

W SPRAWIE WARUNKÓW WYSTĘPOWANIA I MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA POLSKICH ZASOBÓW GEOTERMICZNYCH *

W nr 8/1973 miesięcznika „Nafta” ukazał się artykuł pt. „Gorące wody Polski”, którego autorem jest K. Schoeneich. W artykule przedstawiono 12 map izoterm (na głęb. od 500 do 6000 m) oraz mapę jednakowych głębokości występowania temperatury krytycznej dla wody, czy też jak to nazywa autor „mapę powierzchni pary wodnej”. Formułując pogląd o ścisłym uzależnieniu obrazu geotermicznego Polski od głębokości stropu krystaliniku, a także o decydującym wpływie temperatury i ciśnienia na mineralizację wód podziemnych, autor przechodzi do rozważań na temat możliwości poboru ciepła z głębokich otworów poszukiwawczych. Pobór ten miałby się odbywać przez tłoczenie do otworu wody, która wydobywając się z niego miałaby podwyższoną temperaturę. Wreszcie autor rozważa możliwość poboru pary wodnej dla celów energetycznych z otworu o głębokości do 10 000 m wykonanego na obszarze, gdzie w tej głębokości spodziewa się temperatury krytycznej dla wody.

Artykuł dotyczy problematyki, nabierającej coraz większego znaczenia wobec rosnącego stale zapotrzebowania na energię. Pomimo mało korzystnych warunków geotermicznych na obszarze Polski, rozważania na temat wykorzystania zasobów geotermicznych oraz poważne badania w tym zakresie nie mogą ominąć tego obszaru. Znajduje to zresztą wyraźne odzwierciedlenie w planach perspektywicznych, które opracowane zostały pod auspicjami Komitetu Nauk Geologicznych PAN. Jednakże sposób przedstawienia, we wspomnianym artykule, szeregu istotnych dla tego problemu zagadnień oraz znajdujące się tu podstawowe błędy metodyczne i rzeczowe wyma-

* Artykuł niniejszy został złożony do druku w miesięczniku „Nafta”, gdzie miał zostać opublikowany na początku bieżącego roku. W związku ze zmianą decyzji redakcji „Nafty” i wstrzymaniem druku artykułu autorzy zmuszeni byli do wycofania go: dlatego ukazuje się on z blisko półrocznym opóźnieniem na łamach „Przeglądu Geologicznego”.

gają stanowczo krytycznego naświetlenia. Jest bowiem konieczne, aby tezy i propozycje, których realizacja może mieć takie czy inne konsekwencje gospodarcze, nie były oparte na przesłankach wątpliwych lub wręcz błędnych.

Ustosunkowując się do głównych tez artykułu K. Schoeneicha oraz do zawartych w nim błędów rzeczowych autorzy pragną jednocześnie podkreślić znaczenie tej problematyki i konieczność rozwijania poważnych badań na temat bilansu cieplnego Ziemi na obszarze Polski.

ZAGADNIENIE POŚREDNIEGO OKREŚLANIA TEMPERATUR NA DUŻYCH GŁĘBOKOŚCIACH

Omawiany artykuł zawiera — jak już wspomniano — mapy izoterm co 10 i 20°C, na różnych głębokościach, w cięciu co 500 m. Mapy te skonstruowano na podstawie materiałów tylko częściowo wiarygodnych i nie budzących wątpliwości. Dla zestawienia map geoizoterm, dla różnych głębokości, autor wykonywał — w większości przypadków — ekstrapolację prostoliniową temperatur, pomierzonych w otworach na niewielkich głębokościach, biorąc zresztą pod uwagę zarówno pomiary pewne, jak i wątpliwe. Tym samym sposobem uzyskał również mapę występowania temperatury krytycznej dla wody, rozpatrując głębokości do 33 km. Ekstrapolacja taka jest z punktu widzenia geofizyki niedopuszczalna, co postaramy się wykazać poniżej.

Problem określania temperatury (T) dla głębokości dotychczas nie osiągniętej wierceniami jest niezwykle skomplikowany i nie został dotychczas rozwiązany, nawet dla górnych 10 km skorupy ziemskiej. Niezbędna tu jest nie tylko dokładna znajomość zawartości w skałach izotopów promieniotwórczych (^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th i ^{40}K), będących głównym źródłem ciepła w skorupie ziemskiej, lecz także określenie zmienności przewodnictwa cieplnego skał (λ), pod wpływem rosnącej z głębokością temperatury (T) i ciśnienia (p).

