).

Chłodne i termalne wody mineralne o znaczeniu praktycznym występują w osadach kredy dolnej oraz jury górnej, środkowej i dolnej. Utwory triasu zawierają silnie stężone solanki, których znaczenie praktyczne jest minimalne.

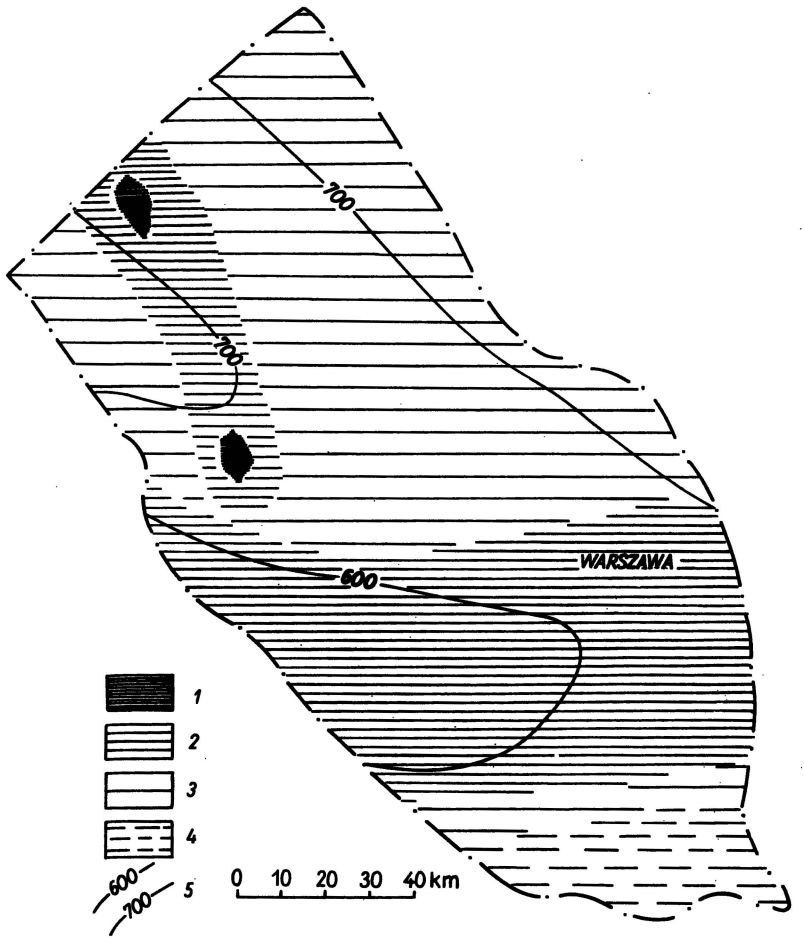

Fig. 1. Głębokość stropu wód mineralnych i termalnych w warszawskiej niecce brzeżnej
Depth of occurrence of table of mineral and thermal waters in the Warsaw marginal basin

Głębokość stropu wód mineralnych (w metrach poniżej powierzchni terenu): 1 – 100–200, 2 – 200–500, 3 – 500–1000, 4 – ponad 1000; 5 – izolinie stropu wód termalnych w metrach poniżej powierzchni terenu

Depth of occurrence of table of mineral waters (in metres below terrain surface): 1 – 100–200, 2 – 200–500, 3 – 500–1000, 4 – over 1000; 5 – isolines of top of thermal waters in metres below terrain surface

Utwory kredy dolnej w warszawskiej niecce brzeżnej są dobrze rozwinięte i osiągają duże miąższości. W północno-wschodniej części tej jednostki obserwuje się olbrzymią redukcję osadów, prowadzącą niejednokrotnie do luk stratygraficznych typu sedymentacyjnego i erozyjnego. Poziomami wodonośnymi są tu kolejno osady: walanżynu środkowego, wykształcone w postaci piaskowców drobnoziarnistych (10–30 m miąższości w części zachodniej i ok. 7 m w części wschodniej), hoterywu górnego, wykształcone w postaci piaskowców drobnoziarnistych z przemazami ilastymi (20–60 m miąższości w części zachodniej i 8–43 m w części wschodniej) oraz barremu i albu środkowego (13–65 m miąższości), wykształcone w postaci piasków i piaskowców drobno- i średnioziarnistych z prze-

