

GEOTERMIA GŁĘBOKICH KOPALNI RUD MIEDZI I KLASYFIKACJA GEOTERMICZNA ZŁOŻ

(UKD 550.361.4:622.343.553.43:622.413.3(498.26-37 Lubin)

Lata sześćdziesiąte były okresem intensywnego zagospodarowywania górniczo-przemysłowego nowej bazy surowcowej Polski, tj. unikalnego co do wielkości lubińskiego złoża rud miedzi. Wybudowane kopalnie „Lubin” i „Polkowice” udostępniły i przystąpiły do eksploatacji złoża, a w latach siedemdziesiątych zostaną udostępnione i oddane do eksploatacji jeszcze głębsze partie złoża.

Wyniki rozpoznania geologicznego wskazują na rozległe występowanie złoża, przy jednoczesnym wzroście głębokości zalegania do tysiąca kilkuset metrów. Stwarza to możliwości budowy dalszych kopalń, lecz w bardziej złożonych warunkach geotermicznych. Korzystne parametry złożowe pozwalają przypuszczać, że dalsze intensywne zagospodarowanie i zwielokrotnienie wydobywania jest tylko kwestią czasu.

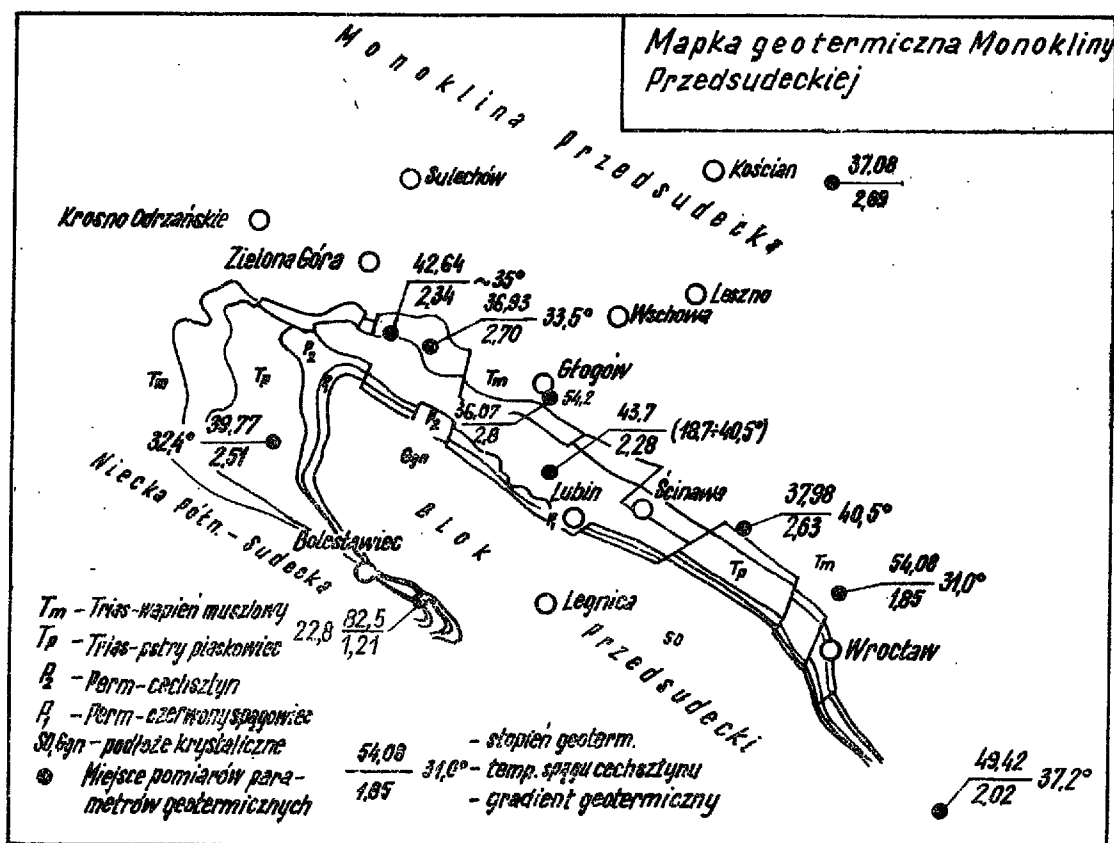
Powstające kopalnie rud miedzi będą najgłębszymi kopalniami w górnictwie polskim, a warunki ich budowy i eksploatacji będą trudne, głównie ze względu na wysoką temperaturę skał, wysokie ciśnienie górotworu i in. Należy przypuszczać, iż zwalczanie zagrożenia termalnego poprzez racjonalną klimatyzację wyrobisk górniczych będzie jednym z podstawowych

problemów górnictwa miedziowego i w tym kierunku należy zintensyfikować odpowiednie studia, badania i projektowanie.

