

Leszek BOJARSKI, Zenobiusz PŁOCHNIEWSKI, Jadwiga STACHOWIAK

Wody termalne na Nizinie Polskiej

WSTĘP

Zainteresowanie podziemnymi wodami termalnymi jest coraz powszechniejsze nie tylko ze względu na ich rolę jako surowca balneologicznego, lecz także na ich znaczenie jako nośnika energii cieplnej. W wielu krajach wody termalne wykorzystuje się do ogrzewania obiektów i produkcji energii elektrycznej. W ostatnich latach zagadnieniem tym zaczęto interesować się również w Polsce. Sprawa ta była między innymi referowana i dyskutowana na LXVII Sesji Naukowej Instytutu Geologicznego w 1970 r. Możliwością wykorzystania energii wód termalnych interesują się czynniki rządowe, na których prośbę opracowane były specjalne opinie w tej sprawie.

W Polsce wody termalne są dotychczas wykorzystywane głównie jako surowiec balneologiczny, a tylko w kilku uzdrowiskach do ogrzewania pojedynczych obiektów. Z aktualnego rozpoznania warunków hydrogeotermicznych wynika, iż możliwości szerszego wykorzystania tych wód są znaczne. W ostatnich latach wykonano bowiem odpowiednie badania termiczne i hydrogeologiczne w wielu głębokich otworach (fig. 1 i fig. 2). Pojawiły się również liczne prace publikowane i archiwalne dotyczące wód termalnych. Autorzy tych prac zwracają uwagę na korzystne warunki ujmowania wód termalnych w Sudetach oraz w utworach mezozoicznych Niziny Polskiej (m. in. J. Bojarska, L. Bojarski, 1968; J. Dowgiałło, 1970, 1972). W literaturze spotyka się jednak dość rozbieżne poglądy dotyczące warunków hydrogeotermicznych oraz możliwości wykorzystania wód termalnych w Polsce (na przykład poglądy K. Schoeneicha, 1973 oraz J. Dowgiałły i J. Majorowicza, 1974).

Jednoznaczna ocena możliwości wykorzystania wód termalnych Polski, a szczególnie Niziny Polskiej jest bardzo trudna. Na dużych obszarach kraju występują bowiem płytko wody słone, co ogranicza, a nawet uniemożliwia niekiedy stosowanie tych wód do ogrzewania obiektów (korozja) lub do produkcji energii elektrycznej. Ostateczna ocena tych wód może być sformułowana dopiero po oszacowaniu zasobów, opracowaniu tech-

nologii wykorzystania ich ciepła oraz określeniu kosztów produkowanej w ten sposób energii cieplnej.

Prace dotyczące wód termalnych w Polsce mają charakter bądź to bardzo ogólny, bądź też traktują o lokalnych przejawach tych wód. Istnieje więc potrzeba wykonywania opracowań syntetycznych dla poszczególnych obszarów kraju lub dla całej Polski i to z uwzględnieniem wszystkich parametrów określających możliwości wykorzystania wód termalnych (m. in. takich, jak temperatura i mineralizacja ogólna wód, dopływy do otworów, warunki ciśnieniowe).

W niniejszym artykule autorzy podjęli próbę naświetlenia warunków hydrogeotermicznych na całym obszarze Niziu Polskiego¹, omawiając główne poziomy zawierające wody termalne oraz podając najważniejsze informacje o temperaturze, składzie chemicznym, samowypływach i dopływach tych wód do otworów. Podejmują również próbę oceny perspektyw wykorzystania wód termalnych. Informacje zawarte w artykule odpowiadają aktualnemu rozpoznaniu wód termalnych (początek 1976 r.).

WYBRANE INFORMACJE O WARUNKACH GEOTERMICZNYCH

Jak wiadomo, poniżej strefy termicznie neutralnej, tj. głębokości na której zanikają wahania temperatury, wraz z głębokością wzrasta temperatura skał budujących skorupę ziemską. Ten wzrost temperatury jest różny w różnych miejscach i zależy od wielu czynników, jak: przewodnictwo cieplne skał, ich ułożenie, stopień zawodnienia, wiek konsolidacji osadów. Ku powierzchni Ziemi następuje przyływ ciepła z wnętrza Ziemi, określane jako strumień cieplny. Powszechnie przyjmuje się, że strumień cieplny Ziemi powstaje głównie w wyniku rozpadu promieniotwórczego takich pierwiastków jak: uran (^{238}U , ^{235}U), tor (^{232}Th) i potas (^{40}K). Na obszarze Niziu Polskiego w wyniku badań geofizycznych w głębokich otworach wiertniczych określono już w wielu punktach gęstość strumienia cieplnego. Dla 80 otworów wiertniczych na Niziu Polskim obliczono wartości gradientu geotermicznego w różnych interwałach głębokości: 0,2—1,0 km; 0,2—1,5 km; 0,2—2,0 km; 0,2—2,5 km (J. Majorowicz, 1971, 1974 oraz prace niepublikowane tego autora). Wartości gradientu geotermicznego (opisującego przyrost temperatury na jednostkę głębokości) wyliczone dla odpowiedniego interwału głębokości wykorzystano do obliczenia głębokości występowania wód o temperaturze 30 i 50°C (fig. 1).

Najkorzystniejsze warunki geotermiczne istnieją w zachodniej i centralnej części Niziu Polskiego, gdzie skały, a więc i wody, o temperaturze 30°C występują na głęb. od 800 do 1200 m. Północno-wschodnia i wschodnia część Niziu stanowi obszar o niekorzystnych warunkach geotermicznych. Temperaturę 30°C osiągają skały na głęb. od 1200 do ponad 1800 m. Wody o temperaturze 50°C w zachodniej i południowo-zachodniej części Niziu Polskiego występują na ogół na małych głębokościach, mniejszych od 1600 m. W kierunku północnym i północno-wschodnim obserwuje się

¹ Niz Polski rozumiany tu jest jako cały obszar kraju oprócz Karpat i Sudetów.

wzrost głębokości do ponad 3600 m. Na fig. 1 przedstawiono głębokość do utworów o temperaturze 30 i 50°C. Temperatura wody bezpośrednio po wypływie będzie niższa od rzeczywistej temperatury w złożu, gdyż na swej drodze do powierzchni terenu woda ulega ochłodzeniu. Ochłodzenie będzie tym mniejsze, im większa będzie wydajność otworu i im większa będzie prędkość przepływu wody od strefy podwyższonych temperatur do wypływu. Korzystnym zjawiskiem jest istnienie ciśnień artezyjskich umożliwiających samoczynne wypływy wód na powierzchnię.