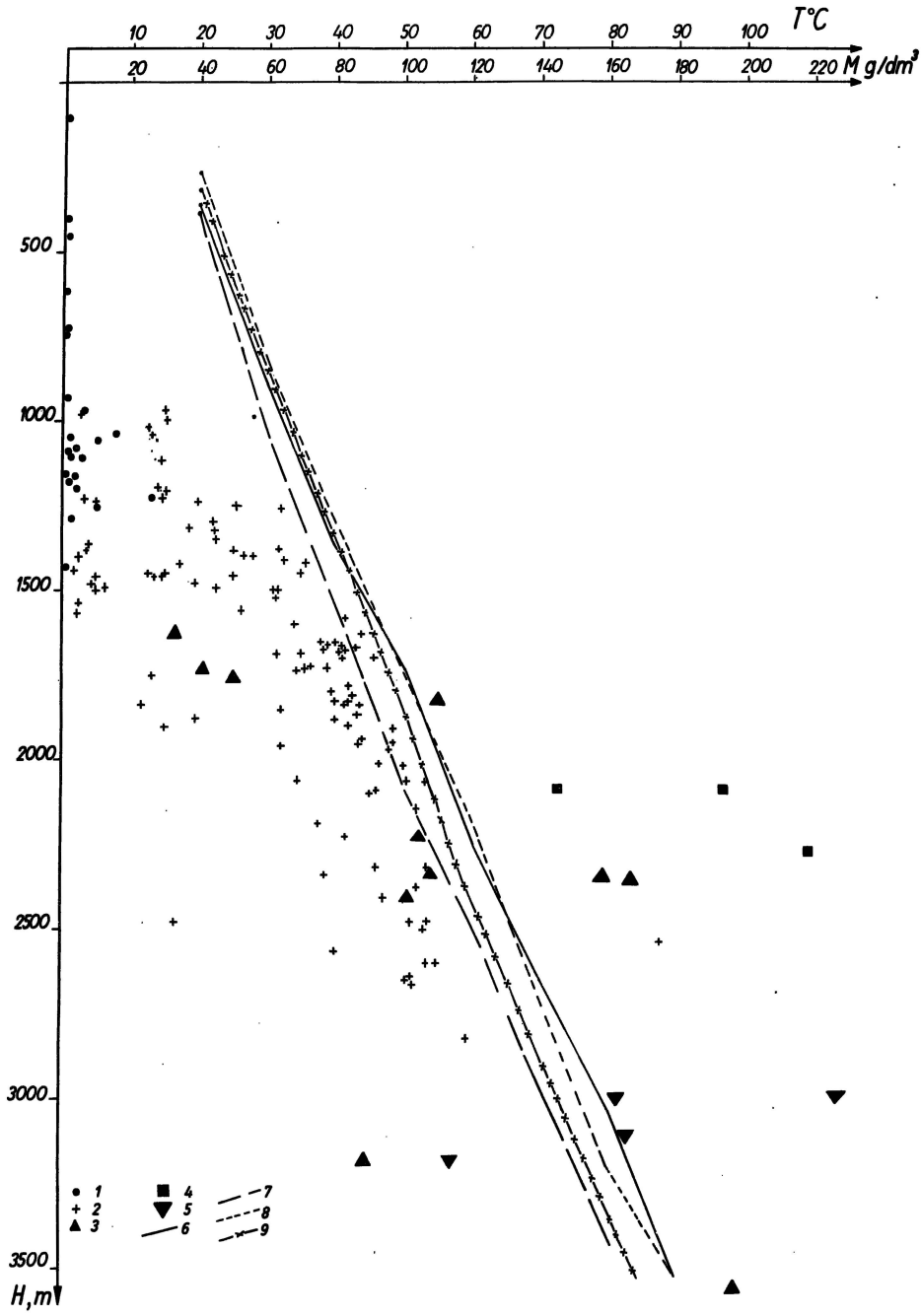

Fig. 2. Zależność mineralizacji (*M*) i temperatury (*T*) od głębokości (*H*)
Dependence of mineralization (*M*) and temperature (*T*) on depth (*H*)

Mineralizacja wody w utworach: 1 – kredy, 2 – jury, 3 – triasu, 4 – permu, 5 – karbonu i dewonu; temperatura skał w otworach: 6 – Płońsk IG 2a, 7 – Izdebno IG 1, 8 – Mszczonów IG 2, 9 – Sierpc 2

Mineralization of water in: 1 – Cretaceous, 2 – Jurassic, 3 – Triassic, 4 – Permian, 5 – Carboniferous and Devonian rocks; temperature of rocks in boreholes: 6 – Płońsk IG 2a, 7 – Izdebno IG 1, 8 – Mszczonów IG 2, 9 – Sierpc 2

warstwieniami ilasto-mułowcowymi w górnej partii. Najobfitszy poziom wodonośny z wodami mineralnymi stanowią utwory barremu i albu środkowego.

Wody mineralne i termalne w utworach kredy dolnej (fig. 3) należą do typu $Cl-HCO_3-Na$, $Cl-SO_4-Na$ oraz $Cl-Na$. Mineralizacja ich we wszystkich warstwach wodonośnych zmienia się od kilkuset mg/dm³ do 20 g/dm³.

