

Pomiar temperatury w otworze Toruń–1 jako wzorzec stanu równowagi termicznej w obrębie permsko-mezozoicznego basenu sedimentacyjnego

Marta Wróblewska*, Jacek Majorowicz**



M. Wróblewska J. Majorowicz

Pomiar temperatury w otworze wiertniczym od dawna był jednym z pierwszych pomiarów geofizycznych, jakie wykonywano w otworze (Arctowski, 1924). Wykonywany w trakcie wiercenia stanowi czynnik kontrolujący ten proces. W miarę rozwoju technologii wierzeń zwiększał się wachlarz informacji, jaką ze sobą niesie dobrze przeprowadzone profilowanie temperatury: od kontroli stanu technicznego otworu do poszukiwania węglowodorów. Jednak badania temperaturowe w trakcie wiercenia nie dają pełnej informacji na temat warunków termicznych panujących w ośrodku skalnym. Takiej informacji może dostarczyć dopiero pomiar w warunkach ustalonej równowagi termicznej. Obecność otworu zaburza reżim termiczny raz na zawsze. Minimalny czas, jaki jest potrzebny, aby przywrócić w otworze warunki termiczne ośrodka skalnego, określono w Polsce w przybliżeniu na 8 dni. Przerwanie prac wiertniczych, a więc także cyrkulacji płuczki, miało pozwolić na stabilizację termiczną otworu. Cyrkulacja płuczki powoduje bowiem wyzębienie dolnej części otworu — cieplejsza jest wynoszona ku górze, gdzie z kolei oddaje część energii ogrzewając górną część otworu. Jest to efekt często obserwowany na termogramach wykonanych w warunkach nieustalonych temperatur.

Przedmiotem wykonanych badań jest analiza pola cieplnego na podstawie wyników pomiarów w warunkach ustalonej równowagi termicznej w głębokim otworze wiertniczym Toruń–1 (ryc. 1). Otwór ten odwiercono w 1979 r. do głębokości 5904 m, kilkanaście kilometrów na południowy wschód od miasta Toruń. Przez ostatnie 20 lat nie prowadzono w nim żadnych prac wiertniczych, a jedynie prace techniczne, np. kalibrację aparatury geofizycznej. Tak długi okres czasu pozwolił na wyrównanie temperatur panujących w otworze z temperaturami otaczającego ośrodka skalnego, co stanowi niepowtarzalną okazję do przeprowadzenia pomiarów temperatury w stanie równowagi termicznej. Otwór ten jest obecnie jedynym obiektem na obszarze całego permsko-mezozoicznego basenu sedimentacyjnego, który spełnia wymagane kryteria głębokiego, opróbowanego otworu, nie zaburzanego żadnymi pracami technicznymi, dając możliwość wykonania pomiarów geofizycznych.

W listopadzie 2005 r. wykonano szablonoowanie otworu w celu sprawdzenia jego drożności. W rezultacie okazało się, iż obecna, maksymalna głębokość bezpieczna dla

zapuszczenia sondy to 2900 m. Szacuje się, że informacja zapisu długookresowych zmian klimatycznych może sięgać nawet do 2000 m (Safanda i in., 2004). Zatem głębokość 2900 m uznano za wystarczającą do zarejestrowania takiego wpływu.

Wykonany pomiar temperatury (ryc. 2a) jest wzorcowym termogramem temperatury ustalonej. Przedłużenie krzywej pomiarowej daje w efekcie 10°C, czyli średnią temperaturę powietrza na powierzchni Ziemi. Duże zmiany do ok. 15 m (ryc. 2b) stanowią ewidentny wpływ zmian sezonowych temperatury powietrza, prace bowiem prowadzone były w warunkach zimowych (ryc. 1). Z kolei ocieplenie rzędu 1°C wynika z długookresowych zmian klimatycznych. Krzywa temperatur wykonana w otworze Toruń–1 w 1979 r. stanowi ewidentny przykład termogramu wykonanego w warunkach nieustalonej równowagi termicznej. Mając na uwadze opisaną powyżej regułę zachowania termogramów nieustalonych temperatur, wiadomo, że obydwie krzywe przetną się w tzw. punkcie równowagi. Według obliczeń nastąpi to na głębokości ok. 4000 m.