Równanie przewodnictwa cieplnego dla zagadnienia trójwymiarowego ma postać:

$$\rho c \frac{\delta T}{\delta t} = \frac{\delta}{\delta x} \left(\lambda \frac{\delta T}{\delta x} \right) + \frac{\delta}{\delta y} \left(\lambda \frac{\delta T}{\delta y} \right) + \frac{\delta}{\delta z} \left(\lambda \frac{\delta T}{\delta z} \right) + P(x, y, z, t) \quad [1]$$

gdzie:

- ρ — gęstość
- c — pojemność cieplna
- T — temperatura
- λ — przewodnictwo cieplne
- P — generacja ciepła w jednostce objętości
- t — czas

W przypadku ziemskiego pola cieplnego temperatura (T) oraz generacja ciepła (P) zależy tylko od składowej pionowej z , skierowanej ku środkowi Ziemi, której krzywiznę pomija się dla uproszczenia rozwiązań. Równanie [1] przyjmuje w takim przypadku postać:

$$\rho c \frac{\delta T}{\delta t} = \frac{\delta}{\delta z} \left(\lambda \frac{\delta T}{\delta z} \right) + P(z, t) \quad [2]$$

Jak wykazała E. A. Lubimowa (14), dla głębokości mniejszych niż 100 km można w przypadku Ziemi uznać równowagę cieplną za ustaloną, przyjmując że generacja ciepła P nie jest zależna od czasu, co związane jest z bardzo wolnymi zmianami P . Założenie stacjonarności pola $P = P(t)$ dla górnych partii skorupy jest oczywiste, jako że ciepło pochodzi tu z rozpadu promieniotwórczego. Wynika stąd, że przy ocenie rzeczywistych temperatur w górnych partiach skorupy należy posługiwać się równaniem:

$$\frac{d}{dz} \left(\lambda \frac{dT}{dz} \right) = -P(z) \quad [3]$$

dla rozwiązania którego konieczna jest znajomość funkcji $P(z)$ oraz $\lambda(z)$.

W przypadku stacjonarnego, jednowymiarowego strumienia cieplnego formułą najczęściej stosowaną do określania temperatury jest:

$$T = T_0 + \frac{Q \cdot z}{\lambda} - \frac{P \cdot z^2}{2\lambda} \quad [4]$$

gdzie λ oraz P są wartościami stałymi dla badanej warstwy. W praktyce, temperaturę dla żądanej głębokości określa się dla każdej warstwy, idąc od powierzchni Ziemi ku większym głębokościom, przy znajomości P i λ dla każdej n -tej warstwy. Informacjami początkowymi są tu: temperatura (T_0), pomierzona w warstwach przypowierzchniowych oraz powierzchniowy strumień cieplny Q (gdzie: $Q = -\lambda \text{ grad } T$). Nie istnieje więc możliwość niebezpośredniego wyznaczenia zmienności temperatury w funkcji głębokości, bez znajomości wartości generacji ciepła, oraz przewodnictwa cieplnego każdej z poszczególnych warstw.

Zarówno zmiany ciśnienia, jak i temperatury zachodzące z głębokością mają znaczny wpływ na wartość przewodnictwa cieplnego skał. Chcąc rzetelnie określać temperaturę dla głębokości, dla których brak pomierzonych danych, należy wносить odpowiednie poprawki, wynikające z oddziaływania obu wspomnianych czynników.

Z danych Bridgmana uzyskanych jeszcze w 1924 r. i omawianych przez R. I. Kutasa i W. W. Gordijenkę (12) wynika, że zmiany przewodności cieplnej w zależności od ciśnienia opisuje równanie:

$$\lambda_p = \lambda_0 (1 + \alpha p) \quad (5)$$

gdzie: λ_p — przewodnictwo cieplne przy ciśnieniu p ,
 λ_0 — przewodnictwo cieplne przy ciśnieniu 1 atm,
 α — współczynnik empiryczny, którego rząd wielkości wynosi $10^{-6} \cdot \frac{1}{\text{atm}}$