WODY TERMALNE W UTWORACH KREDY

W utworach kredy górnej wody termalne zostały odkryte w otworze Szczecin IG-1, gdzie z głęb. 840—859 m uzyskano wody chlorkowo-sodowe o mineralizacji 5,5 g/l, temperaturze 28°C i wydajności 0,1 m³/h. Z uwagi na małą wydajność otworu, wody te nie mogą mieć znaczenia praktycznego. Na znacznych obszarach Niżu Polskiego w utworach kredy górnej występują niekorzystne warunki hydrogeologiczne i termiczne. Dlatego też poziom ten należy uznać za nieperspektywiczny dla poszukiwań wód termalnych.

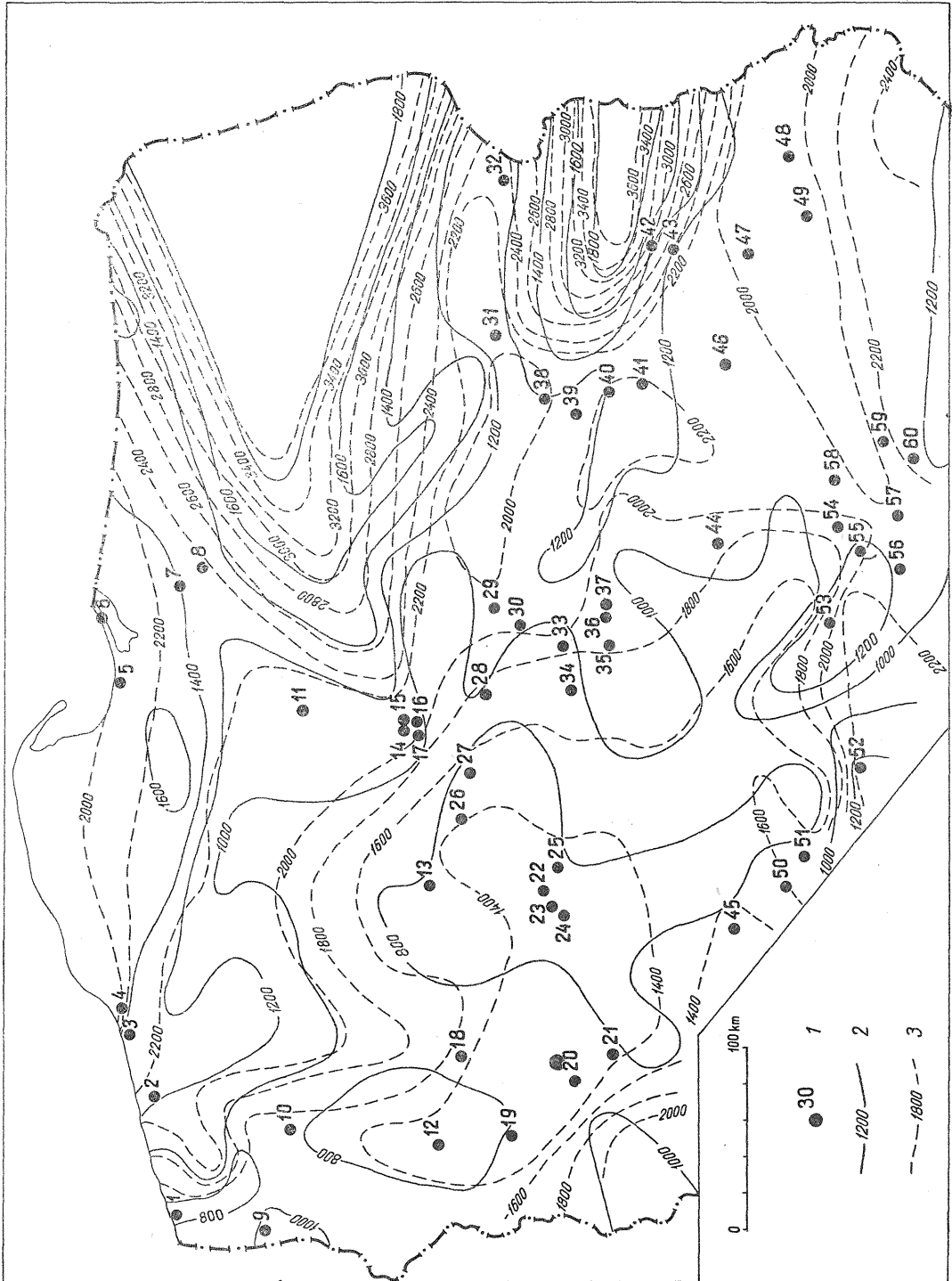
Bardzo korzystne warunki hydrogeotermiczne istnieją w utworach kredy dolnej w synklinorium mogileńsko-łódzkim. Na głęb. 1000—2500 m w utworach kredy dolnej występują wody o temp. 20—60°C, mineralizacji niższej od 50 g/l, a nawet niższej od 10 g/l i wydajności samoczynnej do ok. 100 m³/h. Otwór Koło IG-3 z głęb. 1772,6—1796,0 m dostarczył wody chlorkowo-sodowej o mineralizacji 6 g/l i temperaturze 60°C. Wydajność samowypływu wynosiła 80 m³/h. Jest to najbardziej atrakcyjna woda termalna spośród wszystkich znanych wód termalnych na Niżu Polskim. Wody o takich parametrach mogą być wykorzystywane nie tylko w lecznictwie uzdrowiskowym, ale również do ogrzewania różnych obiektów (np. mieszkań).

Termalne wody chlorkowo-sodowe w utworach kredy dolnej występują również na obszarze synklinorium szczecińskiego. Mineralizacja wód zmienia się tu od kilku do ok. 100 g/l. Są to najsilniej zmineralizowane wody z utworów kredy dolnej na Niżu. Z głęb. 650—1600 m można uzyskać tutaj wody chlorkowo-sodowe o temp. 20—40°C. Wydajność otworu zależy od lokalnego wykształcenia litologicznego osadów.

Na obszarze synklinorium pomorskiego i warszawskiego w utworach kredy dolnej występują bardzo małe ilości wód termalnych i dlatego nie mają one znaczenia praktycznego.

WODY TERMALNE W UTWORACH JURY

Na obszarze Niżu Polskiego wody termalne o znaczeniu praktycznym zostały stwierdzone we wszystkich oddziałach jury, czyli: w jurze górnej, środkowej i dolnej (fig. 2).



