

Joanna BOJARSKA, Leszek BOJARSKI

Jurajskie solanki termalne Polski północnej i zachodniej

WSTĘP

W północno-zachodniej części Nizy Polskiego — w obrębie syneklizy perybałtyckiej, synklinorium i antyklinorium pomorskiego, synklinorium szczecińskiego i skrajnie północno-wschodniej części monokliny przed-sudeckiej — odwiercono kilkanaście głębokich otworów oporowych (W. Pożaryski, 1963, fig. 1). Celem wierceń było zbadanie osadów paleozoiku i mezozoiku oraz ocena możliwości występowania złóż węglowodorów, jak również zbadanie głębokich wód mineralnych oraz wykorzystanie ich w balneologii.

Materiały hydrogeologiczne z pierwszych wierceń oporowych uzyskano w 1960 r. Do tego czasu wody mineralne znane były ze źródeł i ujęć uzdrowisk nadmorskich, takich jak Kołobrzeg, Kamień Pomorski, Świnoujście itp., gdzie temperatura solanek wynosi poniżej 15°C. Jedynie w centralnej części Polski — w Ciechocinku — występowały solanki termalne o temperaturze wody około 38°C (J. Samsonowicz, 1954).

Duże znaczenie wód termalnych w balneologii jako naturalnego źródła ciepła dało podstawy do licznych hipotez dotyczących możliwości występowania term na Nizy Polskim (J. Dowgiałło, 1961; L. Bojarski, 1966b).

Zagadnienie to jest niezwykle ważne dla dużych uzdrowisk nie posiadających ujęć wód mineralnych i termalnych i mogłoby być rozwiązane przy zastosowaniu głębokich wierceń. Podwyższona temperatura wód podziemnych uzależniona jest w dużej mierze od stopnia geotermicznego, co dawało podstawy do przypuszczenia, że w miarę zwiększenia głębokości występują wody mineralne o coraz wyższej temperaturze.

Pierwsze potwierdzenie tej hipotezy możliwe było dzięki odwierceniu kilku głębokich otworów oporowych, gdzie przebadano poziomy wodonośne oraz wykonano profilowanie termiczne (S. Depowski, 1960; L. Roman, 1962). Wyniki badań uzyskane z otworów wykonanych przez Instytut Geologiczny i przemysł naftowy dały podstawę do wydzielenia regionów perspektywicznych dla odkrycia wód termalnych. Głęboki otwór wiertniczy (około 2700 m głębokości) wykonany w pobliżu największego w Polsce sanatorium w Połczynie Zdroju został przebadany

Tabela 1

Temperatura wód jurajskich

Lp.	Nazwa otworu	Stratygrafia; głębokość perforacji w m	Typ wody	Przyływ w m ³ /godz	Poziom hydrostatyczny w m	Temperatura wody w złożu w °C	Temperatura w interwale jurajskim w °C	Temperatura próbki wody w °C	Głębokość pobrania próbki w m
1	Gołdap	lias 676 ÷ 664	0,7% chlorkowo-sodowa	—	—70	15,0	12,2 ÷ 15,5	11	600
2	Bartoszyce	lias 742 ÷ 732	1,1% chlorkowo-sodowa	0,8	samowypływ	18,6	od 16	12	na samowypływie
		malm 603 ÷ 597	2,7% chlorkowo-sodowa	—	—540	18,0	do 19	9	600
3	Paśłek	malm 775 ÷ 765	1,3% chlorkowo-sodowa, Br.	0,7	samowypływ	21,8	19,4 ÷ 20,7	15	na samowypływie
4	Nidzica	lias 1575 ÷ 1555	5,3% chlorkowo-sodowa, Br.	0,2	—810	34,5	37 do 27	—	—
		dogger 1430 ÷ 1420	3,6% chlorkowo-sodowa, Br.	0,5	—210	32,5		—	1400
		malm 1135 ÷ 1115	3% chlorkowo-sodowa, Br.	1,6	—110	28		20	1035
5	Darłowo 2	lias 868 ÷ 873	4,3% chlorkowo-sodowa, Br.	18,0	samowypływ	28	—	26	na samowypływie
6	Koszalin	lias 915 ÷ 880	6,9% chlorkowo-sodowa, Br.	0,15	—70	23,3	26	20	560
7	Jamno 3	lias 895 ÷ 875	7% chlorkowo-sodowa, Bt.	10,0	samowypływ	26	—	23	na samowypływie
8	Półczyna	kajper górny 1235 ÷ 1175	7,4% chlorkowo-sodowa, Br. i J	7,0	—52,3	25	—	19	pompa z gł. 130
9	Kamień Pomorski	wapień muszlowy + kajper 1053 ÷ 977	j.w.	0,72	samowypływ +30	31	—	18	na samowypływie
10	Oświno	dogger 2024 ÷ 2004	10,4% chlorkowo-sodowa, Br. i J	0,1	—87,5	68	68 ÷ 74	23	1900
		malm 1820 ÷ 1800	3,2% chlorkowo-sodowa, Br. i J	0,06	—131,8	63,5	56 ÷ 68	54	1711
11	Gorzów Wlkp.	lias 1000 ÷ 1020	6,4% chlorkowo-sodowa, Br. i J	18,0	samowypływ +50	41,5	32 ÷ 54	37,8	na samowypływie
12	Środa	lias 1020 ÷ 1012	0,8% chlorkowo-sodowa	40	samowypływ +8	42,5	14 ÷ 54	40,3	na samowypływie