Już od głębokości 3—3,5 km zmiany przewodnictwa cieplnego skał, pod wpływem ciśnienia, są rzędu 8% i wzrastają wraz z głębokością. Znacznie większy wpływ na przewodnictwo cieplne skał ma czynnik temperatury. Dla skał osadowych zależność przewodnictwa od temperatury jest następująca:

$$\lambda(T) = \lambda(20^\circ) - [\lambda(20^\circ) - 3,3] \left[\exp \left(0,725 \frac{T - 20^\circ}{T + 130^\circ} \right) - 1 \right] \quad [6]$$

Dla skał krystalicznych zależność ta ma postać:

$$\lambda(T) = \lambda(20^\circ) - [\lambda(20^\circ) - 4,8] \left[\exp \left(0,725 \frac{T - 20^\circ}{T + 130^\circ} \right) - 1 \right] \quad [7]$$

W wielu przypadkach już przy temperaturze 100°C zmiany przewodnictwa mogą sięgać 100%, w porównaniu z przewodnictwem w warunkach normalnych, co wykazały badania prowadzone w wielu ośrodkach radzieckich, japońskich i amerykańskich (ostatnio W. W. Gordijenko — 9).

Jak wynika z powyższych rozważań, określenie temperatury dla głębokości, z której brak informacji pochodzących bezpośrednio z pomiarów, na podstawie danych pomiarowych z warstw przypowierzchniowych, w żadnym przypadku nie przedstawia się tak prosto, jak to zasugerowano w omawianym artykule. Temperatury, które posłużyły do skonstruowania wspomnianych map, zostały określone mechanicznie, z prostego równania prostoliniowego: $T = T_0 + \text{grad } T \cdot H$. Stosowanie tego wzoru ma sens wyłącznie w przypadku bardzo niewielkich zmian przewodnictwa cieplnego (λ) warstw w obrębie interwału głębokości, dla którego dokonuje się takiego określenia. Jednocześnie równanie to ma sens przy założeniu, że generacja ciepła w badanych warstwach równa się zero. Założenie to jest błędne dla obszaru Polski północno-wschodniej, gdzie utwory krystaliczne występują na głębokościach znacznie mniejszych od tych, których dotyczy znaczna część zaprezentowanych w artykule map izoterm. Należy także zwrócić uwagę na fakt, że rozprzestrzenienie pierwiastków promieniotwórczych w piętrze osadowym powoduje i tu pokazuje generację ciepła, która jest niekiedy porównywalna — co do rzędu wielkości — z generacją ciepła w piętrze granitowym.

Nie stosując się do podstawowego równania [4], opisującego zmiany temperatury z głębokością, nie wzięto pod uwagę ciepła radiogenicznego, którego udział w wielkości strumienia cieplnego w górnej partii piętra granitowego, zalegającego płytko w Polsce północno-wschodniej, może wynosić 50—60%. Należy tu dodać, że rozkład generacji ciepła z głębokością jest eksponencjalny, a więc jest ona największa w górnej partii tego piętra.

Zastosowanie mechanicznej ekstrapolacji do 6 km i więcej (jak w przypadku określenia głębokości występowania temperatury krytycznej) pomierzonych temperatur (mniej lub bardziej prawidłowo) na mniejszych głębokościach, bez uwzględniania generacji ciepła i zmian przewodnictwa cieplnego pod wpływem temperatury i ciśnienia, które to czynniki mają oczywisty wpływ na temperaturę (T_z) — por. równanie [3] — powoduje, że mapy rozkładu temperatur dla dużych głębokości opracowane przez K. Schoeneicha przedstawiają obraz, którego zgodność z rzeczywistością budzi bardzo poważne wątpliwości.