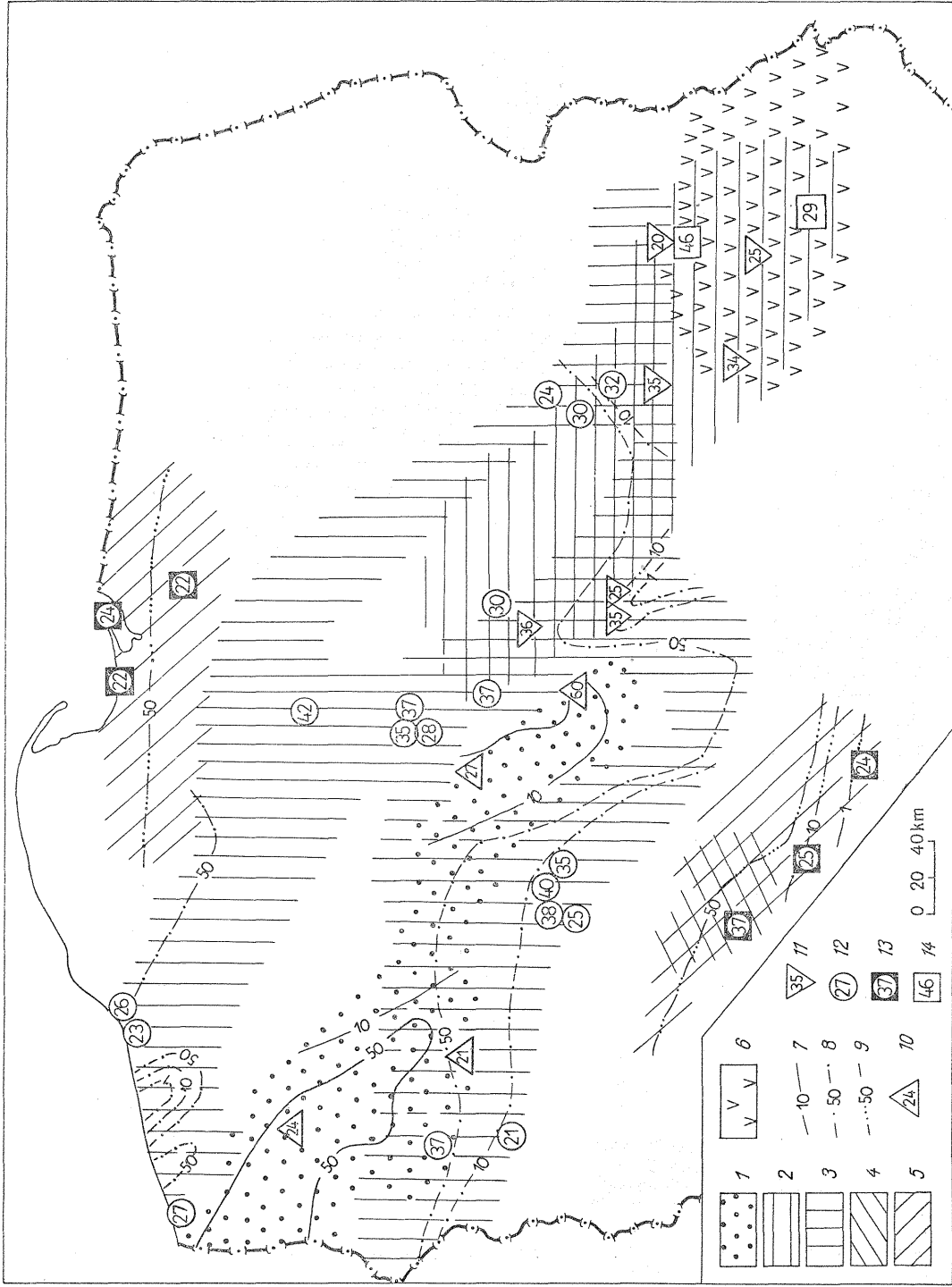
Utwory jury górnej reprezentowane są przez różne typy osadów. W południowej i wschodniej części Niżu dominują osady węglanowe, w północnej i zachodniej — skały marglisto-mułowcowe. W zachodniej części Niżu Polskiego z uwagi na niekorzystne wykształcenie litologiczne nie można oczekiwać uzyskania wód termalnych o znaczeniu praktycznym. W otworach: Oświno IG-1, Międzychód IG-1 i Mogilno 2 (tab. 1) stwierdzone zostały wody termalne, lecz wydajność otworów była zbyt mała, ażeby można było wykorzystać te wody. Korzystniejsze warunki do ujmowania wód termalnych z utworów jury górnej istnieją na znacznym obszarze synklinorium brzeźnego (fig. 2), gdzie w węglanowych utworach jury górnej na głęb. 800—1600 m występują wody chlorowo-sodowe o mineralizacji od 1 do 80 g/l, temperaturze 20—36°C. Wydajność pojedynczego otworu wynosi kilka do kilkunastu m³/h.

Utwory jury środkowej to pod względem litologicznym piaski i piaskowce z wkładkami ilastymi, mułowce ilaste i mułowce piaszczyste. Taka litologia utworów nie sprzyja występowaniu w nich dużych ilości wód. Na znacznym obszarze Niżu Polskiego utwory jury środkowej występują na dużych głębokościach, niekiedy ponad 2000 m, a zawarte w nich wody termalne mają mineralizację ponad 100 g/l. Zbyt wysoka mineralizacja wody oraz mała wydajność pojedynczego otworu uniemożliwiają wykorzystanie wód termalnych do celów praktycznych. Tylko na obszarze antyklinorium kujawskiego, w rejonie Włocławka, z otworu Rzadka Wola, z głęb. 782—979 m uzyskano samowypływ wody o temperaturze 25—27°C. Wydajność zmieniała się od 17 do 20 m³/h. Niewielkie ilości wód termalnych w utworach jury środkowej występują na obszarze synklinorium lubelskiego, gdzie na głęb. ok. 1600 m stwierdzono wody o temp. 35°C.

Najkorzystniejsze warunki hydrogeologiczne i termiczne na Niżu Polskim istnieją w utworach jury dolnej. Wodonośne utwory piaszczyste stanowią na obszarze Niżu poziom o znaczeniu regionalnym (fig. 2). Wody termalne w utworach jury dolnej należą do grupy chlorowo-sodowych i zawierają niekiedy znaczne ilości bromu.