w kilku poziomach w celu wyjaśnienia możliwości występowania solanki o wysokiej temperaturze. Niestety, napotkano tu na niesprzyjające warunki ciśnieniowe basenu zbiornikowego, w którym poziomy hydrostatyczne ustaliły się kilakset metrów poniżej powierzchni terenu i trudne były do eksploatacji. Ujęty poziom wodonośny kajpru górnego posiadał temperaturę wody eksploatacyjnej 19°C.

Głębokie otwory geologiczne odwiercone w korzystniejszych warunkach ciśnieniowych typu artezyjskiego pozwoliły na ujęcie wód termalnych. Są to otwory: Kamień Pomorski, Jamno 3 oraz Środa 2, które zostały przekazane Ministerstwu Zdrowia i Opieki Społecznej dla celów balneologiczno-leczniczych.

METODYKA BADAŃ

Specyfika wiercenia głębokich otworów oraz sposób zamykania horyzontów wodonośnych, opróbowania poziomów wodonośnych oraz wykonywania pomiarów hydrogeologicznych mają wpływ na jakość uzyskanych wyników w większym stopniu niż w otworach hydrogeologicznych.

Temperaturę wody mierzono w złożu oraz na powierzchni ziemi zaraz po wydobyciu próbek lub w przypadku samowypływu u wylotu rur.

Pomiar temperatury w złożu wykonuje się termometrem elektrycznym zapuszczonym na kablu geofizycznym w trakcie głębiania otworu lub zaraz po jego zakończeniu. Profilowanie termiczne w otworze prowadzi się dwoma sposobami mającymi wpływ na jakość uzyskanych wyników:

1. Po 48 godz. stójki w otworze, kiedy nie nastąpiło jeszcze całkowite wyrównanie między temperaturą płuczki wiertniczej a temperaturą złoża. Wyniki pomiarów temperatury są zaniżone 2÷5°C w zależności od głębokości i temperatury płuczki w otworze. Pomiar profilowania termicznego wykonuje się przed każdym zarurowaniem oraz po zakończeniu wiercenia (W. N. Dachnow, 1952).

2. Po 10 dniach stójki, kiedy płyn w otworze przyjmuje temperaturę złoża i wynik temperatury nie jest zakłócony obecnością płuczki. Metoda ta z zasady daje dobre wyniki i jest podstawą do obliczania stopnia geotermicznego. Do tego celu otwór musi być zarurowany, a płuczka zamieniona na wodę, co nie w każdym przypadku jest możliwe.

Najbardziej interesujące z punktu badań termicznych są dwa otwory wiertnicze w regionie monokliny przedsudeckiej: Gorzów Wlkp. i Środa 2 (I. Sapała, w przygotowaniu do druku). W otworach tych badania przeprowadzono elektrycznymi termometrami oporowymi. Podstawą otrzymania dobrych wyników jest mała szybkość przemieszczania się termometru w czasie pomiaru. Wiąże się to z określoną bezwładnością układu pomiarowego. W idealnym przypadku taka prędkość nie powinna przekraczać 200 m/godz. Z reguły prędkość ta jest kilkakrotnie większa, co może mieć minimalny wpływ na jakość wyników.

Omawiane głębokie otwory Polski północnej i zachodniej wraz z wykonanymi badaniami termicznymi oraz badaniami poziomów zbiornikowych mają zadowalającą jakość wyników i zostały wybrane spośród innych jako podstawa do opracowania (S. Depowski, J. Królicka, B. Łaszcz, 1965).

Pomiar temperatury pobranej wody wykonuje się termometrem rtęciowym zaraz po wydobyciu próbki na powierzchnię ziemi. Pod względem praktycznego wykorzystania wody wyróżnia się temperaturę eksploatacyjną i temperaturę badawczą wody.

1. Temperatura eksploatacyjna wody jest to temperatura wody, jaką uzyskuje się przy eksploatacji ujęcia. Najkorzystniejsze wyniki otrzymuje się przy samowypływach lub przy zastosowaniu pomp głębinowych o dużych wydajnościach, co powoduje zmniejszenie różnicy temperatur wody w złożu i wody przy wypływie.