Materiał zebrany przez autora ma bardzo niejednakową wartość. Nie można porównywać określeń temperatury wykonanych niekiedy w początku bieżącego stulecia, w niewiadomych warunkach otworowych, punktowo, przy użyciu termometrów maksymalnych z danymi pochodzącymi z pomiarów

współczesnych, wykonywanych w sposób ciągły dokładnymi termometrami elektrycznymi, po odpowiednim czasie stójki, w warunkach bardzo zbliżonych do ustalonej równowagi cieplnej. Obliczenia średnich ważonych wartości gradientów geotermicznych dadzą różne wyniki dla tego samego otworu, zależnie od sposobu wykonania pomiaru. Zwrócić na to uwagę już w 1952 r. S. Pawłowski (17), omawiając określenia średnich stopni geotermicznych dokonane przez S. Z. Różyckiego (10), na podstawie tylko znajomości temperatury na dnie odwiertu. W artykule uwzględniono ponadto szereg nowszych pomiarów wykonanych w warunkach niedostatecznie ustalonej równowagi cieplnej (np. otwory: Kamień Pomorski IG 1, Pasłek IG 1 i in.). Przyjęcie tak różnorodnego materiału za podstawę do wyciągania wniosków o polu geotermicznym Polski jest jeszcze jednym z czynników podważających wartość zamieszczonych w artykule map, nie tylko w odniesieniu do większych głębokości, lecz także dla głębokości mniejszych od 3000 m.

Na tle powyższych rozważań całkowicie fikcyjna okazuje się przedstawiona w artykule „mapa powierzchni pary wodnej”, na której narysowano izarytmy głębokości występowania temperatury krytycznej dla wody. Izarytmy te dotyczą interwału głębokości 10–33 km i poprowadzone są co 2 km. Ekstrapolacja temperatur pomierzonych w Polsce, do którejkolwiek z tych głębokości, jest całkowicie bezpodstawną. Dodać należy, że na głębokościach poniżej 10 km prawie na całym obszarze Polski należy spodziewać się występowania utworów krystalicznych, których wodonośność czy paronośność jest wysoce problematyczna.

ZALEŻNOŚĆ GRADIENTU GEOTERMICZNEGO OD RZĘBY STROPU KRYSZALINIKU

Jedną z tez omawianego artykułu jest twierdzenie, że: „...obraz geotermiczny zależy ściśle od rzeźby stropu krystalinikum”. Przyjęcie takiego założenia pozwala autorowi na sformułowanie daleko idącego wniosku, że dalszy postęp w rozpoznaniu pola geotermicznego na dużych głębokościach zależy nie tyle od ilości danych pomiarowych, ile od rozpoznania rzeźby stropu krystalinikum.

Dla udowodnienia wspomnianej tezy autor zestawia wartości średniego gradientu geotermicznego z głębokością stropu krystalinikum i „wizualnie” prowadzi krzywą funkcyjną, charakteryzującą tę zależność. Zawarte w tekście stwierdzenie, że krzywa poprowadzona „wizualnie” stanowi obraz bardziej prawdopodobny niż krzywa wyznaczona metodą najmniejszych kwadratów jest z matematycznego punktu widzenia pozbawione sensu.

Korelowane dane o wartości średnich gradientów geotermicznych pochodzą z otworów przebijających skały o bardzo różnych litofacjach, a więc o różnych wartościach przewodnictwa cieplnego i nie charakteryzują ilości ciepła płynącego z wnętrza Ziemi. Ilości te możemy określić jedynie mierząc strumień cieplny Q .

Na wykresie korelowane są jednocześnie dane pochodzące z obszarów o różnych wartościach strumienia cieplnego. Dla platformy prekambryjskiej wartości te są rzędu 0,8–1,0 HFU, natomiast w obszarze platformy paleozoicznej strumień cieplny wynosi średnio 1,6 HFU. Poszukiwanie związków pomiędzy gradientem geotermicznym a głębokością podłoża krystalicznego może dotyczyć jedynie prowincji o jednorodnych wartościach Q . Uzyskana ewentualnie w innym przypadku korelacja nie świadczy o bezpośrednim związku przyczynowym pomiędzy oboma czynnikami, dlatego też wniosek o decydującej roli rozpoznania rzeźby podłoża krystalicznego dla rozpoznania pola geotermicznego jest błędny. Postęp badań geotermicznych wymaga przede wszystkim gęstej sieci pomiarów w otworach głębokich, przy jednoczesnym doskonaleniu techniki pomiarów temperatury, rozpoznania rozkładu strumienia cieplnego oraz znajomości zmian przewodnictwa cieplnego z głębo-

kością, a także ilościowego określenia generacji ciepła zarówno w piętze osadowym, jak też granitowym i bazaltowym.