Szczególnie korzystne warunki hydrogeotermiczne w obrębie utworów jury dolnej występują w północno-wschodniej części monokliny przedsuddeckiej, południowej części synklinorium szczecińskiego i zachodniej części synklinorium mogileńskiego. Wody termalne zostały stwierdzone tutaj w wyniku badań przeprowadzonych przez Instytut Geologiczny w otworach: Środa IG-2, Łagów Lubuski IG-1, Czeszewo IG-1 oraz w wyniku badań otworów Górnictwa Naftowego: Kaleje 5 i Polwica 1. Odizolowane od powierzchni utwory jury dolnej zawierają znaczne ilości wód termalnych pod ciśnieniem typu artezyjskiego, pozwalającym na samoczynną eksploatację. Z głęb. 600—1500 m można uzyskać w tym rejonie wody o temperaturze „na wypływie” od 20 do 40°C, a nawet do 50°C, przy

Fig. 1. Stopień rozpoznania wód termalnych na tle warunków geotermicznych
Available data concerning thermal waters and geothermic conditions
1 — otwory, w których stwierdzono wody termalne (numeracja otworów zgodna z numerami w tab. 1); 2 — głębokość do utworów (wód) o temperaturze 30°C; 3 — głębokość do utworów (wód) o temperaturze 50°C
1 — boreholes in which thermal waters were found (borehole numbers correspond to those in Table 1); 2 — depth of deposits (waters) of a temperature of 30°C; 3 — depth of deposits (waters) of a temperature of 50°C



czym mineralizacja wody będzie tu niższa od 50 g/l, a niekiedy niższa od 10 g/l (fig. 2). Na obszarze antyklinorium kujawskiego, w Ciechocinku, od dawna eksploatuje się termalne solanki z utworów liasu do celów leczniczych. Temperatury wody zmieniają się tutaj, w zależności od głębokości ujęcia, od 27 do 37°C, a mineralizacja wody od 44 do 70 g/l. Wyssokie ciśnienia w złożu umożliwiają samoczynną eksploatację.

Korzystne warunki do występowania wód termalnych istnieją również na znacznym obszarze synklinorium warszawskiego, gdzie odkryto wody termalne w wyniku badań w głębokich otworach IG (tab. 1). Głębokość poziomów wodonośnych jury dolnej jest bardzo różna: od około 1500 do 2600 m, a mineralizacja wody zmienia się od kilkunastu do ponad 100 g/l. W złożu istnieją przeważnie ciśnienia subarteryjskie, w wyniku czego zwierciadło wody stabilizuje się na głębokości kilkudziesięciu metrów pod powierzchnią terenu. Tylko w południowej części występowania wodonośnych utworów liasu zaznacza się strefa samowypływu termalnych solanek stwierdzona otworem Wilga IG-1.

Termalne wody chlorkowo-sodowe w utworach jury dolnej występują także na obszarach nadbałtyckich Niżu Polskiego, gdzie z głęb. 600—1500 m można otrzymać wody termalne o mineralizacji kilku do ponad 50 g/l i wydajności do około 50 m³/h. Niekiedy wody termalne można eksploatować samowypływem.

Wody chlorkowo-sodowe o temperaturze 42°C, mineralizacji 78 g/l i wydajności samoczynnej 50 m³/h ujęto również w otworze Grudziądz IG-1 na głęb. 1607—1630 m.

Obszary perspektywiczne dla poszukiwań wód termalnych w utworach jury dolnej przedstawiono na fig. 1.

WODY TERMALNE W UTWORACH TRIASU

Utwory triasu na znacznym obszarze Niżu Polskiego leżą na bardzo dużych głębokościach i dlatego warunki hydrogeotermiczne w tych utworach są nieco słabiej rozpoznane niż w utworach opisanych wyżej.

W utworach triasu górnego istnieją niekorzystne warunki hydrogeologiczne uwarunkowane litologią osadów, wśród których przeważają iłowce i mułowce z wkładkami piaskowców i lokalnie dolomitów. Pomimo dość korzystnych warunków termicznych, nie ma możliwości wyko-

Fig. 2. Obszary perspektywicznego wykorzystania wód termalnych
Areas in which thermal waters can be utilized in future

Wody termalne o znaczeniu praktycznym występujące w utworach: 1 — kredy dolnej, 2 — jury górnej, 3 — jury dolnej, lokalnie środkowej, 4 — triasu środkowego, 5 — triasu dolnego, 6 — dewonu; mineralizacja ogólna wód [g/l]: 7 — w utworach kredy dolnej, 8 — w utworach jury dolnej, 9 — w utworach triasu dolnego; temperatura wód stwierdzona bezpośrednio po wypływie (tylko w obrębie obszarów perspektywicznych): 10 — z utworów kredy dolnej, 11 — z utworów jury górnej, 12 — z utworów jury dolnej, 13 — z utworów triasu dolnego, 14 — z utworów dewonu

Thermal waters of practical value occurring in: 1 — Lower Cretaceous, 2 — Upper Jurassic, 3 — Lower Jurassic (locally Middle Jurassic), 4 — Middle Triassic, 5 — Lower Triassic, 6 — Devonian; general mineralization of waters [g/l] in: 7 — Lower Cretaceous, 8 — Lower Jurassic, 9 — Lower Triassic; temperature of waters measured immediately after outflow (only in areas of practical value) in: 10 — Lower Cretaceous, 11 — Upper Jurassic, 12 — Lower Jurassic, 13 — Lower Triassic, 14 — Devonian

rzystania wód termalnych z tych utworów ze względu na wysoką mineralizację wody oraz małe wydajności pojedynczego otworu.

Utwory triasu środkowego na Niżu Polskim znane są przede wszystkim z monokliny przedsudeckiej i z platformy wschodnioeuropejskiej. Reprezentowane są głównie przez wapienie, wapienie margliste, margle i dolomity. Na monoklinie przedsudeckiej w utworach wapienia muszlowego stwierdzono występowanie wód termalnych otworami: Sulechów IG-1, Sława Śląska IG-1, i Trzebnica IG-1. W otworach Sława Śląska IG-1 i Sulechów IG-1 uzyskano wody chlorkowo-sodowe o mineralizacji 50—150 g/l i temp. 24°C, lecz ze względu na bardzo małe lub śladowe dopływy wód do otworów nie mają one praktycznego znaczenia. Tylko w rejonie Trzebnicy w utworach wapienia muszlowego występują wody termalne mogące mieć znaczenie lecznicze. Na głęb. 618—863 m w otworze Trzebnica IG-1 wykryto wody siarczanowo-chlorkowo-wapniowo-sodowe o mineralizacji 3,9 g/l, temp. 31,7°C i wydajności 9 m³/h.