W zachodniej części niecki utwory kredy dolnej zawierają wody typu $HCO_3-Cl-Na$ oraz $Cl-SO_4-Na$ o mineralizacji do 1 g/dm³. Poziom ten zasilany jest tu wodami infiltracyjnymi, dzięki czemu następuje dość żywa wymiana wód. W części północno-wschodniej i wschodniej niecki utwory kredy dolnej są dość dobrze izolowane od wpływu infiltracji, w związku z czym wody wykazują wyższą mineralizację. Zmienia się również typ chemiczny wody z $Cl-SO_4-Na$ na $Cl-Na$.

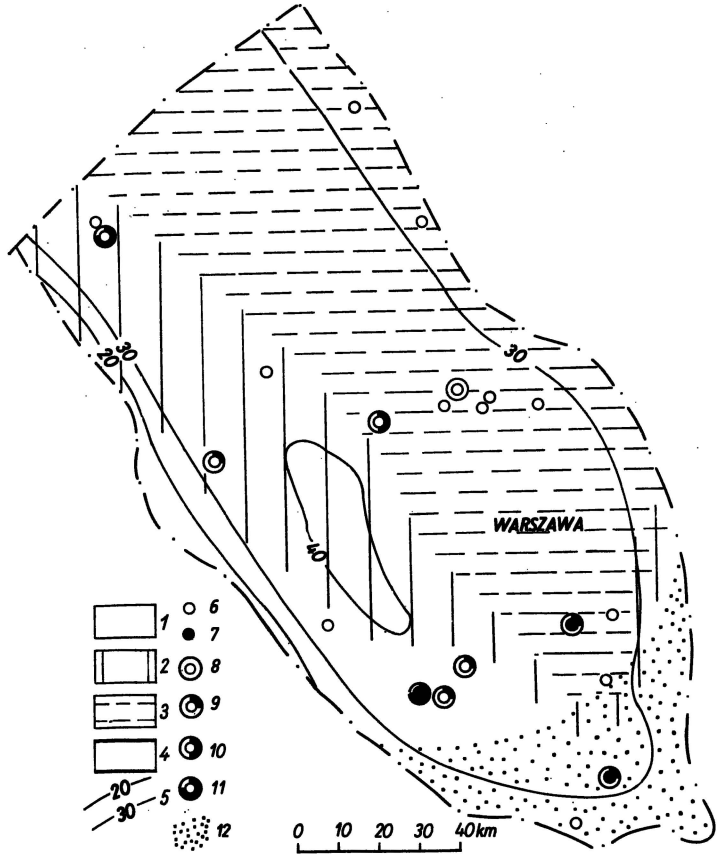

Fig. 3. Wody mineralne i termalne w utworach kredy dolnej warszawskiej niecki brzeżnej
Mineral and thermal waters in Lower Cretaceous rocks of the Warsaw marginal basin

Mineralizacja wody (w g/dm³): 1 – do 1, 2 – 1–5, 3 – 5–10, 4 – 10–35; 5 – izolinie temperatury wody w złożu (w °C) dla środkowej części profilu utworów; otwory wiertnicze, w których stwierdzono na wypływie wody o temperaturze: 6 – nieokreślonej, 7 – ponad 20°C; dopływy wody do otworów wiertniczych (w m³/h): 8 – poniżej 1, 9 – 1–10, 10 – 10–20, 11 – ponad 20; 12 – obszar samowypływu wody

Water mineralization (in g/dm³): 1 – below 1, 2 – 1–5, 3 – 5–10, 4 – 10–35; 5 – isolines of water temperature in deposit (in °C) for middle part of the profile; boreholes with outflow of water with temperature: 6 – undefined, 7 – over 20°C; water inflow to boreholes (in m³/h): 8 – below 1, 9 – 1–10, 10 – 10–20, 11 – over 20; 12 – areas of artesian flow

Posługując się wskaźnikiem $\frac{rNa^+}{rCl^-}$, uznanym za pomocniczy przy ustalaniu genezy wód podziemnych, można wysnuć wniosek, że w zachodniej części warszawskiej niecki brzeżnej zaznacza się kontakt ze słodkimi wodami infiltracyjnymi $\left(\frac{rNa^+}{rCl^-} > 1\right)$, we wschodniej części niecki kontakt ten jeszcze istnieje, ale jest już utrudniony $\left(\frac{rNa^+}{rCl^-}\right.$ od 0,87 do $\left.1{,}0\right)$, w centralnej zaś izolacja poziomów wodonośnych jest dobra i wymiana utrudniona $\left(\frac{rNa^+}{rCl^-} < 0{,}87\right)$.

Wody w utworach kredy dolnej należy zaliczyć do górnej strefy hydrochemicznej. Mineralizacja ich jest głównie wynikiem rozpuszczania, w związku z czym zachodzi ścisła zależność składu chemicznego wody od litologicznego charakteru środowiska geologicznego. Dopływy wód są duże, co wiąże się z wysoką porowatością efektywną (33,3%) i przepuszczalnością (6786 md) piaskowców i piasków kredy dolnej. W wielu przypadkach stwierdzone wydajności są znacznie zaniżone, ponieważ pomiary przeprowadzano w otworach nie zafiltrowanych, co powodowało powstawanie korków piaszczystych i często zanik przypływu.