Zagadnienia klimatyzacji udostępnianych głębokich partii złoża należy rozwiązywać kompleksowo, jednocześnie z problemami zwalczania zapylenia, gazowości i wilgotności powietrza.

Podstawą do jakichkolwiek tu opracowań może być szczegółowa dokumentacja geotermiczna złoża. Dokumentacja taka została opracowana w 1963 r. Należy podkreślić, że dotychczas dla żadnego złoża w kraju nie rozpoznano tak dokładnie i tak systematycznie warunków geotermicznych, jak dla złoża lubińskiego. Na etapie wierceń geologiczno-rozpoznawczych dokumentujących złożo, na podstawie wykonanych profilowań temperatury w kilkudziesięciu odwiertach opracowano dokumentację geotermiczną złoża dla wszystkich wówczas projektowanych kopalń oraz rejonów szybowych.

Prognozowane w dokumentacji parametry geotermiczne złoża zostały potwierdzone pomiarami w wyrobiskach górniczych. Na pomiary te (stanowiące II etap badań) złożyły się pomiary temperatury skał i



Ryc. 1. Fig. 1

wód, tempa wychładzania skał oraz laboratoryjne oznaczanie parametrów termicznych złoża, skał spągowych i stropowych. Po zakończeniu prac II etapu należy przystąpić do realizacji III etapu badań, tj. do szczegółowego badania atmosfery i określenia bilansu cieplnego kopalni, usprawnienia systemu klimatyzacji, zaprojektowania i wdrożenia odpowiednich urządzeń wentylacyjno-klimatyzacyjnych.

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ REJONU ZŁOŻOWEGO

Lubińskie złożo zlokalizowane jest w środkowej części monokliny przedsudeckiej (ryc. 1). Na NE skrzydle podłoża krystalicznego, występującego w SW części złoża na głębokości 300–400 m, a w NE na głębokości około 1500 m monoklinalnie zalegają utwory czerwonego spągowca, cechsztylnu i pstrego piaskowca. Wymienione utwory permo-triasowe, jak też krystaliczny blok przedsudecki, niezgodnie przykryte są 350–450 m grubości osadami trzeciorzędowymi i czwartorzędowymi.

Złożo, powstałe w warunkach cechsztyńskiego morza szelfowego, wykształcone jest na granicy osadów czerwonego spągowca i cechsztylnu w formie pokładu o grubości do kilkunastu metrów. Posiada rozciągłość SE–NW i zapada generalnie pod kątem 4–6° w kierunku NE. Model geotermiczny rejonu złożowego kształtują: morfologia podłoża krystalicznego, monoklinalne zaleganie i zróżnicowanie litologiczne osadów permo-triasowych, tektonika oraz zawadnienie skał.

KSZTAŁTOWANIE SIĘ REŻIMU CIEPLNEGO

Stosunki cieplne zewnętrznego płaszczka litosfery, w którym występuje dane złożo, warunkuje ciepło wewnętrzne Ziemi oraz energia cieplna Słońca. Stosunek wzajemnych wpływów tych czynników zależy od szerokości geograficznej, a wyrównanie ich na terenie złoża lubińskiego następuje na głębokości około 9 m. Podstawowymi źródłami ciepła wewnętrznego Ziemi

są: energia naturalnych przemian jądrowych, energia procesów geochemicznych, energia grawitacyjna, energia krystalizacji i przemian polimorficznych i in.