Mniej korzystne warunki hydrogeotermiczne w utworach wapienia muszlowego stwierdzono otworem Milianów IG-1 (tab. 1), gdzie na głęb. 1412—1419 m stwierdzono występowanie wód Cl — SO₄ — Na — Ca o mineralizacji 93 g/l, temperaturze 32°C i wydajności 2 m³/h. Na pozostałym obszarze Niżu w utworach wapienia muszlowego nie występują wody termalne o praktycznym znaczeniu.

Największy zasięg na Niżu Polskim mają osady triasu dolnego. Poziomem wodonośnym o znaczeniu regionalnym są utwory pstrego piaskowca środkowego, reprezentowane przez skały paszczysto-ilaste, podrzędnie margliste i wapienne. Zawarte w tych utworach solanki termalne mają na dużych obszarach Niżu zbyt wysoką mineralizację ogólną i dlatego nie mają praktycznego znaczenia. Najlepiej poznane są warunki hydrogeologiczne w utworach pstrego piaskowca środkowego na obszarze monokliny przedsudeckiej, syneklizy perybałtyckiej i wyniesienia Łeby.

Na obszarze monokliny przedsudeckiej utwory pstrego piaskowca środkowego występują na głęb. od 300 m w strefach wychodni do 2500 m w północnej i północno-wschodniej części jednostki. Ze wzrostem głębokości wzrasta mineralizacja i temperatura zawartych w nich wód. Wysoka mineralizacja wody (ponad 100 g/l) i mała wydajność pojedynczego otworu uniemożliwiają często wykorzystanie wód termalnych.

Korzystne warunki hydrogeotermiczne występują w południowo-wschodniej części monokliny przedsudeckiej, gdzie wody termalne stwierdzono otworami Trzebnica IG-1, Wężowice IG-1 i Fosowskie IG-2 (tab. 1, fig. 2). Z utworów pstrego piaskowca środkowego można uzyskać wody z głęb. 600—1200 m, o temp. do 40°C, mineralizacji od kilku do ponad 50 g/l i wydajności kilku do kilkudziesięciu m³/h.

Korzystne warunki hydrogeotermiczne w utworach dolnego triasu stwierdzono na obszarze syneklizy perybałtyckiej i wyniesienia Łeby. Wodonośne utwory pstrego piaskowca środkowego leżą tu na głęb. 600—1300 m. Zawarte w nich wody należą do typu chlorkowo-sodowych i chlorkowo-sodowo-wapniowych o mineralizacji od kilkunastu do 120 g/l. W kilku otworach (Gdańsk IG-1, Krynica Morska IG-1, Pasłęk

Wyniki badań wód termalnych na Niziu Polskim

Nr na fig. 1	Nazwa otworu lub miejscowości	Głębokość do utworów wodonośnych	Stratygrafia utworów wodon.	Temperatura wody [°C]	Dopływ wody [m ³ /h]	Samowypływ [jest+] [brak—]	Mineralizacja wody [g/l]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Wolin IG-1	1240—1309	J ₁	27	3,6	—	170,0
2	Gościno IG-1	2930—2952	P ₂	70	0,0152	—	330,0
		1971—1979 1962—1965	T ₁	24	6,0	—	198,0
3	Jamno IG-3	875—895	J ₁	23	7,6	+	70,0
4	Darłowo 2	868—873	J ₁	26	18,0	+	43,0
5	Gdańsk IG-1	887,5—948	T ₁	22	44,0	+	50,5
6	Krynica Morska IG-1	862,5—867,7	T ₁	24	44,7	+	36,7
7	Pasłęk IG-1	1100—1111	T ₁	22	10,8	—	59,0
8	Olsztyn IG-2	2435—2454	Cm-O	40	0,205	—	192,5
9	Szczecin IG-1	840—859	K ₂	28	0,115	+	5,5
10	Oświno IG-1	250—270	K ₂	18	0,005	—	1,0
		1320—1330 1366—1376	K ₁	24	—	—	93,0
		1553—1560 1580—1600	J ₃	32	0,552	—	96,0
		1800—1820	J ₃	54	0,006	—	31,0
		2004—2024	J ₂	23?	0,093	—	104,0
11	Grudziądz IG-1	1607—1630	J ₁	42	50,0	+	78
12	Gorzów Wlkp. IG-1	1000—1020	J ₁	37	18,0	+	64,3

1	2	3	4	5	6	7	8
13	Wągrowiec IG-1	1605—1720	T ₃	>40	1,6	—	207,7
14	Ciechocinek T-XVIII	1275—1337,5	J ₁	37	97,9	+	70,0
15	Ciechocinek T-XVI	1279,6—1365,0	J ₁	34,8	216,0	+	70,6
16	Ciechocinek T-XIV	757,0—1291,9	J ₁	27,1	198,0	+	43,8
17	Aleksandrów Kujawski 1	953,7	J ₁	28,0	40,0	+	50,0
18	Międzychód IG-1	631—653	K ₁	21	0,100	—	14,5
		675—680	J ₃	25	0,026	—	3,5
19	Łągów Lubuski IG-1	612—713,5	J ₁	21,5	18,0	—	5,5
20	Sulechów IG-1	818—825,0	T ₂	24	0,14	—	158,0
21	Sława Śląska IG-1	618—663	T ₂	24	—	—	ok. 50,0
		1000—1100	T ₁	31	3,6	—	196,0
22	Środa IG-2	1012—1020	J ₁	40	40,0	+	8,0
23	Kaleje — 5	685—700	J ₁	25	7,0	+	2,1
24	Polwica — 1	1037—1056	J ₁	38,2	18,0	+	9,0
		1169—1175	J ₁	38,3	7,5	+	34,0
25	Czeszewo IG-1	930—960	J ₁	35	10,0	+	4,5
26	Mogilno — 2	513—527	J ₃	25	—	—	26,8
		635—643	J ₃	26	—	—	25,1
		2217.—2220,5	—	25	—	—	112,6
27	Strzelno IG-1	1037—1055	K ₁	26	0,590	—	26,1
		1120—1130	K ₁	25	0,576	—	34,4
		1235—1245,9	K ₁	25	0,324	—	35,4
		1324—1335	K ₁	29	0,275	—	32,0
		2095—2125	J ₂	31	0,999	—	214,2
		2228—2238	T ₃	51	0,190	—	262,5