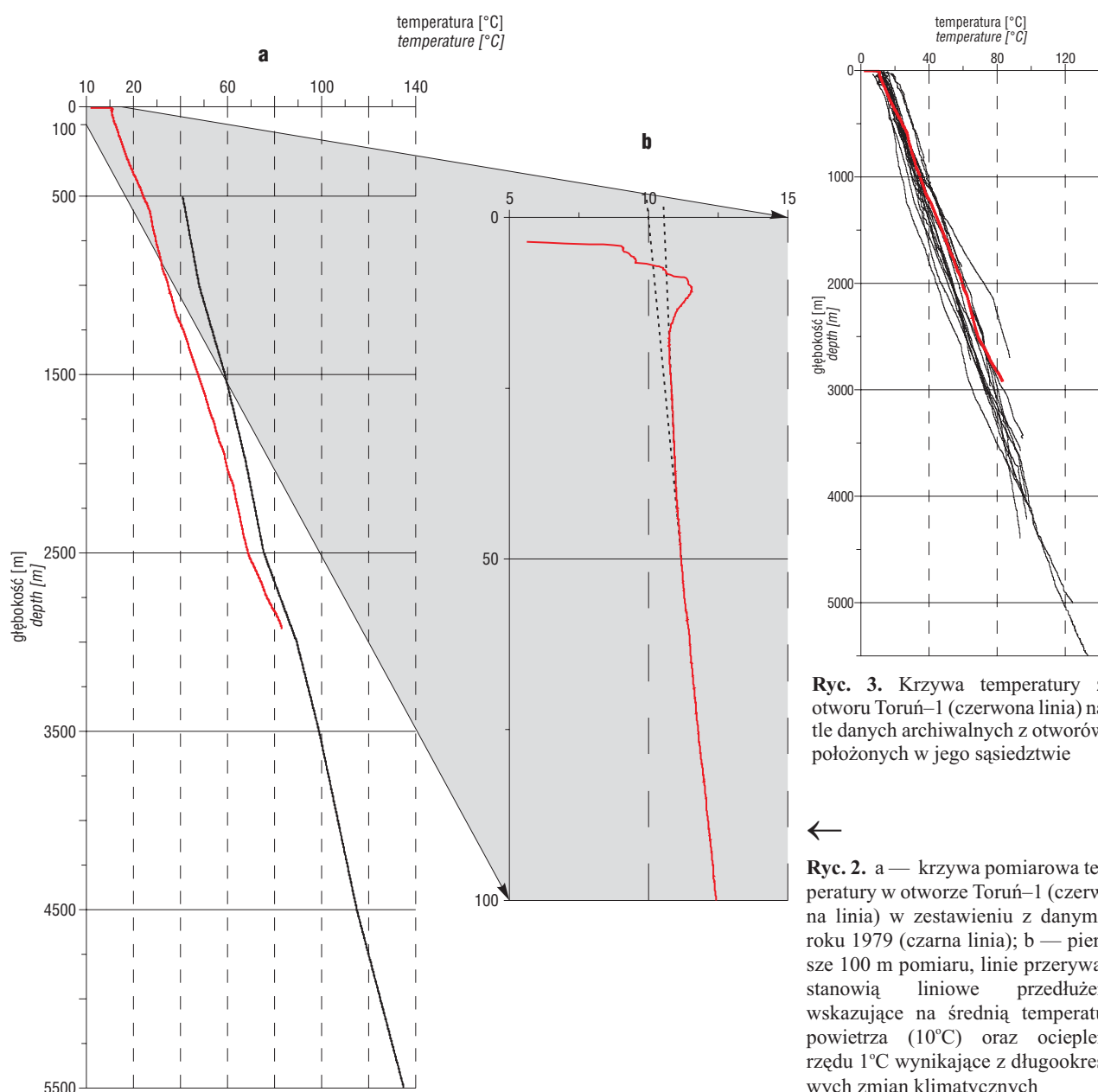
Przedstawione na ryc. 3 wyniki na tle termogramów z otworów położonych w sąsiedztwie otworu Toruń–1 pokazują, że część danych z tego regionu pokrywa się z obecnymi wynikami. Szeroko dyskutowany (Majorowicz i in., 2002) 15–20% błąd oceny powierzchniowego strumienia cieplnego wynika głównie z błędu pomiarowego tempera-