Wynikiem wymienionych procesów jest potok energii cieplnej powstający na głębokości około 1000 km, rozchodzący się radialnie od środka ku powierzchni kuli ziemskiej. Ciepło to drogą przewodzenia lub konwekcji termicznej zostaje przeniesione na zewnątrz. Stan cieplny danego punktu skorupy ziemskiej obrazuje strumień cieplny, którego jednostką jest tzw. gęstość strumienia cieplnego q , obliczana ze wzoru

$$q = \lambda \cdot \frac{dt}{dh} = \lambda \cdot G = \frac{G}{\xi} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{s} \cdot (\text{W/m}^2)$$

gdzie: λ — współczynnik przewodności cieplnej, Kkal/m · godz. · stop, (W/m · stop),

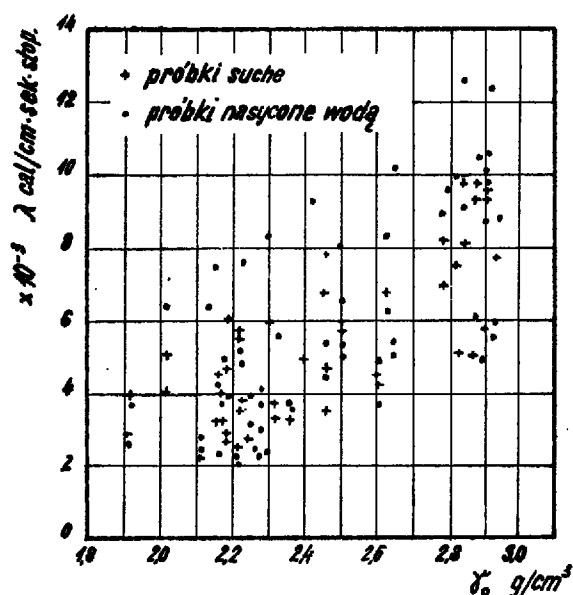
$\frac{dt}{dh} = G$ — gradient geotermiczny, stop/m,

$\xi = \frac{1}{\lambda}$ — cieplna oporność właściwa m · godz · stop / Kkal, (m · stop / W).

Wartość gęstości strumienia cieplnego jest zmienna w przedziale od $0,6 \cdot 10^{-6}$ do $3,0 \cdot 10^{-6}$ kal/cm² · sek, a nawet więcej. Na kontynentach najbardziej stabilne wartości, a jednocześnie najniższe ($2,5 \cdot 10^{-6}$ do $3,7 \cdot 10^{-6}$ W/m²) obserwuje się w rejonach masywów krystalicznych. Zwiększonymi wartościami strumienia i znacznym zróżnicowaniem charakteryzują się rejon geosynklynalne. Wartości gęstości strumienia cieplnego dla poszczególnych jednostek litologiczno-stratygraficznych rejonu złoża lubińskiego wynoszą od 0,48 do 3,11 μ cal/cm² · sek.

CHARAKTERYSTYKA PARAMETRÓW TERMICZNYCH SKAŁ

W profilu geologicznym rejonu złożowego obserwujemy dużą różnorodność litologiczną skał. Na podłożu



Zależność pomiędzy ciężarem objętościowym γ_a i współczynnikiem λ osadów permskich

Ryc. 2. Fig. 2

krystalicznym (zbudowanym z wszelkiego typu utworów metamorficznych) spoczywają konglomeraty i piaskowce czerwonego spągowca. Wyżej występują dolomity, wapienie, anhydryty, gipsy oraz łowce cechsztynu. Na nich zalegają piaskowce z cienkimi przewarstwieniami łupków ilastych wieku pstrego piaskowca, a jeszcze wyżej występują (najbardziej zróżnicowane) osady kenozoiczne. Są to wszelkiego typu utwory piaszczysto-żwirowe, ilaste, węgle brunatne, gliny trzeciorzędowe i czwartorzędowe.

Ze względu na brak możliwości pobrania odpowiednich próbek z utworów trzeciorzędowych i czwartorzędowych badania parametrów termicznych wykonano jedynie dla skał monolitycznych permotriasu oraz w możliwym zakresie dla skał podłoża krystalicznego. Badania laboratoryjne parametrów wykonano na próbkach rdzenia wiertniczego.