Przyjęcie średniej wartości gradientu geotermicznego $TH = 1,2^{\circ}C/100$ m dla całego krystalinikum Polski jest podstawowym błędem, który obok innych, wykazanych poprzednio, przyczynia się do dyskwalifikacji obrazu przedstawionego na mapach. Jak wynika z przytoczonych wyżej danych gradient taki może odpowiadać jedynie średnim wartościom strumienia cieplnego w obszarze platformy prekambryjskiej, natomiast w obszarze platformy paleozoicznej, zajmującej przecież co najmniej 1/2 obszaru Polski, średniej wartości strumienia cieplnego 1,6 HFU odpowiada średni gradient geotermiczny w podłożu krystalicznym $2,4^{\circ}C/100$ m. Jest on więc dwukrotnie wyższy od gradientu przyjmowanego dla tego obszaru przez K. Schoeneicha.

ZAGADNIENIE OKREŚLANIA POLA CIEPLNEGO W OBSZARACH KONWEKCYJNIE ZABURZONYCH

Za „najgorętszy obszar Polski” uważa K. Schoeneich Sudety, biorąc za punkt wyjścia występowanie wód termalnych w Cieplicach i Łądku. Dla tego również obszaru autor dysponował jedynie o temperaturze samowypływów w tych miejscowościach i poprowadził izotermę do głębokości 6000 m. Za podstawę rozumowania przyjęto dane o temperaturze wód cieplickich pochodzących z publikacji Crednera z 1897 r. lub z notatek w prasie codziennej, mimo istnienia na ten temat informacji w publikacjach z ostatnich lat (np. J. Dowgiałło — 4, 7). Profil jak pisze autor „prawdopodobnie najgorętszego miejsca w Polsce” uzyskano łącząc temperaturę stwierdzoną jakoby na głębokości 690 m z temperaturą źródła w kąpielisku Cieplice...”. Pomijając fakt, że określenie „najgorętsze miejsce w Polsce” jest w tym kontekście pozbawione sensu należy stwierdzić, że jakiegokolwiek próby określenia gradientów geotermicznych w warunkach obfitych samowypływów wód termalnych, z jakimi mamy do czynienia w Cieplicach jest całkowicie nieuzasadnione. Mamy tam bowiem do czynienia z intensywnym i głębokim krążeniem wód podziemnych, powodującym konwekcyjny wynos ciepła w ilościach wielokrotnie przekraczających składową konduktywną strumienia cieplnego. Nieliczne na terenie Sudetów punkty, w których występują tego rodzaju warunki wynikające z lokalnej sytuacji geomorfologicznej i tektonicznej, muszą być traktowane jako dodatnie anomalie rzeczywistego, regionalnego pola cieplnego, zaburzonego w rezultacie konwekcji. Ekstrapolacja do głębokości 6000 m i głębiej „profilu” termicznego Cieplic uzyskanego w wyniku interpretacji takich danych temperaturowych, jakimi posłużył się K. Schoeneich i wykreślenie na ich podstawie izoterm w cięciu co 500 m, a także określenie na tej podstawie głębokości występowania temperatury krytycznej dla wody — jest błędne.

Istnieją przesłanki do przypuszczeń, że w Sudetach istotnie możemy mieć do czynienia z wysokimi — w porównaniu z pozostałymi obszarami Polski — wartościami strumienia cieplnego. Przesłanki takie wynikają z analizy budowy geologicznej tego regionu i historii rozwoju górotworu sudeckiego. Dowodem na to nie mogą jednakże być izolowane punkty występowania wód termalnych, a jedynie pomiary strumienia cieplnego w obszarach, w których konwekcyjny transport ciepła odgrywa możliwie najmniejszą rolę. Danymi takimi dysponujemy z pogranicznego obszaru Czechosłowacji (2). Za najgorętszy obszar Polski trzeba natomiast uważać obrzeżenie monokliny przedsudeckiej, gdzie określony przez J. Majorowicza (15, 16) rozkład pola temperatury oparto na rzeczywistym materiale, pochodzącym z danych pomiarowych.

Zdziwnym zbiegiem okoliczności autor omawianego artykułu uzyskał najniższe stopnie geotermiczne i jednocześnie najniższe gradienty geotermiczne w okolicach Sokółki, zaś najwyższe stopnie i gradienty w Karkonoszach. Ten rodzaj wzajemnej zależności po-

między oboma tymi czynnikami stanowi dość podstawową nowość w zasadach geotermiki (przypominamy, że stopień geotermiczny stanowi odwrotność gradientu). Przy okazji należałoby też zwrócić uwagę, że Cieplice, a tym bardziej Łądek nie znajdują się w Karkonoszach.