Ryc. 1. Otwór Toruń–1. Pomiar temperatury po dwudziestu pięciu latach od zakończenia prac wiertniczych

*Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa;
marta.wroblewska@pgi.gov.pl

**Northern Geothermal, Edmonton, Canada and University of North Dakota, Northern Plains Climate Research Center, USA; majorowicz@shaw.ca



Ryc. 3. Krzywa temperatury z otworu Toruń-1 (czerwona linia) na tle danych archiwalnych z otworów położonych w jego sąsiedztwie



Ryc. 2. a — krzywa pomiarowa temperatury w otworze Toruń-1 (czerwona linia) w zestawieniu z danymi z roku 1979 (czarna linia); b — pierwsze 100 m pomiaru, linie przerywane stanowią liniowe przedłużenie wskazujące na średnią temperaturę powietrza (10°C) oraz ocieplenie rzędu 1°C wynikające z długookresowych zmian klimatycznych

tury, tj. z nieustalanej równowagi termicznej w otworze. Gradienty temperatury w nowym pomiarze są zbliżone do gradientów z termogramów sąsiednich otworów, zatem można przypuszczać, iż ocena strumienia na podstawie tych danych może być uznana za poprawną. Duża jednak część krzywych wykazuje dużo niższe temperatury — o 10–15°C poniżej głębokości od 1000 m do 2000 m. Taka różnica jest już znacząca dla celów geotermalnych. Jaka jest zatem rzeczywista temperatura w tym rejonie, wykaże ponowna analiza danych temperaturowych oraz przewodnictwa cieplnego.

Niniejsze pomiary stanowią unikalny materiał do przeprowadzenia weryfikacji skorupowego modelu termicznego. Dadzą podstawę do stworzenia modelu rzeczywistych gradientów temperatury, co będzie miało istotne implikacje dla uściślenia oceny perspektyw wykorzystania energii geotermalnej w rejonie Niżu Polskiego. Prowadzone są już prace mające na celu rekonstrukcję wpływu ostatniego zlodowacenia wisły na stan termiczny przypowierzchniowej strefy litosfery. Historia zmian temperatur powierzchni

Ziemi wpływa na obserwowane współcześnie pole temperatur i ziemski strumień ciepły. Jednym z przewidywanych wyników dalszych badań jest ocena postglacialnej amplitudy temperatur atmosferycznych oraz głębokość ich oddziaływania na pole ciepłe Ziemi.

Literatura

- ARCTOWSKI H. 1924 — Nowe pomiary geotermiczne w szybach naftowych Borysławia, Krosna, Bitkowa, Kosmos, seria A.
 MAJOROWICZ J.A., WRÓBLEWSKA M. & KRZYWIEC P. 2002 — Interpretacja i modelowanie ziemskiego strumienia ciepłego w obszarze eksperymentu sejsmicznego POLONAISE'97 — analiza krytyczna. *Prz. Geol.*, 50: 1082–1091.
 SAFANDA J., SZEWCZYK J. & MAJOROWICZ J.A. 2004 — Geothermal evidence of very low glacial temperatures on a rim of Fennoscandian ice sheet. *Geoph. Res. Letters*, 31: L07211.

Praca wpłynęła do redakcji 14.02.2006 r.
 Akceptowano do druku 28.03.2006 r.