1	2	3	4	5	6	7	8	
		2675,5—2780	T ₃	70	0,982	—	—	
28	Rzadka Wola IG-1	782—795	J ₂	24	17,0	+	—	
		804—828	J ₂	25	20,0	+		
		828—842	J ₂	26	25,0	+		
		842,5—979	J ₂	27	20,0	+		
29	Gostynin IG-4	1679—1689	J ₃	24	1,8	—	81,0	
		2385—2392	J ₂	24	14,0	—	104,0	
		2476—2487	J ₂	24	10,0	—	107,5	
		2605—2615	J ₁	30	10,0	—	111,0	
30	Gostynin IG-3	1312—1320	J ₃	36	0,318	—	37,0	
		1514—1520	J ₃	28	29,2	—	6,2	
		1838—1845	J ₃	35	0,549	—	23,0	
		2096,4—2310	J ₁	25	3,0	—	99,4	
31	Thuszcz IG-1	1300—1315	T ₃	20	—	—	46,6	
		1590—1668	P	13?	—	—	80,1	
		1692—1740	S	23,5	0,6	—	83,4	
32	Mielnik IG-1	1715—1813	ECm	21	—	—	51,0	
33	Krośniewice IG-1	4022—4308	T ₃	46	0,041	—	250,5	
34	Koło IG-3	1772,7—1796	K ₁	60	80,0	+	6,0	
35	Ozorków 1	80	K ₁	22	—	+	0,3	
36	Rogoźno 9/5	264	J	35	10,8	+	1,5	
37	Rogoźno 7/7	273?	J	25	5,04	+	1,2	
38	Okuniew IG-1	1431—1438						
		1443—1450	J ₁	24	10,0	—	53,0	
		1471—1642						
		1494—1504						

c. d. tabeli 1

1	2	3	4	5	6	7	8
		2252—2269	P	49	0,238	—	197,0
		3434—4031	Cm	38	0,112	—	238,5
39	Warszawa IG-1	1536—1723	J ₁	27—30	7,8	—	70,0
40	Wilga IG-1	1566—1577,8	J ₁	32	25,0	+	5,0
41	Magnuszew IG-1	1540	J ₂	35	—	—	4,6
42	Kock IG-1	804—808	J ₂	23	0,3	+	1,73
		714—724	J ₃	20	0,46	—	1,57
43	Kock IG-3	1619,9—1627,6	D ₃	46?	—	—	
44	Mniszków IG-1	1606—1612	T ₃	32	1,6	—	7,1
		1616—1628					
		1697—1713	T ₃	36	0,131	—	88,0
		1753—1763	T ₃	44	—	—	—
		1768—1774					
		1968—2060	T ₃	48—51	0,012	—	39—44
		2667—2690	T ₂	60	—	—	143,0
45	Trzebnica IG-1	618—863	T ₂	31,7	9,0	—	3,9
		1077—1258	T ₁	37	6,0	—	16,3
46	Ciepielów IG-1	824—834	K	30	0,40	—	4,7
		997—1000	J ₃	33	2,41	—	3,3
		1122,5—1127	J ₃	34	1,23	—	1,7
		1165—1170	J ₃	34	1,84	—	1,6
		1405,3—1566	D ₁	30	1,29	—	33,2
47	Niedrzwica IG-1	1112—1130	J ₃	25	—	—	53,0
48	Izbica IG-1	1877—1923	C	52?	—	—	—
		2208,3—2223,8	D	62?	—	—	197,0
49	Zakrzew IG-2	1008—1015					
		1020—1024	J ₃	28	0,771	—	41,5
		1028—1031					

1	2	3	4	5	6	7	8
		1262—129+	J ₃	26	0,200	—	82,3
		1335,6—1822,4	D ₁	29	0,933	—	88,2
50	Laskowice Oławskie IG-1	1028—1042	P ₂	26,8	1,59	—	21,6
		1075—1080	P ₂	38,0	0,193	—	45,9
		1090—1110	P ₂	44,0	—	—	37,6
		650—665	T ₁	21	0,381	—	4,8
51	Wężowice IG-1	693—697	T ₁	25	0,150	+	5,9
		1035—1508,5	ECm	27	0,366	—	83,7
		520	T	24,2	48,0	+	0,46
52	Fosowskie IG-2						
53	Milianów IG-1	1324—1333	T ₃	32	1,0	—	53,6
		1412—1419	T ₂	32	2,0	—	92,9
54	Węgleszyn IG-1	1115—1140	J ₃	28	0,076	—	9,3
		1276—1285	J ₃	30	0,4	—	33,3
		2497—2525	T ₁	40	1,5	—	151,2
55	Jaronowice IG-1	904—908	J ₃	25	0,04	—	2,9
		2024—2030	D ₁	31	2,0	—	166,7
		2272—2276	O	52	0,017	—	6,9
56	Węgrzynów IG-1	1344—1355	C ₁	39	0,04	—	2,52
		1572—1580	D ₃	39	0,04	—	6,42
		1670—1688	D ₃	39	0,012	—	9,02
		1736—1745	D ₃	48	0,009	—	38,96
57	Potok Mały IG-1	1700—1716	T ₂	32	1,35	+	135,4
		2370—2386	PCm	57	0,015	—	6,0
58	Brzegi IG-1	955—965	T ₃	30	9,8	—	54
		1210—1225	T ₃	32	11,0	—	80
		1510—1530	T ₁	43	15,4	—	72,7
		1578—1585	T ₁	44	3,0	—	14,8
59	Żerniki 1	1000—1210	D	25	6,0	—	108,0
60	Radzanów 1	ok. 1079	T ₂	35	0,01	—	97,0

Uwaga: * Znaczenie praktyczne mają przeważnie wody termalne wydobywające się na powierzchnię w wyniku samowypływu

IG-1) stwierdzono występowanie w utworach pstrego piaskowca wód termalnych pod dużym ciśnieniem, co umożliwiła ich samoczynną eksploatację. Wydajność pojedynczego otworu dochodzi do 50 m³/h, temp. wody 22—24°C, a mineralizacja przekracza 50 g/l. O triasowych wodach termalnych i ich praktycznym wykorzystaniu w tym regionie traktuje praca L. Bojarskiego i Z. Płochniewskiego (1975).