WPLYW TEMPERATURY I CIŚNIENIA NA MINERALIZACJĘ WÓD PODZIEMNYCH

Omawiany artykuł zawiera tabelę, w której zestawiono współczynniki korelacji pomiędzy temperaturą wód podziemnych, wiekiem serii wodonośnej, głębokością występowania wody, jej ciężarem właściwym, ciśnieniem (nie podano jakim), mineralizacją ogólną oraz zawartością głównych składników chemicznych. Zestawienie to prowadzi według autora do wniosku, że „temperatura jest obok ciśnienia najważniejszym parametrem środowiska geologicznego, rządzącym mineralizacją wody”.

Materiał do analizy korelacyjnej stanowiło, jak podaje autor, 110 analiz wód polskich i 55 analiz wód z synklinorium lubelskiego. Pomijając fakt, że wody z synklinorium lubelskiego pochodzą prawdopodobnie także z obszaru Polski, w omówieniu wyników nie podano z jakich formacji pochodzą wody uwzględnione w obliczeniach. Dla interpretacji wyników sprawa ta nie jest bez znaczenia.

Jest faktem powszechnie znanym i wielokrotnie potwierdzonym, w trakcie badań prowadzonych w głębokich otworach, że wraz z głębokością wzrasta na ogół mineralizacja wody, a tym samym jej ciężar właściwy, zawartość jonu chlorkowego i niektórych innych składników. Z głębokością wzrasta również temperatura. Wyciąganie stąd jednak wniosku, że przyczyną wysokiej mineralizacji wody jest wysoka temperatura panująca w złożu i na odwrót, że niższe temperatury są przyczyną niskich mineralizacji jest bezpodstawne. Nie każdy bowiem związek korelacyjny jest związkiem przyczynowym. Nawiasem mówiąc interpretacja wyników obliczeń statystycznych nie zawsze znajduje potwierdzenie we wspomnianej tabeli (np. niski współczynnik korelacji: temperatura — mineralizacja dla wód z synklinorium lubelskiego).

Tezie autora o związku przyczynowym mineralizacji wód podziemnych z temperaturą można by przeciwstawić szereg przykładów, gdzie korelacja taka istnieje, ale pomiędzy oboma czynnikami nie ma związku przyczynowego (np. wyniesienie mazursko-suwalskie), albo też, gdzie istnieje korelacja odwrotna (np. obrzeżenie monokliny przedsudeckiej). Poruszone tu zagadnienie jest dla treści artykułu drugoplanowe i nie ma potrzeby rozwijać go w tym miejscu szerzej. Trzeba jednak zaznaczyć, że mamy tu do czynienia z jeszcze jednym przykładem dowolnej i nieuzasadnionej interpretacji danych, których wartość nie została udokumentowana.

ZAGADNIENIE WYKORZYSTANIA ZASOBÓW GEOTERMICZNYCH POLSKI

Zgodnie z definicją przyjętą w 1970 r. na Międzynarodowym Sympozjum Geotermicznym w Pizie (5), **zasoby geotermiczne są to występujące w sposób naturalny podziemne zasoby ciepła, z których pobieranie energii lub substancji współwystępujących (jak woda i minerały) jest technicznie wykonalne i może być użyteczne gospodarczo lub społecznie w dającej się przewidzieć przyszłości.** Definicja ta, wypracowana na reprezentatywnym spotkaniu specjalistów, kładzie duży nacisk na techniczno-ekonomiczną stronę zagadnienia.