2. Temperatura badawcza wody jest temperaturą próbki wody pobranej z nad badanego horyzontu, zależy ona od prędkości wyciągania próbki na powierzchnię. Ochłodzenie próbki następuje w górnych partiach otworu, szczególnie wtedy, kiedy otwór jest wypełniony wodą, a szybkość wyciągania próbki jest mała. Woda ta nie ma praktycznego zastosowania z powodu małych wydajności złoża, niekorzystnych warunków ciśnieniowych powodujących znaczne obniżenie temperatury przy eksploatacji. Podział wód termalnych został przyjęty według klasyfikacji W. A. Prikońskiego (W. A. Prikoński, F. F. Łaptiejew, 1955).

CHARAKTERYSTYKA REGIONALNA JURAJSKICH WÓD MINERALNYCH

Przy poszukiwaniach wód termalnych ważnym czynnikiem jest duża wydajność, warunki ciśnieniowe typu artezyjskiego oraz nieduża głębokość badanych horyzontów, przy jednocześnie korzystnych warunkach termicznych.

Na podstawie analizy wyników szeregu opróbowanych otworów stwierdzono, że kryteria te w pewnym stopniu spełniają osady jury, szczególnie utwory liasu wykształcone w facji piaszczystej (tab. 1).

Stopień geotermiczny dla poszczególnych regionów geologicznych w Polsce jest bardzo zróżnicowany (Z. Pazdro, 1964). W zachodniej części Nizy Polskiego wynosi on $30 \div 40$ m/1°, a północno-wschodniej $40 \div 100$ m/1°, co było podstawą do wybrania terenu w krańcowo różnych warunkach geotermicznych. Poza zróżnicowaniem regionalnym stopnia geotermicznego istnieje duże zróżnicowanie temperatur na poszczególnych głębokościach jednego otworu wiertniczego, gdzie przyjmowanie średniej wartości stopnia geotermicznego powoduje duże błędy. Pomińmy tutaj średnie wartości stopnia geotermicznego dla poszczególnych regionów i przyjęliśmy dokładniejsze wyniki pomiarów temperatur w miejscu badanego horyzontu, a dla uzupełnienia przyjęliśmy wartości temperatur dla całego odcinka jurajskiego. Pozwoliło to na wydzielenie regionów występowania utworów jury w najkorzystniejszych warunkach hydrogeologicznych i geotermicznych.

SYNEKLIZA PERYBAŁTYCKA

W północno-wschodniej części Polski należącej do platformy wschodnioeuropejskiej utwory jury występują bezpośrednio pod piaskami glaukonitowymi kredy, tworząc niejednokrotnie wspólny poziom wodonośny. Utwory jury syneklizy perybałtyckiej i wyniesienia mazursko-suwałskiego posiadają podobne warunki hydrogeologiczne. Różnice między ty-

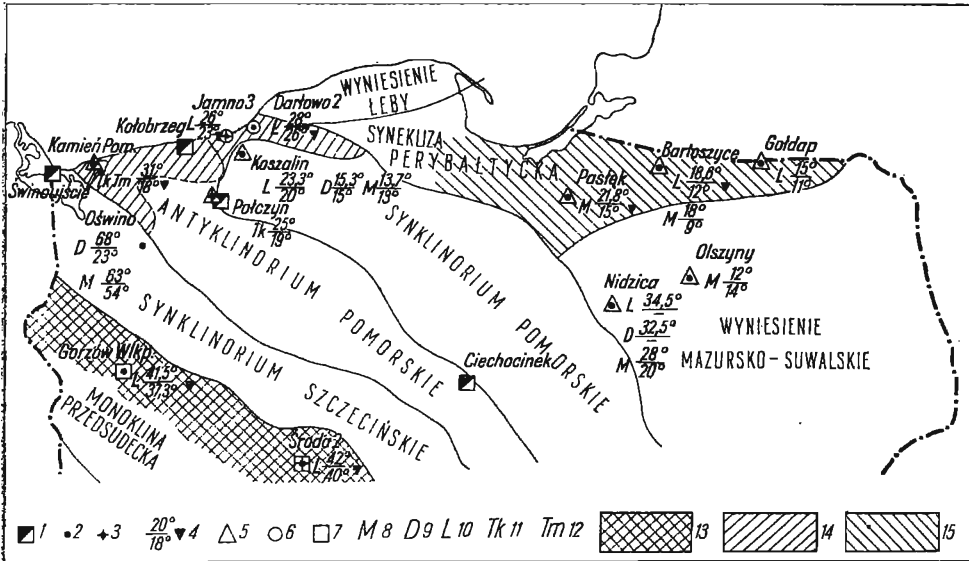


Fig. 1. Wody termalne w utworach jury Polski północnej i zachodniej

Thermal waters of the Jurassic in the northern and western areas of Poland

1 — duże uzdrowisko; 2 — otwór wiertniczy oporowy; 3 — ujęcie wody; 4 — temperatura w złożu = samowypływ; 5 — wody ziemne 20°C; 6 — wody ciepłe 20–37°C; 7 — wody gorące 37°C; 8 — poziom wodonośny malmu; 9 — poziom wodonośny doggeru; 10 — poziom wodonośny liasu; 11 — poziom wodonośny kajpru; 12 — poziom wodonośny wapienia muszlowego; 13 — obszar eksploatacyjny wód gorących; 14 — obszar eksploatacyjny wód ciepłych; 15 — obszar perspektywiczny dla odkrycia wód ciepłych