W południowej części warszawskiej niecki brzeżnej istnieją bardzo korzystne warunki ciśnieniowe. Wody o różnym stopniu mineralizacji wypływają tu na powierzchnię samoczynnie (fig. 3). W przypadkach korzystnej konfiguracji powierzchni terenu zwierciadło statyczne ustala się na wysokościach do 30 m ponad terenem. W głębszej części niecki powierzchnia piezometryczna zapada ku północy, a poziomy hydrostatyczne obniżają się do 51 m poniżej powierzchni terenu (rzędna 40–50 m n.p.m.).

Temperatura wód w utworach kredy dolnej zmienia się w zależności od głębokości poziomu wodonośnego. Na przeważającej części obszaru wynosi ona niewiele ponad 30°C. W południowo-zachodniej części niecki, gdzie utwory kredy dolnej występują na większych głębokościach, temperatura w złożu przekracza 40°C, zaś na wypływie z ujęcia wynosi od kilkunastu do 28°C.

Utwory jury górnej reprezentowane są przez różne typy osadów węglanowych: wapienie pelitowe, oolitowe, detrytyczne, margliste, dolomityczne, mułowce, muszlowce i niekiedy anhydryty.

W utworach portlandu, wykształconego głównie w postaci łupków i mułowców marglistych, stwierdzono niewielkie ilości wód typu Cl–Na o mineralizacji od kilku do ponad 60 g/dm³. Porowatość efektywna tych osadów osiąga 30%, natomiast przepuszczalność jest bardzo niska i waha się w granicach 0,120–1,097 md.

Mało korzystny poziom wodonośny jury górnej stanowią osady kimerydu reprezentowane przez margle, wapienie detrytyczne i oolitowo-onkolitowe. Porowatość efektywna tych utworów dochodzi do 15%, a przepuszczalność maksymalna do 193,0 md. Występują tu wody mineralne głównie typu Cl–Na o mineralizacji 5,2–81,0 g/dm³.

Najkorzystniejszy poziom wodonośny z wodami mineralnymi stanowią utwory oksfordu, wykształcone w postaci porowatych wapieni oolitowych i detrytycznych. Poziom ten został dość dokładnie zbadany w otworach Instytutu Geologicznego oraz górnictwa naftowego i gazownictwa. Porowatość efektywna tych osadów w kilkunastu zbadanych otworach wynosi 4,8–34,3%, a przepuszczalność 0,063–1170 md.

Wody mineralne w utworach oksfordu należą głównie do typu Cl–Na, rzadziej Cl–Na–Ca oraz Cl–SO_4–HCO_3–Na. Tylko w południowej części niecki obserwuje się wody typu HCO_3–Cl–Ca–Na i Cl–HCO_3–SO_4–Na o mineralizacji 1–10 g/dm³, co wskazuje na zasilanie omawianego poziomu w tej części niecki.

Wskaźnik równoważnikowy $\frac{rNa^+}{rCl^-}$ dla tego obszaru wynosi 1,4–4,5, a stosunek $\frac{rSO_4^{2-} \cdot 100}{rCl^-}$ mieści się w granicach 40–144, co potwierdza duży wpływ wód infiltracyjnych.

W zachodniej i wschodniej części niecki wody w utworach oksfordu znajdują się w warunkach utrudnionej wymiany ($\frac{rNa^+}{rCl^-}$ w granicach 0,87–1,2, a $\frac{rSO_4^{2-} \cdot 100}{rCl^-} < 24$).

W centralnej części tej jednostki wskaźnik $\frac{rNa^+}{rCl^-}$ jest zawsze niższy od 0,87, co przy wysokiej mineralizacji wody (do 90 g/dm³) wskazuje na długi okres jej odizolowania od wpływów wód infiltracyjnych. W otworze Pułtusk 1 w utworach oksfordu stwierdzono wody Cl–Na–Ca o mineralizacji 25 g/dm³. Z pojedynczego otworu uzyskiwano dopływy od kilkuset litrów na godzinę do ponad 20 m³/h i dlatego poziom ten należy traktować jako perspektywiczny do ujmowania wód mineralnych. Temperatura wody w złożu zmienia się wraz z głębokością od ok. 30 do ponad 60°C (fig. 4).

Utwory jury środkowej tylko lokalnie tworzą poziom wodonośny. Najbardziej zasobne w wody są piaskowce z przewarstwieniami mułowców i iłowców kujawu górnego w zachodniej części niecki. Z pojedynczego otworu dopływ dochodzi niekiedy do ponad 20 m³/h. W południowej części niecki z osadów tych stwierdzono samowypływy wód (fig. 4).