WODY TERMALNE W UTWORACH PALEOZOIKU

Utwory paleozoiczne na obszarze Niziu Polskiego leżą przeważnie na bardzo dużych głębokościach, pod przykryciem mięjszych osadów mezozoiku. Zawarte w tych utworach wody termalne mają wysoką mineralizację ogólną, a wydajność wynosi przeważnie od kilku litrów do 1 m³/h. Pomimo bardzo korzystnych warunków termicznych na znacznej części Niziu Polskiego nie ma perspektyw dla poszukiwań wód termalnych w tych utworach.

Niewielkie znaczenie praktyczne mogą mieć wody termalne z utworów dewonu synklinorium lubelskiego. Na głęb. 1400—2000 m występują tu wody chlorkowo-sodowe o mineralizacji kilku do ponad 100 g/l i wydajności kilku do kilkudziesięciu m³/h. Temperatura w obrębie utworów wynosi tu ok. 30 do ponad 60°C, a „na wypływie” od 25 do ok. 50°C.

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WÓD TERMALNYCH I POTRZEBA DAJSZYCH BADAŃ

O możliwości wykorzystania wód termalnych do celów paraktycznych decyduje: temperatura wody, mineralizacja ogólna, skład chemiczny wody, wydajność pojedynczego otworu oraz głębokość występowania horyzontu z wodami termalnymi. Na Niziu Polskim za perspektywiczne dla poszukiwań wód termalnych należy uznać przede wszystkim osady mezozoiczne, z których wody te można wykorzystywać głównie do celów leczniczych. Najkorzystniejsze warunki hydrogeotermiczne istnieją w piaskowcowych osadach kredy dolnej, jury dolnej i triasu dolnego (fig. 2). Wody termalne z tych utworów odkryte w wielu rejonach Niziu Polskiego w wyniku badań IG zostały przekazane do eksploatacji Ministerstwu Zdrowia i Opieki Społecznej bądź odpowiednim władzom terenowym.

Z utworów kredy dolnej do celów leczniczych można wykorzystywać wody w zachodniej i centralnej części Niziu Polskiego, a szczególnie z obszaru synklinorium szczecińsko-mogileńsko-łódzkiego.

Z utworów węglanowych jury górnej można wykorzystać do celów balneologicznych tylko niewielkie ilości wód w synklinorium warszawskim i lubelskim. Najpowszechniej można wykorzystywać wody termalne do celów leczniczych z utworów jury dolnej na rozległych obszarach zachodniej, północnej i centralnej części Niziu Polskiego. Z głęb. ok. 600—1500 m można uzyskać wody chlorkowo-sodowe, bromkowe,

o mineralizacji od kilku do 100 g/l, temp. 20—50°C i wydajności od kilku do kilkudziesięciu m³/h. Wody takie stanowią cenny surowiec balneologiczny, szczególnie jako wody kąpielowe.

Z utworów wapienia muszlowego można wykorzystywać wody termalne do celów leczniczych tylko w rejonie na północ od Wrocławia (fig. 2). Z utworów pstrego piaskowca środkowego można wykorzystywać wody termalne na obszarze dużej części syneklizy perybałtyckiej i południowo-wschodniej części monokliny przedsudeckiej (fig. 2).

Z utworów paleozoicznych nie ma przeważnie możliwości wykorzystywania wód termalnych do celów leczniczych, głównie z powodu wysokiej mineralizacji wody oraz małej wydajności pojedynczego otworu. Niewielkie nadzieje na uzyskanie wód termalnych o znaczeniu leczniczym można łączyć z utworami dewonu na obszarze synklinorium lubelskiego (fig. 2).

Z niektórych rejonów Niżu Polskiego wody termalne można będzie w przyszłości wykorzystywać do ogrzewania pojedynczych obiektów lub całych osiedli. Perspektywnym rejonem jest obszar między Łodzią i Poznaniem, gdzie wody termalne występują w utworach kredy dolnej i jury dolnej. Szczególnie korzystny jest fakt, że wody te mają niską mineralizację ogólną (niekiedy niższą od 10 g/l) i dużą wydajność samoczynną. Na możliwości wykorzystania ciepła wód termalnych na tym obszarze zwracał uwagę J. Dowgiałło (1972). Obszar ten został również uznany za perspektywny w projekcie poszukiwania wód termalnych na Niżu Polskim i w Sudetach, opracowanym w 1975 r. przez Instytut Geologiczny. Za obszary najbardziej perspektywiczne do poszukiwań wód jako nośnika energii cieplnej uznano nieckę łódzko-mogileńską, północno-wschodnią część monokliny przedsudeckiej oraz Sudety.

Z powyższych informacji o wodach termalnych na Niżu Polskim wynika, że w dużo szerszym niż dotychczas zakresie mogą one być wykorzystywane do celów leczniczych, a ponadto możliwe jest wykorzystanie ich ciepła do ogrzewania różnorodnych obiektów. Nie wydaje się natomiast opłacalne wykorzystywanie ciepła tych wód do produkcji energii elektrycznej, gdyż wody o wysokiej temperaturze i występujące w dużych ilościach są silnie stężone, natomiast wody o małej mineralizacji mają zbyt niskie temperatury. Jest oczywiste, że w miarę rozwoju techniki będą ulegały zmianie wymagania stawiane wodom jako nośnikowi energii cieplnej i przedstawione poglądy będą wymagały rewizji.

Mimo znacznego postępu w rozpoznawaniu wód termalnych Polski nie ma jeszcze możliwości na okonturowanie wszystkich obszarów perspektywicznych dla poszukiwań tych wód, a tym bardziej na oszacowanie ich zasobów. Konieczne jest więc prowadzenie dalszych badań w dwóch kierunkach: 1 — oszacowanie zasobów wód termalnych, 2 — ustalenie techniczno-ekonomicznych możliwości wykorzystania wód termalnych.

Pierwszy kierunek grupuje zagadnienia geologiczne i powinien być rozwiązywany przez specjalistów z tej dziedziny. Aby mogły powstać opracowania dokumentujące zasoby wód termalnych określonych regionów, konieczne jest zgromadzenie większej ilości danych na temat głębokości do warstw zawierających wody termalne, uziarnienia i szczelności tych skał, dopływów wody do otworów, ciśnienia, składu

chemicznego i temperatury wody. Informacji tych powinny dostarczyć otwory parametryczno-strukturalne, wykonywane w ramach innych badań prowadzonych przez Instytut Geologiczny, oraz otwory rozpoznawcze, wykonywane w celu rozwiązania konkretnych zadań geologiczno-rozpoznawczych. Jest jednak pewne, że dane te nie będą wystarczające do pełnego rozpoznania wód termalnych i trzeba będzie prowadzić badania specjalne. Szczególnie ważne będą wiercenia specjalne, gdyż tylko one dostarczą informacji o wszystkich parametrach wpływających na ocenę możliwości wykorzystania wód termalnych. Tego rodzaju wiercenia winny być wykonywane w takich rejonach, dla których brak podstawowych danych lub nie można ich uzyskać tańszymi metodami (np. geofizycznymi). Do badań wód termalnych można wykorzystać również wyniki interpretacji zdjęć satelitarnych. Badania geofizyczne i satelitarne mogą być szczególnie przydatne przy lokalizowaniu otworów.