1 — big spa; 2 — base bore hole; 3 — water intake; 4 — temperature in deposits = spontaneous flow; 5 — cold water 20°C; 6 — warm water 20–37°C; 7 — hot water 37°C; 8 — Malm water-bearing horizon; 9 — Dogger water-bearing horizon; 10 — Lias water-bearing horizon; 11 — Keuper water-bearing horizon; 12 — Muschelkalk water-bearing horizon; 13 — exploitation area of hot water; 14 — exploitation area of warm water; 15 — promising area in search for warm water

mi dwiema jednostkami strukturalnymi zaznaczają się wyraźniej w trzasku oraz w paleozoiku.

W syneklizie perybaltyckiej malm, dogger i lias są silnie zredukowane. Malm wykształcony jest w postaci mułowców piaszczysto-marglistych z nielicznymi wkładkami piaskowców wapienistych oraz wapieni mułowcowych. Dogger reprezentują wapienie, piaskowce i margle z oolitami keloweju oraz osady piaszczysto-ilaste górnego batonu z wyraźną tendencją do redukcji w kierunku wschodnim, podobnie jak osady piaszczysto-ilaste liasu. Osady doggeru i liasu tworzą jeden poziom wodonośny, szczególnie wyraźny w strefach przybrzeżnych zbiornika sedymentacyjnego.

Na obszarze wyniesienia mazursko-suwalskiego występują tylko dolne ogniwa malmu, wykształcone w postaci wapieni rafowych i brekcjonowanych, w spągu z marglami piaszczystymi, oraz górne ogniwa doggeru reprezentowane przez wapienie piaszczyste z serią piaszczystą w spągu. Lias wykształcony jest przeważnie w facji ilastej i jedynie w części

środkowej występuje seria piaskowców od gruboziarnistych do bardzo drobnoziarnistych, 30÷70 m miąższości. Seria ta może być dobrym poziomem wodonośnym (L. Bojarski, 1966a).

We wschodniej części syneklizy perybałtyckiej, w miejscu gdzie podłoże krystaliczne znajduje się na głębokości 1630 m, w piaskowcach liasu występują wody 0,6‰ chlorkowo-sodowe o poziomie hydrostatycznym ustalonym 70 m poniżej powierzchni terenu i małej wydajności (Gołdap, tab. 1). Temperatura w złożu, w miejscu badanego horyzontu na głębokości 670 m, wynosi tylko 15°C, co jest jedną z najniższych w Polsce. Niekorzystane warunki geotermiczne i ciśnieniowe typu subartezyjskiego znacznie wpłynęły na obniżenie temperatury pobranej próbki, tzw. temperatury badawczej, do 11°C (W. A. Koszliak, 1960).

W głębszej partii zbiornika — w otworze Bartoszyce, gdzie podłoże krystaliczne występuje na głębokości poniżej 2100 m, warunki geotermiczne są minimalnie korzystniejsze. Temperatura w złożu na podobnej głębokości jak w regionie Gołdapu jest wyższa o 3,3°C i wynosi 18,3°C. Wody liasu 1,1‰ chlorkowo-sodowe występują w strefie ciśnień artezyjskich, co ma duże znaczenie praktyczne. Niestety, wydajność na samowypływie w ilości 0,8 m³/godz jest zbyt mała, aby woda mogła zachować temperaturę złoża na wypływie. Czas przepływu wody ze złoża na powierzchnię wynosił około 12 godzin, co całkowicie wystarczy, aby obniżyć temperaturę eksploatacyjną do 12°C.

W zachodniej części syneklizy perybałtyckiej, w miejscu gdzie podłoże krystaliczne występuje jeszcze niżej, tzn. na głębokości około 3000 m, zbadano mało przepuszczalne piaskowce malmu, zawierające 4,3‰ wody chlorkowo-sodowo-bromkowe o wydajności na samowypływie 0,7 m³/godz i temperaturze eksploatacyjnej 15°C (L. Bojarski, S. Depowski, 1963). Na odcinku utworów jurajskich temperatura w złożu wynosiła 19,4÷23,7°C, co daje możliwości uzyskania z piaskowców liasu, występujących w spągu jury, temperaturę eksploatacyjną powyżej 20°C. Jest to jedyny region w syneklizie perybałtyckiej, w którym z utworów jury można otrzymać wody termalne o znaczeniu praktycznym. Warunki geotermiczne i ciśnieniowe polepszają się ku zachodowi, co daje realne szanse odkrycia termalnych wód na zachód od Pasłęka.