Utwory jury dolnej występują na dość dużych głębokościach i zawierają przeważnie wody o wysokiej mineralizacji (do ponad 100 g/dm³). Najkorzystniejsze poziomy wodonośne stanowią piaskowce z przewarstwieniami mułowców i iłowców hettangu, dommeru i toarsu. Porowatość efektywna piaskowców waha się od 6,25 do 38,6%, a przepuszczalność od 30 do 7546 md. Występują tu wody Cl–Na i Cl–Na–Ca o mineralizacji od kilku do ponad 100 g/dm³.

W południowej części niecki obserwuje się duże wysłodzenie wód pod wpływem wód infiltracyjnych. Jest to również obszar, gdzie w utworach jury dolnej występują podwyższone ciśnienia złożowe, wywołujące samoczynne wypływy. Z otworu Wilga IG 1 uzyskano samowypływ wody Cl–Na w ilości 25 m³/h o mineralizacji 3,6 g/dm³ i temperaturze na wypływie 32°C, co świadczy o bardzo korzystnych warunkach hydrogeotermicznych i hydrodynamicznych (L. Bojarski, 1976). Wyraźnie zaznaczającą się strefę samowypływów wód przedstawiono na fig. 5.

W miarę pogrążenia się wodonośnych utworów jury dolnej na większe głębokości oraz wraz ze zwiększeniem się ich odizolowania od wpływu wód infiltracyjnych mineralizacja wody szybko wzrasta, a poziomy hydrostatyczne ustalają się poniżej powierzchni terenu. Temperatura wody w złożu zmienia się od ok. 40 do ponad 70°C (fig. 5), a na wypływie z ujęcia dochodzi do 42°C (otwór Raducz IG 1).

Utwory triasu nie tworzą korzystnych poziomów wodonośnych, choć pewne ilości wód mineralnych stwierdzono w osadach kajpru, wapienia muszlo-

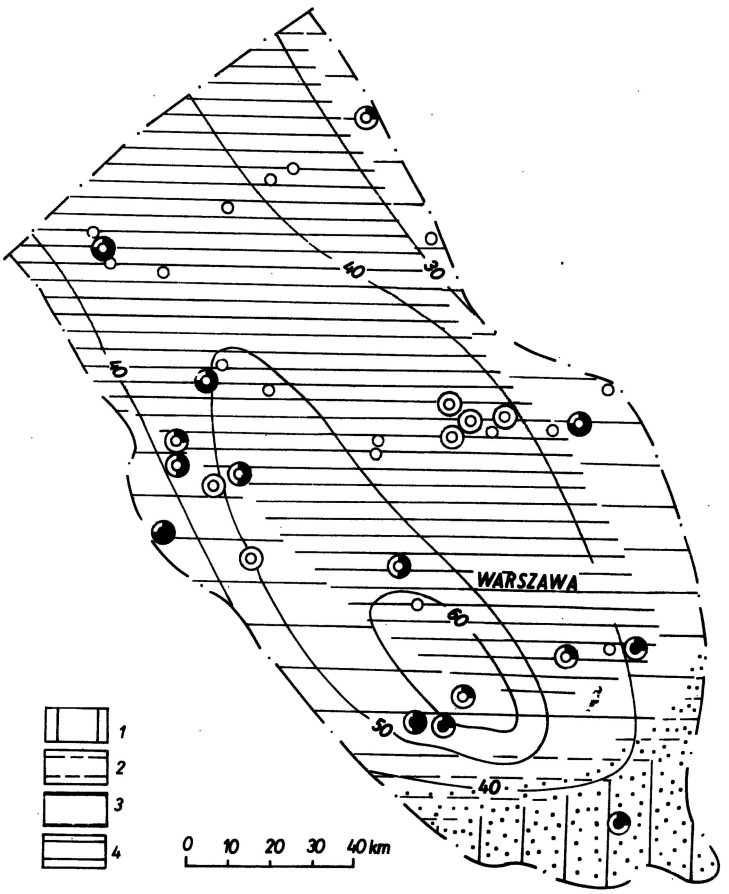

Fig. 4. Wody mineralne i termalne w utworach jury górnej i środkowej warszawskiej niecki brzeżnej
Mineral and thermal waters in Upper and Middle Jurassic rocks of the Warsaw marginal basin

Mineralizacja wody (w g/dm³): 1 – 1–5, 2 – 5–10, 3 – 10–35, 4 – 35–100; pozostałe objaśnienia jak na fig. 3

Water mineralization (in g/dm³): 1 – 1–5, 2 – 5–10, 3 – 10–35, 4 – 35–100; other explanations as in Fig. 3

wego i pstrego piaskowca. O wielkości dopływów brak jest danych, ale można przypuszczać, że są one niewielkie. Pod względem chemicznym wody te należą do typów: Cl–Na, Cl–Na–Ca. Ogólna ich mineralizacja wykazuje bardzo dużą zmienność przestrzenną. Dla wód z triasu górnego wynosi ona od ok. 30 g/dm³ w części południowej do ponad 100 g/dm³ w północnej, natomiast dla wód z pstrego piaskowca – od ok. 90 g/dm³ w części południowej do 200 g/dm³ w centralnej i północnej. Ze względu na małe dopływy wód ich wysoka temperatura w złożu nie ma większego znaczenia praktycznego.