Koncepcja eksploatacji energii cieplnej z odwiertów w oparciu o wymuszony, zamknięty obieg wody nie jest nowa. Przedstawił ją na II Wszechniawskiej Konferencji w Sprawie Badań Geotermicznych, która odbyła się w 1964 r. w Moskwie W. N. Nazarov (fide I. N. Dworow — 8). Przewidywała ona tłoczenie wody do otworu wiertniczego i wydobywanej jej po ogrzaniu z innego otworu, odległego

o 600—1000 m. Zastosowanie obiegu zamkniętego stanowi również integralny element amerykańskiej koncepcji „Ploshare” stworzonej w 1964 r. przez G. C. Kennedy’ego (11) i rozwiniętej następnie przez D. H. Stewarta i J. B. Burnhama (1, 22). Zasoby geotermiczne mają być według niej uzyskiwane za pomocą zamkniętego obiegu wody, z otworów wiertniczych, w których dokonano eksplozji jądrowych. Dodać należy, że realizację tej koncepcji przewiduje się na razie jedynie na wybranych obszarach występowania dodatnich anomalii strumienia ciepłego, charakteryzujących się intensywnym, konwekcyjnym transportem ciepła.

Przedstawiona przez K. Schoeneicha metoda eksploatacji energii z odwiertów opiera się także na koncepcji wymuszonego krążenia wód. W tym więc sensie nie jest to metoda nowa. Należy także wspomnieć, że twierdzenie jakoby „możliwość wykorzystania ciepła Ziemi i wód gorących dla celów przemysłowych nie była jeszcze w Polsce rozpatrywana” jest nieścisłe (por. m. in. I. Potocki — 19, J. Dowgiałło — 3, 4, 7).

Autorzy niniejszego artykułu nie zamierzają wnikać w szczegóły techniczne i ekonomiczne omawianej przez K. Schoeneicha procedury wydobywania ciepła z otworów głębokich. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że w artykule nie wyjaśniono sprawy czasu, w którym woda musi przebywać w otworze, aby uzyskać odpowiednią temperaturę. Należy przypuszczać, że konieczność utrzymania niewielkiej prędkości obiegu wody będzie rzutowała niekorzystnie na wydajność otworu. Trudność ta nie występuje w omawianej poprzednio koncepcji W. N. Nazarowa, w myśl której woda będzie miała czas ogrzać się przenikając przez stosunkowo długi odcinek serii wodonośnej. Nie uwzględniono także istotnego czynnika obniżającego żywotność otworu, jakim jest intensywna korozja zarurowania w warunkach wysokiej mineralizacji płynu i wysokich temperatur; nie wyjaśniono wreszcie w jaki sposób ma być uzyskiwana woda o temperaturze 70°C, która po przejściu przez otwór ma mieć temperaturę 90°C (tabl. 4). Brak też oceny kosztów ogrzewania wody i tłoczenia jej do otworu.

Powyższe braki można by zapewne złożyć na karb braku miejsca i zbyt specjalistycznego charakteru poruszonych wyżej zagadnień. Trudno jednak wytłumaczyć, dlaczego autor twierdzi, że proponowany przez niego sposób uzyskiwania ciepła jest opłacalny, skoro nie podaje kosztów uzyskania 1 Gcal/h tym sposobem, a jedynie koszt uzyskania ciepła sposobem konwencjonalnym. Takie postawienie sprawy uniemożliwia jakąkolwiek dyskusję na ten temat.

Proponując szczelinowanie skał na głębokości 10 km autor sugeruje możliwość uzyskania pary w ilościach co najmniej takich, jakie uzyskuje się na polach parowych Toskanii, Nowej Zelandii czy Kalifornii. Posługiwanie się tymi przykładami jest tu całkowicie nieuzasadnione. We wszystkich 3 przypadkach mamy do czynienia z silnie przepuszczalnymi seriami zbiornikowymi, intensywnie zasilanymi przez wody powierzchniowe (por. 6, 10). Warunków takich nie możemy się spodziewać w Polsce na tak dużych głębokościach, gdzie zasoby wody (ewentualnie pary) będą według wszelkiego prawdopodobieństwa znikome.

ZAKOŃCZENIE

Z rozważań powyższych wynika, że nie można zgodzić się z poglądami K. Schoeneicha zaprezentowanymi przez niego w artykule pt. „Gorące wody Polski”. Przedstawiona bowiem w tej pracy próba „syntezy” warunków geotermicznych obszaru Polski, wobec braku oparcia jej na reprezentatywnych materiałach, doprowadziła w konsekwencji do uzyskania sprzecznego z rzeczywistością obrazu pola geotermicznego Polski, a także do błędnego określenia warunków hydrogeotermicznych. Wyciągnięte na tak niepewnej podstawie wnioski, dotyczące możliwości i sposobu uzyskania zasobów geotermicznych, są nieuzasadnione.