Na południe od syneklizy perybałtyckiej — w obrębie zachodniej części wyniesienia mazursko-suwałskiego — utwory jury są pełniej wykształcone i występują na większych głębokościach, co daje większe perspektywy poszukiwawcze. Temperatura w złożu dla odcinka jurajskiego wynosiła 27÷37°C. W otworze Nidzica utwory malmu (1135÷1115 m), doggeru (1430÷1420 m) oraz liasu (1575÷1555 m) wykazały przyływy wód chlorkowo-sodowo-bromkowych o mineralizacji wzrastającej wraz z głębokością i wynoszącą odpowiednio: 29,5 g/l, 35,7 g/l oraz 53,0 g/l. Jednak z powodu małych wydajności przy niekorzystnych warunkach ciśnieniowych problematyczna jest możliwość eksploatacji wód z tych poziomów, a w szczególności uzyskania term o praktycznym znaczeniu.

Utwory jury w syneklizie perybałtyckiej i na wyniesieniu mazursko-suwałskim są więc mało perspektywiczne dla uzyskania wód termalnych.

SYNKLINORIUM I ANTYKLINORIUM POMORSKIE

W północno-zachodniej Polsce — w obrębie synklinorium i antyklinorium pomorskiego — osady jury są pełniej wykształcone i posiadają duże miąższości. W synklinorium pomorskim malm wykształcony jest prawie całkowicie w facji węglanowej i jedynie w kimerydzie dolnym występuje seria łupków ilastych. Spełnia ona rolę warstwy izolującej dla utworów doggeru i liasu, wykształconych w facji piaszczysto-ilastej. Osady jury na tym obszarze występują na różnych głębokościach. W antyklinorium pomorskim kolejne ogniwa jury występują prawie na powierzchni i przykryte są tylko cienką powłoką kenozoiku.

W synklinorium pomorskim poziomy wodonośne zbadano w północno-zachodniej części w otworach: Koszalin, Darłowo 2 i Jamno 3 (tab. 1). Najbardziej wysunięty na południe otwór Koszalin odwiercono w strefie subartezyjskiej, gdzie poziomy hydrostatyczne ustalały się poniżej powierzchni terenu. Temperatura złożowa na odcinku jurajskim wynosiła 13÷26°C. Utwory malmu na głębokości 230 m i liasu na głębokości 900 m miały odpowiednio temperaturę złożową 13,7°C i 23,3°C. Poziomy hydrostatyczne ustaliły się na głębokości 19 m i 70 m poniżej powierzchni terenu. Jedynie w poziomie liasowym temperatura złożowa mogła mieć praktyczne znaczenie dla ujęcia wód. Niestety, mała wydajność przy niskim poziomie hydrostatycznym przekreśliła szanse na ujęcie wód termalnych dla miasta Koszalina. Warunki ciśnieniowe polepszają się skrajnie w północnej części tego regionu w strefie nadmorskiej, gdzie z utworów liasu uzyskano samowypływy o stosunkowo wysokich wydajnościach.

W otworze Darłowo 2 z utworów liasu uzyskano samowypływ o wydajności wody 18 m³/godz 4,3‰ typu chlorkowo-sodowego. Temperatura wody w złożu na głębokości 870 m wynosiła 28°C, a na samowypływie 26°C, co daje minimalny spadek spowodowany przyływem przez górne partie otworu. Utwory liasu są jedynym perspektywicznym horyzontem, ponieważ zbadane niżej utwory permu i pstrego piaskowca pomimo lepszych warunków geotermicznych wykazywały małą wydajność i duży spadek temperatur wody na wypływie. Odkrycie poziomów wód termalnych możliwych do eksploatacji otworzyło perspektywy dla zaopatrzenia w nie ośrodków kuracyjnych w strefie nadmorskiej.

W podobnej sytuacji geologicznej i na takiej samej głębokości zbadano poziom wodonośny liasu w otworze Jamno 3. Podobnie jak w Darłowie 2 z kilku badanych poziomów permu i triasu jedynie poziom liasowy posiadał tu wystarczającą wydajność w ilości 10 m³/godz na samowypływie przy temperaturze eksploatacyjnej 23°C. Ponieważ w Darłowie 2 i Jamnie 3 przepuszczalność piaskowców jest jednakowa, mniejszą wydajność w Jamnie 3 można tłumaczyć większym ciężarem właściwym solanki, która wywiera większe przeciwcisnienie na dno otworu. Poziomy liasowy zawierał tu silnie zmineralizowane solanki 7‰ typu chlorkowo-sodowo-bromkowego. Otwór został ujęty i przekazany Ministerstwu Zdrowia i Opieki Społecznej. Solanka ma najwyższą temperaturę i mineralizację wśród licznych ujęć na terenach uzdrowisk nadmorskich Polski północno-zachodniej.