Do podstawowych parametrów charakteryzujących własności termiczne skał należą:

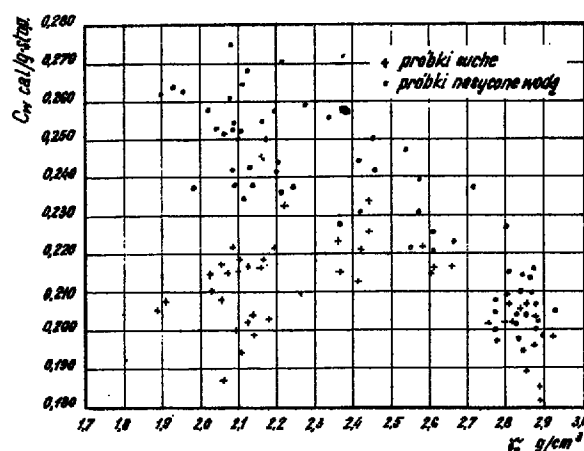
1) współczynnik przewodności cieplnej λ , 2) cieplna oporność właściwa ξ , 3) współczynnik anizotropii cieplnej $\sqrt{\frac{\xi_p}{\xi_r}}$, 4) współczynnik temperaturowy przewodnictwa α i 5) pojemność cieplna właściwa C_{wt} .

1. Współczynnik przewodności cieplnej λ

Wartość współczynnika λ zależy od litologicznego wykształcenia skały, tj. od struktury, tekstury, składu granulometrycznego, porowatości, stopnia nasycenia wodą lub gazem. Oblicza się go na podstawie wzoru:

$$\lambda = \frac{Q \cdot l}{S(t_1 - t_2) \cdot \tau} \quad (\text{Kkal/m} \cdot \text{godz} \cdot \text{stop}, (\text{W/m} \cdot \text{stop}))$$

gdzie: Q — ilość ciepła w Kkal,
 l — grubość warstwy w m,
 S — powierzchnia przekroju poprzecznego warstwy w m²,
 $t_1 - t_2$ — różnica temperatur na rozpatrywanym odcinku warstwy w °C,
 τ — czas, w ciągu którego przepływało ciepło przez warstwę w godzinach.



Zależność pojemności cieplnej C_w od ciężaru objętościowego γ_a osadów permskich

Ryc. 3. Fig. 3

Wartość współczynnika λ dla próbek skał suchych i mokrych z rejonu złożowego przedstawia tab. I, a zależność między ciężarem objętościowym a współczynnikiem λ osadów permskich — ryc. 2.

2. Cieplna oporność właściwa ξ

W obliczeniach geotermicznych często używa się odwrotności współczynnika λ , tj. parametru zwanego cieplną opornością właściwą:

$$\xi = \frac{1}{\lambda}, \quad \text{m} \cdot \text{godz} \cdot \text{stop} \cdot \text{Kkal}, (\text{m} \cdot \text{stop} \cdot \text{W})$$

3. Współczynnik anizotropii cieplnej $\sqrt{\frac{\xi_p}{\xi_r}}$

Cieplna oporność właściwa dla utworów o wyraźnym warstwowaniu jest różna w kierunku prostopadłym do uławicenia (ξ_p) i w kierunku równoległym (ξ_r). Stosunek tych dwóch wielkości określa tzw. współczynnik anizotropii cieplnej.

Dla skał izotropowych współczynnik anizotropii cieplnej równa się jednoci, a dla skał anizotropowych wartość współczynnika jest większa od 1.

4. Współczynnik temperaturowy przewodnictwa α

Współczynnik α obliczamy ze wzoru:

$$\alpha = \frac{\lambda}{C_v} = \frac{\lambda}{C_{wt} \cdot \delta} \quad \text{m}^2/\text{godz.}, (\text{m}^2/\text{sek})$$

gdzie: C_v — pojemność cieplna objętościowa,
 C_{wt} — pojemność cieplna właściwa,
 δ — gęstość skały w kg/m³.

Współczynnik α wyraża wielkość zmiany temperatury jednostki objętości danej skały w jednostce czasu. Wartość współczynnika α dla utworów permotriasowych rejonu Lubina zmienia się w dużym zakresie, gdyż od 0,56 do 4,56 m²/sek. Dla serii złożowej (wg oznaczeń wykonanych przez Z.D.-K.G.H.M. i Politechnikę Śląską) współczynnik α wynosi od 1,0 do 1,4 m²/sek.