Utwory p e r m u charakteryzują się słabymi właściwościami kolektorskimi, a ponadto na omawianym obszarze zostały zbadane tylko w 4 otworach. Osady te zawierają silnie stężone wody (140–280 g/dm³), których dopływy do otworów są niewielkie. Na wykresie ilustrującym zmianę mineralizacji wody z głębokością

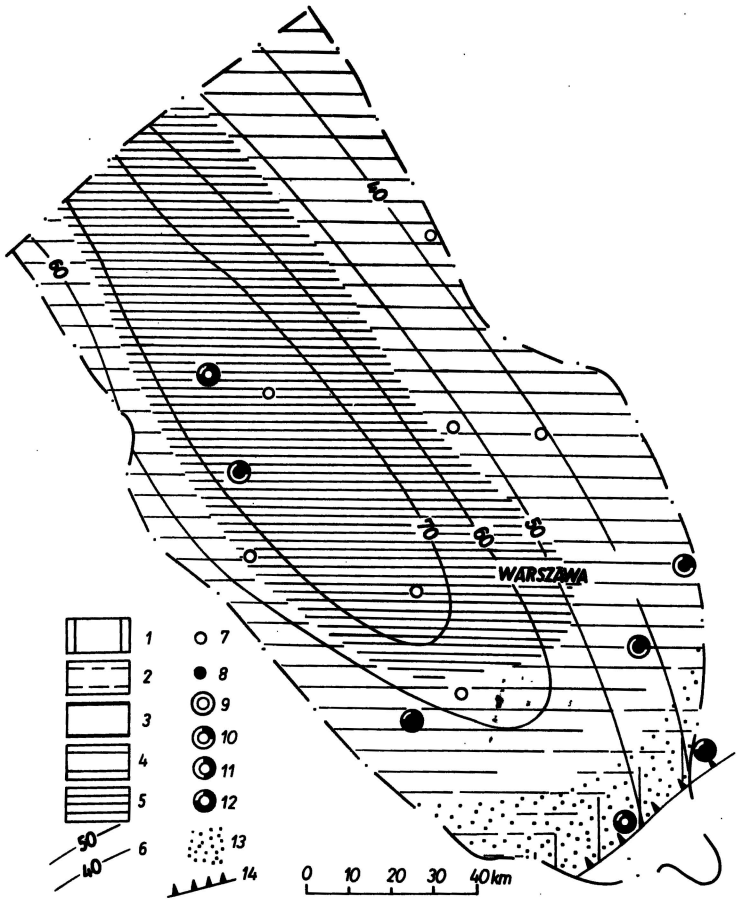

Fig. 5. Wody mineralne i termalne w utworach jury dolnej warszawskiej niecki brzeżnej
Mineral and thermal waters in Lower Jurassic rocks of the Warsaw marginal basin

Mineralizacja wody (w g/dm³): 1 – 1–5, 2 – 5–10, 3 – 10–35, 4 – 35–100, 5 – powyżej 100; 6 – izolinie temperatury wody w złożu (w °C) dla środkowej części profilu utworów; otwory wiertnicze, w których stwierdzono na wypływie wody o temperaturze: 7 – nieokreślonej, 8 – ponad 20°C; dopływ wody do otworów wiertniczych (w m³/h): 9 – poniżej 1, 10 – 1–10, 11 – 10–20, 12 – powyżej 20; 13 – obszar samowypływu wody; 14 – zasięg występowania utworów jury dolnej

Water mineralization (in g/dm³): 1 – 1–5, 2 – 5–10, 3 – 10–35, 4 – 35–100, 5 – over 100; 6 – isolines of water temperature in deposit (in °C) for middle part of the profile; boreholes with outflow of water with temperature: 7 – undefined, 8 – over 20°C; water inflow to boreholes (in m³/h): 9 – below 1, 10 – 1–10, 11 – 10–20, 12 – over 20; 13 – areas of artesian flow; 14 – extent of Lower Jurassic rocks

poziom ten zajmuje szczególną pozycję (fig. 2), co wiąże się zapewne z solonośnością utworów.

Wody w utworach karbonu i dewonu badane były tylko w południowej części niecki. Stwierdzono silnie stężone roztwory, a parametry charakteryzujące ich ilości nie zostały dotychczas dostatecznie określone.