W części północnej antyklinorium pomorskiego — w obrębie struktury Kołobrzegu — w miejscu gdzie osady doggeru leżą bezpośrednio pod czwartorzędem (na głębokości 90 m), występują 5‰ solanki o temperaturze około 10°C.

Podobnie w zachodniej części tego regionu — w Kamieniu Pomorskim — ujęte 3,5‰ solanki wykazywały niską temperaturę.

Nieco podwyższoną temperaturę eksploatacyjną — 18°C — uzyskano z poziomu kajpru i wapienia muszlowego w otworze Kamień Pomorski. Mała wydajność w ilości 0,7 m³/godz przyczyniła się do spadku temperatury wody aż o 13°C w stosunku do temperatury złożowej. Poziom ten został ujęty i przekazany uzdrowisku do eksploatacji.

SYNKLINORIUM SZCZECIŃSKIE

I PÓŁNOCNO-WSCHODNIA CZĘŚĆ MONOKLINY PRZEDSUDECKIEJ

W synklinorium szczecińskim osady jury występują w centralnych partiach zbiornika na znacznej głębokości, gdzie temperatura w złożu jest podwyższona. Przebadane poziomy wodonośne malmu i doggeru w otworze Oświno wykazywały odpowiednią temperaturę złożową 56÷÷68°C i 68÷74°C, przy wydajnościach 0,06÷0,1 m³/godz, co zadecydowało o małym znaczeniu praktycznym tych wód. Perspektywiczne regiony powinny występować w peryferycznych częściach zbiornika o lepszych warunkach ciśnieniowych, lecz gorszych geotermicznych. Wyrażna poprawa warunków geotermicznych następuje na południu — w brzeżnej strefie monokliny przedsudeckiej, w miejscu gdzie występuje seria osadów liasu 350÷400 m miąższości, wykształcona w facji piaszczysto-ilastej. Temperatura w złożu w stosunku do głębokości występowania horyzontu jest jedną z większych wartości w Polsce. W otworze Gorzów Wlkp. i Środa 2 temperatura w złożu na głębokości 1020 m wynosiła odpowiednio 41,5÷42,5°C. W związku z dużą przepuszczalnością piaskowców uzyskano samowypływy o dużych wydajnościach, co pozwoliło na uzyskanie małych strat temperatury eksploatacyjnej. W otworze Środa 2 na głębokości 1020÷1012 m uzyskano gorącą wodę o temperaturze eksploatacyjnej 40,5°C, przy dużej wydajności 40 m³/godz. Otwór został ujęty i, być może, będzie początkiem przyszłego uzdrowiska. Perspektywy dla tego regionu wznoszą się w związku z możliwością odwiercenia gorących wód na głębokości około 1000 m, o dużej wydajności przy korzystnych ciśnieniach typu artezyjskiego. Ponieważ w podobnej sytuacji geologicznej uzyskano gorącą wodę o temperaturze 37,3°C w otworze Gorzów Wlkp., północno-wschodnią część monokliny przedsudeckiej należy uznać jako region perspektywiczny dla poszukiwań wód termalnych.

WNIOSKI

Temperatura wód podziemnych poziomu jurajskiego waha się w szerokich granicach 15÷68°C w zależności od stopnia geotermicznego i głębokości występowania poziomu wodonośnego.

W syneklizie perybałtyckiej występują niekorzystne warunki termiczne od 15° na wschodzie, gdzie podłoże krystaliczne występuje blisko powierzchni, do 23,7°C w kierunku zachodnim, gdzie podłoże krystaliczne występuje znacznie głębiej — na 3 tys. i więcej m (M. F. Bielakow, 1954).

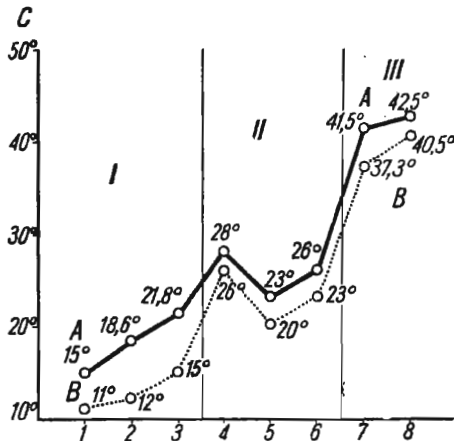
W synklinorium i antyklinorium pomorskim poprawiają się nieznacznie warunki geotermiczne, gdzie odpowiednie poziomy jurajskie mają $23,3\div 28^{\circ}\text{C}$ oraz bardzo wyraźnie w kierunku południowym — w obrębie północno-wschodniej części monokliny przedsudeckiej — gdzie temperatura w złożu wynosi około 40°C (fig. 2).