Badania wód termalnych powinny być jednocześnie prowadzone pod kątem możliwości ich wykorzystania jako nośnika energii cieplnej. Projekt badań w tym zakresie został już opracowany w Instytucie Geologicznym. Przewidziano w nim wykonanie prac poszukiwawczych m. in. w synklinorium mogileńsko-łódzkim i w północnej części monokliny przedsudeckiej.

Badania drugiego kierunku, zmierzającego do ustalenia techniczno-ekonomicznych możliwości wykorzystania wód termalnych jako nośnika energii cieplnej, winny być prowadzone przez specjalistów z dziedziny energii cieplnej przy współpracy hydrogeologów. Ustalenia te mają uwzględnić m. in. stopień zmineralizowania wód i wiążące się z nim zabezpieczenie urządzeń przed korozją a także możliwości wykorzystania wód do innych celów niż ogrzewanie (np. odzysk niektórych pierwiastków chemicznych). Decyzja o wykorzystaniu ciepła związanego z wodami podziemnymi powinna być podjęta po porównaniu kosztów produkcji energii cieplnej z wód podziemnych z kosztami energii pochodzącej z innych źródeł.

Zakład Geologii Ziół Ropy i Gazu,
Zakład Hydrogeologii
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 12 marca 1976 r.

PIŚMIENNICTWO

- BOJARSKA J., BOJARSKI L. (1968) — Jurajskie solanki termalne Polski północnej i zachodniej. *Kwart. geol.*, **12**, p. 578—587, nr 3. Warszawa.
- BOJARSKI L., PŁOCHNIEWSKI Z. (1975) — Rola Instytutu Geologicznego w rozpoznawaniu wód mineralnych nad Zatoką Gdańską. *Prz. geol.*, **23**, p. 349—353, nr 7. Warszawa.
- DOWGIAŁŁO J. (1970) — Zagadnienia geotermiki a zdrojownictwo. *Probl. uzdraw.*, nr 1. Warszawa.
- DOWGIAŁŁO J. (1972) — Występowanie i perspektywy dalszego wykorzystania wód termalnych w Polsce. *Balneol. pol.*, **17**, p. 193—199, z. 1—2. Poznań.

- DOWGIAŁŁO J. (1974) — Ciepło Ziemi — terażniejszość i przyszłość. Problemy, nr 2, p. 30—36. Warszawa.
- DOWGIAŁŁO J., MAJOROWICZ J. (1974) — W sprawie warunków występowania i możliwości wykorzystania polskich zasobów geotermicznych. Prz. geol., 22, p. 302—306, nr 7. Warszawa.
- MAJOROWICZ J. (1971) — Przebieg wartości stopnia geotermicznego w Polsce. Kwart. geol., 15, p. 891—900, nr 4. Warszawa.
- MAJOROWICZ J. (1974) — Obraz pola cieplnego Ziemi w obszarze Polski. Roczn. Pol. Tow. Geol., 44, p. 425—445, z. 2—3. Warszawa—Kraków.
- SCHOENEICH K. (1973) — Gorące wody Polski. Nafta, nr 8, p. 351—358. Kraków—Katowice.

Лешек БОЯРСКИ, Зенобиуш ПЛОХНЕВСКИ, Ядвига СТАХОВЯК

ТЕРМАЛЬНЫЕ ВОДЫ ПОЛЬСКОЙ ИЗМЕННОСТИ

Резюме

Основываясь на результатах изучения термальных вод по 60 скважинам (таб. 1), авторами рассматривается залегание этих вод на Польской низменности, а точнее говоря, на территории Польши за исключением Карпат и Судет. Наиболее продуктивные водоносные горизонты связаны с отложениями нижнего мела, нижней юры и среднего триаса. В отдельных геологических регионах обычно только один из этих горизонтов содержит термальные воды в таком количестве и с такой минерализацией, которые могут иметь практическое значение.

Почти все термальные воды на Польской низменности являются минеральными водами, причем большая их часть высокоминерализована. Чаще всего это воды типа Cl-Na. Большое содержание солей является препятствием для использования тепла этих вод.

Термальные воды с минерализацией в пределах от нескольких г/л до 10—20 г/л залегают в нижнемеловых отложениях Могильненско-Лодзинского синклинория, а также в отложениях нижней юры на севере Предсудетской моноклинали (фиг. 1, фиг. 2). В этих районах можно получить большое количество вод с температурой 40—60°С. Такие воды могут быть использованы не только для бальнеологических целей, но и как источник тепловой энергии (для обогрева).

Leszek BOJARSKI, Zenobiusz PŁOCHNIEWSKI, Jadwiga STACHOWIAK

THERMAL WATERS IN THE POLISH LOWLAND

Summary

Having examined thermal waters from 60 boreholes (Table 1), the authors discuss the occurrence of these waters in the Polish Lowland or, more exactly, in the territory of Poland excluding the Carpathians and the Sudetes. The most valuable water-bearing horizons occur in Lower Cretaceous, Lower Jurassic and Middle Triassic deposits. Usually only one of these horizons in a given geological region has such an amount of thermal waters of a suitable degree of mineralization that it can be considered to be of practical value.

Almost all thermal waters in the Polish Lowland are mineral waters, and most of them are characterized by high general mineralization. They are usually waters of the Cl-Na type. Because of a large content of salts these thermal waters cannot be used as carriers of thermal energy.

Thermal waters characterized by mineralization ranging from a few to a dozen g/l occur in the Lower Cretaceous of the Łódź-Mogilno Synclinorium and in the Lower Jurassic deposits of the northern part of the Fore-Sudetic Monocline (Fig. 1, Fig. 2). Large quantities of waters of a temperature from 40 to 60° C can be obtained in these areas. These waters can be used not only for balneological purposes but also as a source of thermal energy (heating).