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WÓD MINERALNYCH I TERMALNYCH

Do celów balneologicznych można wykorzystywać tylko te wody mineralne, które ze względu na skład chemiczny i cechy fizyczne mają właściwości lecznicze. Jako górną granicę mineralizacji wód leczniczych przyjmuje się 70 g/dm^3. Wody o wyższej mineralizacji muszą być rozcieńczane, co obniża ich wartość. Istotne znaczenie ma również ilość wody uzyskiwana za pomocą jednego otworu. Korzystną okolicznością jest wysoka temperatura wody na wypływie z ujęcia.

W przypadku wykorzystania termalnych wód mineralnych do celów rekreacyjnych stawia się im zazwyczaj następujące wymagania: temperatura na wypływie – ponad 30°C, mineralizacja wody – do 30 g/dm^3, wydajność pojedynczego otworu – ponad 20 m^3/h.

Posługując się tymi kryteriami można naświetlić możliwości wykorzystania wód mineralnych warszawskiej niecki brzeżnej do celów leczniczych i rekreacyjnych.

Do celów balneologicznych można wykorzystywać wody mineralne z utworów kredy dolnej, jury górnej (oksfordu) i jury dolnej. W kredzie dolnej należy poszukiwać wód Cl – Na o mineralizacji od kilku do ponad 20 g/dm^3. Przy optymalnej konstrukcji otworu można uzyskać z tych utworów od kilku do ponad 20 m^3/h wody nadającej się do celów leczniczych (wody pitne lub kąpielowe). Przy korzystnych warunkach hydrogeologicznych straty ciepła na drodze przepływu na powierzchnię mogą być niewielkie i wtedy będą to wody termalne. Z otworu Nadarzyn IG 1 (głęb. 1236 – 1240 m) uzyskano wody Cl – Na o mineralizacji 10,4 g/dm^3 i temperaturze na wypływie 29°C.

Wody mineralne z jury górnej, a głównie oksfordu, można wykorzystywać do celów leczniczych na znacznym obszarze niecki warszawskiej. Będą to wody Cl – Na, niekiedy Cl – Na – Ca o mineralizacji wzrastającej z głębokością do 60 g/dm^3. Średnią wydajność pojedynczego otworu należy szacować na 5 m^3/h, choć lokalnie przy korzystnych parametrach hydrogeologicznych można uzyskać do 20 m^3/h. Ze względu na stosunkowo małe wydajności temperaturę wody na wypływie ocenia się na 20 – 25°C.

W południowej części niecki do celów leczniczych mogą być wykorzystywane również wody mineralne z utworów jury dolnej. Bardzo sprzyjający jest fakt, że woda wypływa tu samoczynnie na powierzchnię terenu i nie ma konieczności stosowania pomp. Wzdłuż wychodni jury dolnej pod osadami młodszymi stwierdzono słabo zmineralizowane termalne wody Cl – Na, które mogą stanowić surowiec balneologiczny.

Wykorzystywanie wód do celów rekreacyjnych jest możliwe jedynie na mniejszych obszarach, gdyż do tego konieczne są większe wydajności i wyższe temperatury niż w przypadku wód do celów leczniczych. Najkorzystniejsze w tym przypadku są poziomy wodonośne kredy dolnej (rejon otworu Nadarzyn IG 1 i Raducz IG 1) oraz jury dolnej (południowa część niecki). Przy wykorzystywaniu wód do celów rekreacyjnych szczególnie ważnym problemem jest odprowadzenie znacznej ilości wód zużytych (pokąpielowych). W związku z tym najlepiej jest stosować wody o wysokiej temperaturze i małej mineralizacji. W przypadku wód o wysokiej mineralizacji trzeba je rozcieńczać zwykłą wodą podgrzewaną. Takie rozwiązanie trzeba byłoby zastosować np. przy ujmowaniu do celów rekreacyjnych mineralnych wód termalnych z utworów jury okolic Warszawy.

Warunki hydrogeotermiczne na omawianym obszarze nie są na tyle korzystne, aby istniejące tutaj termalne wody mineralne można było szeroko stosować do celów ogrzewczych. Pewne możliwości w tym zakresie istnieją w południowej części niecki (np. otwór Wilga IG 1), ale potencjał energetyczny tego surowca jest stosunkowo mały (zbyt niskie temperatury wody). Realne jest ogrzewanie małych obiektów pod warunkiem zastosowania pompy cieplnej lub minimalnych strat ciepła na drodze przepływu wody od warstwy wodonośnej do punktu ogrzewania. Bliższa ocena wód termalnych wymaga dalszych badań, a przede wszystkim ustalenia ich zasobów w ujęciu regionalnym wraz ze szczegółowym rozpoznaniem składu chemicznego.