5. Pojemność cieplna właściwa C_{wt}

Pojemność cieplną właściwą C_{wt} obliczamy ze wzoru:

$$C_{wt} = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta t}, \quad \text{cal/g} \cdot \text{stop}, (\text{J/kg} \cdot \text{stop})$$

Tabela I

ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ WSPÓŁCZYNNIKA PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ SKAŁ Z REJONU LUBIN — SIEROSZOWICE

Stratygrafia	Seria	Rodzaj skał	Współczynnik przewodności cieplnej λ cal/cm · sek · stop.			
			zakres temp. 4–18°C		zakres temp. 18–36°C	
			próbki suche	próbki nas. wodą	próbki suche	próbki nas. wodą
Cechsztyń	ilołupkowa	ilołupki	—	0,0012	—	0,0019
		gipso-anhydryt	0,0008–0,00032	0,0028	0,0012–0,0027	0,0042
	siarczanowa	brekeja anhydrytowa	—	—	—	0,0050
		anhydryty	0,0045–0,0102	0,0030–0,0105	0,0045–0,0130	0,0045–0,0125
	węglanowa	dolomity	0,0035–0,0073	0,0035–0,0095	0,0045–0,0080	0,0045–0,011
		wapień dolomityczny	—	0,0029–0,0030	—	0,0025–0,0031
Czerwony spagowiec		piaskowce	0,0022–0,0060	0,0022–0,0075	0,0022–0,0060	0,0022–0,0082

Tabela II

ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ CIEPŁA WŁAŚCIWEGO C_w OSADÓW PERMSKICH REJONU LUBIN — SIEROSZOWICE

Stratygrafia	Seria	Rodzaj skał	Pojemność cieplna skał C_w cal/g · stopień	
			próbki suche	próbki nas. wodą
Cechsztyń	ilołupkowa	ilołupki	0,260	0,262
		gipso-anhydryt	0,207–0,275	0,210–0,267
	siarczanowa	brekeja anhydrytowa	0,215	—
		anhydryty	0,215–0,190	0,226–0,200
	węglanowa	dolomity	0,225–0,203	0,246–0,222
		wapień dolomityczny	0,212–0,233	0,243–0,240
Czerwony spagowiec		piaskowce	0,187–0,235	0,211–0,272

gdzie: ΔQ — ilość ciepła niezbędna dla ogrzania masy skały m równej 1 kg w przedziale temperatur Δt o 1°C.

Dla skał permo-triasu złoza lubińskiego C_w wynosi od 0,190 do 0,270 cal/g · stop. (tab. II). Zależność między pojemnością cieplną właściwą a ciężarem objętościowym danej skały przedstawia ryc. 3. Na wartość tych parametrów duży wpływ posiada temperatura skał. Tak np. parametry λ i α skał suchych ze wzrostem temperatury maleją, a pojemność cieplna — wzrasta. Duży wpływ na wymienione parametry posiada wilgotność skały. Np. dla piaskowca o małej porowatości przy zawartości 3% wody wartość parametrów λ i α wzrasta o około 50% w stosunku do wartości parametrów oznaczonych dla tej samej skały powietrznie suchej.

Nieznaczny wpływ (do 1%) na wartość parametrów termicznych skał posiada ciśnienie górotworu.

CHARAKTERYSTYKA GEOTERMICZNA ZŁOZA

Parametrami geotermicznymi charakteryzującymi jednostki litologiczno-stratygraficzne w profilu pionowym lub w ujęciu regionalnym są gradient i stopień geotermiczny. Gradient geotermiczny G obrazuje przyrost temperatury skał w jednostkowym interwale głębokości:

$$G = \frac{dt}{dh} = \frac{t_2 - t_1}{h_2 - h_1} \text{ stop./m}$$

gdzie: t_1 — temperatura skał na głębokości h_1 ,

t_2 — temperatura skał na głębokości h_2 .

Stopień geotermiczny Q obrazuje wielkość interwału głębokościowego, w którym temperatura wzrasta o jeden stopień:

$$Q = \frac{dh}{dt} = \frac{1}{G} = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1}, \text{ m/stop.}$$

Wartości G i Q zależą od parametrów termicznych skał występujących w badanym profilu geologicznym. Posiadając wartość gradientu i stopnia geotermicznego dla danego rejonu możemy z dużym przybliżeniem obliczyć wartość temperatury t w °C skał na dowolnej głębokości.

$$t = t_0 + \int_0^h \frac{q(h)}{\lambda(h)} dh = t_0 + \sum \frac{q_i(h)}{\lambda_i(h)} h$$

czyli

$$t_i = t_0 + \frac{h_1 - h_0}{Q_1} + \frac{h_2 - h_1}{Q_2} + \frac{h_3 - h_2}{Q_3} \dots + \frac{h_i - h_{i-1}}{Q_i}$$