LITERATURA

1. Burnham J. B., Stewart D. H. — The economics of Plowshare geothermal power ANS Symposium on engineering with nuclear explosives. 1970.
2. Čermaĕ V. — Terrestrial heat flow in Czechoslovakia and its relation to some geological features. Int. Geol. Congr., Report XXIII Session V. 5. Praha, 1968.
3. Dowgiałło J. — Zagadnienia geotermiki, a zdrojownictwo. Probl. uzdraw. 1970, nr 1.
4. Dowgiałło J. — Occurrence and utilization of thermal waters in Poland. U. N. Symposium on the development and utilization of geothermal resources. Pisa, 1970, vol. 2, p. 1.
5. Dowgiałło J. — Międzynarodowe Sympozjum Geotermiczne w Pizie. Prz. geol. 1971, nr 6.
6. Dowgiałło J. — Geologia i wykorzystanie energetyczne wŕoskich zasobów geotermicznych. Ibidem. 1972, nr 2.
7. Dowgiałło J. — Występowanie i perspektywy dalszego wykorzystania wód termalnych w Polsce. Balneologia Polska, 1972, t. 17, z. 1—2.
8. Dworow W. I. — Głubinnoje ciepło ziemi. Moskwa, 1972.
9. Gordijenko W. W. — Nowyje geofizyczne issledowanija na Ukrainie. Kijów, 1970.
10. Jaffé F. C. — Geothermal energy, a review. Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u-Ing., 1971, vol. 38.
11. Kennedy G. C. — A proposal for a nuclear power program. USAEC Third Plowshare Symposium, University of California. 1964.
12. Kutas R. I., Gordijenko W. W. — Tępiówyje pole Ukrainy. Kijów, 1970.
13. Ladenbruch A. M. — Implication of linear heat flow relation. Jour. Geoph. Research, 1971, vol. 73.
14. Lubimowa E. A. — O nagriewanii ziemnych nieдр w processie obrazowanija ziemi. Izd. AN. SSSR, sier. gieof. 1958, nr 5.
15. Majorowicz J. A. — Heat flow in Poland and its relation to geological structure. Geothermics, 1973, vol. 2, nr 1.
16. Majorowicz J. A. — New heat flow data. Acta geoph. pol. 1973, vol. 21, nr 2.
17. Pawłowski S. — Kilka zagadnień geofizycznych w Polsce. Biul. PIG, ser. geof., 1952.
18. Plewa S. — Regionalny obraz parametrów geotermicznych Polski. Geof. i Geol. naft., 1966.
19. Potocki I. — Programowanie rozwoju uzdrowisk w oparciu o surowce balneologiczne. [W] Dowgiałło K., Karski A., Potocki I. — Geologia surowców balneologicznych. Warszawa, 1969.
20. Różycki S. Z. — Note concerning the distribution of the geothermal gradient in Poland and neighbouring countries. Tow. Nauk. Warszawskie. Spraw. z Pos. Wydz. III, 1948.
21. Schoeneich K. — Gorące wody Polski. Nafta, 1973, nr 8.
22. Stewart D. H., Burnham J. B. — The application of Plowshare to geothermal power. Atomic Industrial Forum, BNWL-SA-2803, 1969.

SUMMARY

The article gives criticism on the main theses of K. Schoeneich's article „Hot waters of Poland” published in the monthly „Nafta”, No 8/1973. The following problems are discussed: indirect temperature measurements at great depths, dependance of geothermic gradient on the relief of top surface of crystalline substratum, delineation of heat field in areas convectively disturbed, and the effect of temperature and pressure upon mineralization of groundwaters. Also the problem of utilization of geothermic resources in Poland has been considered.

РЕЗЮМЕ

В статье представлена критика основных положений статьи К. Шенайха пз. „Термальные воды Польши”, помещенной в № 8 журнала „Nafta” за 1973 г. Рассматриваются проблемы косвенного определения температур на больших глубинах, зависимости геотермического градиента от рельефа кристаллического фундамента, определения теплового поля в зонах конвекционных нарушений и влияния температуры и давления на минерализацию подземных вод. Анализируется также проблема использования геотермических ресурсов Польши.