Silnie zmineralizowane wody głębszych poziomów wodonośnych (trias, perm, dewon) mogą stanowić surowiec do produkcji niektórych pierwiastków chemicznych (np. brom), ale problem ten nie został dostatecznie zbadany (zasoby wody, zasoby interesujących pierwiastków itd.). Trzeba jednak podkreślić, że pod tym względem omawiany obszar nie należy do najatrakcyjniejszych w skali kraju.

Z powyższych informacji wynika, że w obrębie warszawskiej niecki brzeżnej, a szczególnie w jej południowej części, możliwe i celowe jest wykorzystywanie termalnych wód mineralnych do celów balneologicznych i rekreacyjnych.

Zakład Geologii Złóż Ropy i Gazu
Zakład Hydrogeologii i
Geologii Inżynierskiej
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 11 maja 1978 r.

PIŚMIENNICTWO

BOJARSKI L. (1976) – Termalne wody mineralne w okolicy Warszawy. Prz. Geol., **24**, p. 25–26, nr 1. Warszawa.

DOWGIAŁŁO J. (1971) – Studium genezy wód zmineralizowanych w utworach mezozoicznych Polski Północnej. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW., **13**, p. 134–218. Warszawa.

KOLAGO C., PŁOCHNIEWSKI Z. (1977) – Charakter wód mineralnych w przystropowej strefie ich występowania na obszarze Polski północno-wschodniej. Kwart. Geol., **21**, p. 345–351, nr 2. Warszawa.

MAJOROWICZ J. (1977) – Analiza pola geotermicznego Polski na tle Europy ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień tektonofizycznych i hydrogeotermalnych. Prz. Geol., **25**, p. 135–143, nr 3. Warszawa.

PACZYŃSKI B. (1977) – Regionalizacja ogólna wód podziemnych Polski. Kwart. Geol., **21**, p. 832–853, nr 4. Warszawa.

PŁOCHNIEWSKI Z. (1977) – Atlas hydrogeochemiczny Polski. Tablica 1. Mapa miąższości strefy wód słodkich (zwykłych). Inst. Geol. Warszawa.

Лешек БОЯРСКИ, Зенобиуш ПЛОХНЕВСКИ, Ядвига СТАХОВЯК

МИНЕРАЛЬНЫЕ И ТЕРМАЛЬНЫЕ ВОДЫ КРАЕВОЙ ВАРШАВСКОЙ ВПАДИНЫ

Резюме

Достаточная изученность минеральных вод краевой Варшавской впадины позволила оценить перспективы их использования.

В пределах упомянутой впадины и на сопредельных с ней площадях минеральные и термальные воды находятся на довольно большой глубине. Эти воды исследовались в 60 скважинах, пробуренных в 1958—1977 годах. По результатам опробования этих скважин составлена характеристика гидрохимических, гидродинамических и гидротермических условий в отложениях от девона до мела.

Наиболее благоприятные коллектора минеральных и в том числе термальных вод имеются в отложениях нижнего мела и юры. Для эксплуатации термальных минеральных вод наиболее благоприятные условия имеются на юге краевой Варшавской впадины, где происходит самоизлияние вод на поверхность.

В краевой части бассейна воды обычно типа $Cl-HCO_3-SO_4-Na$, переходящие по направлению к центру в воды типа $Cl-Na$, при одновременном росте их минерализации с нескольких до нескольких десятков г/дм³. Самая высокая температура воды на устье составляет 42°C. В будущем можно будет получать и более горячие воды (до 50°C). В благоприятных гидродинамических и геотермических условиях низкоминерализованные воды могут использоваться для обогрева, для чего необходимо проведение дальнейших специальных гидрогеологических работ.

Leszek BOJARSKI, Zenobiusz PŁOCHNIEWSKI, Jadwiga STACHOWIAK

MINERAL AND THERMAL WATERS OF THE WARSAW MARGINAL BASIN

Summary

Recent developments in studies of mineral waters of the Warsaw Marginal Basin made it possible to evaluate perspectives of use of these waters.

Mineral and thermal waters occur at large depths in the Warsaw Marginal Basin and adjoining areas. They were studied in 60 boreholes made in the years 1958–1977. The results of sampling of these boreholes were used to characterize hydrochemical, hydrodynamic and hydrothermal conditions in deposits ranging from the Devonian to Cretaceous in age.

The Lower Cretaceous and Jurassic rocks form the most suitable mineral and thermal water reservoirs. Conditions most advantageous for exploiting thermal waters were found in southern part of the Warsaw Marginal Basin, characterized by artesian flow.

Water of the $Cl-HCO_3-SO_4-Na$ type generally predominates in marginal parts of the basin, gradually passing into that of the $Cl-Na$ type towards the center. This is accompanied by increase in mineralization from a few to some dozens g/dm³. The highest temperature of water flowing to a borehole was 42°C but there are some possibilities to obtain warmer (about 50°C) mineral water.

Under advantageous hydrodynamic and geothermal setting, low-mineralized water may be also used for heating of objects but this would require further, especially designed hydrogeological surveys.