Fig. 2. Wykres temperatur

Diagram of temperature

Regiony geologiczne: I — synekliza perybałtycka; II — synklinorium pomorskie; III — monoklina przedsudecka; 1 — Goidap; 2 — Bartoszyce; 3 — Pasiek; 4 — Darłowo 2; 5 — Koszalin; 6 — Jamno 3; 7 — Gorzów Wielkopolski; 8 — Środa 2; A — krzywa temperatur wody w złożu; B — krzywa temperatur próbek wody

Geological regions: I — Peri-Baltic syncline, II — Pomeranian synclinorium, III — Fore-Sudetic monocline; 1 — Goidap; 2 — Bartoszyce; 3 — Pasiek; 4 — Darłowo 2; 5 — Koszalin; 6 — Jamno 3; 7 — Gorzów Wielkopolski; 8 — Środa 2; A — curve of temperature in deposits; B — curve of temperature of water samples



Obszar monokliny przedsudeckiej został ostatecznie uformowany podczas fazy laramijskiej orogenezy alpejskiej, czym należy tłumaczyć duże wartości geotermicznych gradientów. Według W. N. Dachnowa (1952) w strefach naruszonych ruchami górotwórczymi orogenezy alpejskiej występują wartości stopnia geotermicznego w granicach $25^{\circ}\text{C}/100\div 20^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Wiąże się to z niskim przewodnictwem cieplnym skał.

Możliwość eksploatacji wód termalnych o wysokich temperaturach złożowych zależy jest od dużej wydajności przy korzystnych warunkach ciśnieniowych, co pozwala na uzyskanie małych strat temperatury na wypływie.

Po uwzględnieniu wyżej wymienionych czynników wydzielono 3 następujące regiony perspektywiczne dla poszukiwań wód termalnych w utworach jury (fig. 1):

1. Region eksploatacyjny wód gorących w obrębie północno-wschodniej części monokliny przedsudeckiej.
2. Region eksploatacyjny solanek ciepłych w skrajnie północnej części synklinorium i antyklinorium pomorskiego.
3. Region perspektywiczny dla poszukiwań wód i solanek termalnych obejmujący centralną część syneklizy perybałtyckiej.

Region 1 charakteryzuje się bardzo korzystnym stopniem geotermicznym i dużą wydajnością wód na samowypływach. Regularnie przebiegający poziom wodonośny piaskowców liasu na głębokości około 1000 m występuje w obrębie temperatur wynoszących $41,5\div 42,5^{\circ}\text{C}$, co przy wydajnościach $18\div 40\text{ m}^3/\text{godz}$ daje bardzo wysoką temperaturę eksploatacyjną — około 40°C . Odkrycie wód gorących w regionie ubogim w ośrodki balneoklimatyczne daje duże perspektywy dla rozwoju uzdrowisk w tej części kraju.

Region 2 cechuje ciśnienie wód typu artezyjskiego przy niezbyt korzystnych warunkach geotermicznych. Temperatura złożowa w poziomie liasowym wynosi 26÷28°C, co przy wydajnościach 10÷18 m³/godz pozwala osiągnąć temperaturę eksploatacyjną 23÷26°C.

Region 3 charakteryzuje się warunkami ciśnieniowymi typu artezyjskiego przy niskich temperaturach złożowych, dochodzących maksymalnie do 24°C. Ponieważ w centralnej części syneklizy nie zbadano utworów liasu, należy się spodziewać, że przy większej głębokości uzyska się solankę ciepłą o znaczeniu praktycznym. Występowanie wód jurajskich na podobnej głębokości w różnych strefach gradientu termicznego daje duże różnice temperatur. Na omawianych głębokościach z zasady nie zachodzi zjawisko obniżania temperatury złożowej pod wpływem wód infiltracyjnych. Jedynie w warunkach silnie zaburzonych tektonicznie i tam, gdzie osady jury płytko zalegają, wody infiltracyjne mogą obniżać temperaturę złoża. Przykładem tego może być północna część synklinorium pomorskiego, gdzie silnie zaburzone osady jury występujące na niedużej głębokości mają temperaturę złożową niższą o 5°C od temperatury złożowej osadów jury zalegających spokojnie w blisko położonych otworach Darłowo 2 i Jamno 3.

Biuro Dokumentacji i Projektów Geologicznych PN

Warszawa, ul. Krucza 36

Zakład Geologii Ropy i Gazu

Instytutu Geologicznego

Warszawa, ul. Rakowiecka 4

Zakład Geologii Ropy i Gazu

Nadesłano dnia 24 kwietnia 1967 r.

PIŚMIENNICTWO

- BOJARSKI L., DEPOWSKI S. (1963) — O hydrochemicznych wskaźnikach możliwości występowania węglowodorów w południowej części obniżenia litewskiego. *Prz. geol.*, 11, p. 86—90, nr 2. Warszawa.
- BOJARSKI L. (1966a) — Jod i brom jako wskaźniki hydrochemiczne występowania węglowodorów w mezozoiku i paleozoiku północnej Polski. *Kwart. geol.*, 10, p. 177—193, nr 1. Warszawa.
- BOJARSKI L. (1966b) — Termalne solanki w regionie Koszalina — Mielna. *Prz. geol.*, 14, p. 360—361, nr 3. Warszawa.
- DEPOWSKI S. (1960) — Pomiar stopnia geotermicznego w wierceniu oporowym Magnuszew. *Prz. geol.*, 8, p. 475—476, nr 6. Warszawa.
- DEPOWSKI S., KRÓLICKA J., ŁASZCZ B. (1965) — Występowanie węglowodorów na Niżu Polskim w świetle wyników badań hydrochemicznych. *Kwart. geol.*, 9, p. 28—41, nr 7. Warszawa.
- DOWGIAŁŁO J. (1961) — Warunki geologiczne występowania wód leczniczych na ziemiach zachodnich i północnych. *Problemy uzdrowiskowe*, z. 3/10, p. 12—17. Warszawa.
- PAZDRO Z. (1964) — *Hydrogeologia*. Wyd. Geol. Warszawa.
- POŻARYSKI W. (1963) — Jednostki geologiczne Polski. *Prz. geol.*, 11, p. 4—10, nr 1. Warszawa.

- PRIKŁOŃSKI W. A., ŁAPCIEJEW F. F. (1955) — Własności fizyczne i skład chemiczny wód podziemnych. Wyd. Geol. Warszawa.
- ROMAN L. (1962) — Pomiary temperatury w otworze Magnuszew. Kwart. geol., 6, p. 350—359, nr 2. Warszawa.
- SAMSONOWICZ J. (1954) — Wyniki hydrogeologiczne dwu głębokich wierceń w Ciechocinku. Biul. Inst. Geol., 91. Warszawa.
- SAPUŁA J. (w przygotowaniu do druku) — Opracowanie pomiaru stopnia geotermicznego w otworach oporowych Gorzów Wlkp. IG-1 i Środa IG-2.
- БЕЛЯКОВ М. Ф. (194) — Геотермические измерения в Белоруссии. Нефтяное Хозяйство, № 11, стр. 51—52. Госгостехиздат. Москва.
- ДАХНОВ В. Н. (1952) — Термические исследования скважин. Госгостехиздат. Москва.
- КОШЛЯК В. А. (1960) — Термальные исследования отложений мезокайнозоя восточной части Западно Сибирской низменности, Советская геология, № 5, стр. 97—106. Госгостелиздат. Москва.

Иоанна БОЯРСКА, Лешек БОЯРСКИ

ГОРЯЧИЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ ЮРЫ НА СЕВЕРЕ И ЗАПАДЕ ПОЛЬШИ

Резюме

В северной и западной части Польской низменности гидрогеологические данные и геотермические измерения были получены из глубоких опорных скважин. В связи с большой потребностью в горячих минеральных водах районов бедных минеральными источниками, были приготовлены для эксплуатации и переданы в распоряжение Министерства Здравоохранения горячие воды юры скважин Среда 2 и Ямно 3.

Районы проявления горячих вод зависят от геотермического градиента, продуктивности водоносных горизонтов и от давления.

Самые благоприятные условия для получения горячих вод имеются в северо-восточной части предсудетской моноклинали, где получены дебиты горячих вод с температурой 37,3°C—40,5°C порядка 18—40 м³/час.

На северо-западе Польши в приморской зоне при худших геотермических условиях получены дебиты теплых вод (23—26°C) порядка 10—18 м³/час.

Самые неблагоприятные геотермические условия существуют в северо-восточной части Польши, что связано с мелким залеганием кристаллического фундамента. Надо надеяться, что в центральной части прибалтийской синеклизы имеются возможности для открытия горячих минеральных вод.

Joanna BOJARSKA, Leszek BOJARSKI

JURASSIC THERMAL BRINES IN NORTH AND WEST POLAND

Summary

The present paper deals with the results obtained by deep bore holes in the northern and western parts of the Polish Lowland area. A great demand for thermal water in the regions lacking health resorts forced to make prospections

and, consequently, allowed the geologists to hand over the Jurassic thermal waters found in bore holes Środa 2 and Jamno 3 to the Ministry of Health.

The regions of thermal water occurrences depend upon thermal gradient, yield of water-bearing horizons and pressure conditions.

The best conditions for an intake of thermal waters are found in the north-eastern part of the Fore-Sudetic monocline, where spontaneous outflow of hot water (37.3°C—40°C) has been obtained, characterized by an efficiency of 18—40 m³/h.

In the north-western areas of Poland, within the seaside zone, a spontaneous outflow of hot water under worse geothermal conditions has been observed. Temperature was 23—26°C, and yield amounted to 10—18 m³/h.

The most unfavourable geothermal conditions are observed to occur in the north-eastern areas of Poland. These are thought to be due to the shallow-seated crystalline basement. It is expected, however, that a possibility exists of discovering hot mineral water in the central part of the Peri-Baltic syncline, as well.