Tabela III
GEOTERMIKA NIEKTÓRYCH GŁĘBOKICH KOPALNÍ RUD
METALI I WĘGLA

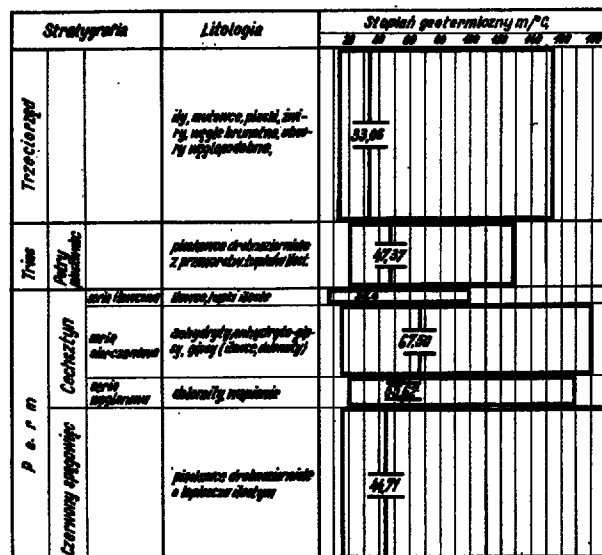
Rejon lub kopalnia	Ruda	Głębokość pomiarów	Temp. °C	Stopień geoterm.
Legnicko Głogowski Okreś Miedziowy	Cu	0–1000	24–40°	34–42
Donbas	węgiel	0–1450	46,0	38,0
Moro Velho (Brazylia)	węgiel	0–1122	35,0	76,7
		0–2150	47,0	46,0
Krzywy Róg Pn. Broken Hill (Australia)	Fe	0–500	10,0	60,0
Lancashire (W. Bry- tania)	Pb, Zn	0–1075	44,5	40,1
Kolar (Indie)	węgiel	0–1220	45,5	34,0
		0–1500	42,5	95,0
		1500–2750	57,5	64,0
Empire Star (USA)	Au	–750	17,5	96,5
		–1150	22,1	103,5
Rejon Sadbury (Kanada)	Cu, Ni	0–1550	30,5	63,0
Rejon Timmins (Kanada)	Au	0–1680	19,5	111
Rejon Kirkland Lake (Kanada)	Au	0–2460	36,5	76,8
King (Kanada)	Au	0–325	10,5	63,5
Kerr Edison (Kanada)	Au	0–850	12,2	102,5
Meletic (Kanada)	Au	0–470	8,5	99,0
Noranda (Kanada)	Cu	0–950	13,5	132,0
Dome (Kanada)	Au	0–950	—	110,0
Homestead (USA)	Cu	0–650	16,7	64,5
Calumett i Gekla (USA)	Au	0–900	21,0	68,0
		0–1670	35,7	61,0
Magma (USA)	Cu	0–1270	27,8	60,0
		0–1220	60,0	36,2
Michigan (USA)	Cu	0–1815	—	53,8
Witwaters- rand (RPA)	Au	0–1980	46,7	68,5

gdzie: t_0 — temperatura skał na głębokości h_0 (odpowiadająca temperaturze średniej rocznej powietrza).

h_1 — h_0 , h_2 — h_1 itd. — interwały głębokości odpowiadające stopniom geotermicznym Q_1 , Q_2 itd.

Gradient i stopień geotermiczny na terenie rejonu złożowego wykazują dużą zmienność w pionie, jak również w ujęciu regionalnym (ryc. 4 i 5). Wynika to z dużego zróżnicowania litologicznego osadów i różnego stopnia ich zawożenia. Tak np. dla osadów chemicznych cechszynu obserwujemy najwyższe średnie wartości stopnia geotermicznego (55–67 m/°C) i najniższe wartości gradientu (2,1–1,8 °C/100 m).

Wartości stopnia geotermicznego (litologiczne i drzewce) jednostek litologiczno-stratygraficznych rejonu Lubin-Swarzędz



Ryc. 4. Fig. 4

Osady ilaste posiadają najniższe stopnie geotermiczne (33–35 m/°C) i najwyższe gradienty (ok. 3,5 °C/100 m). Osady klastyczne posiadają wartości pośrednie w stosunku do wymienionych uśrednionych parametrów.

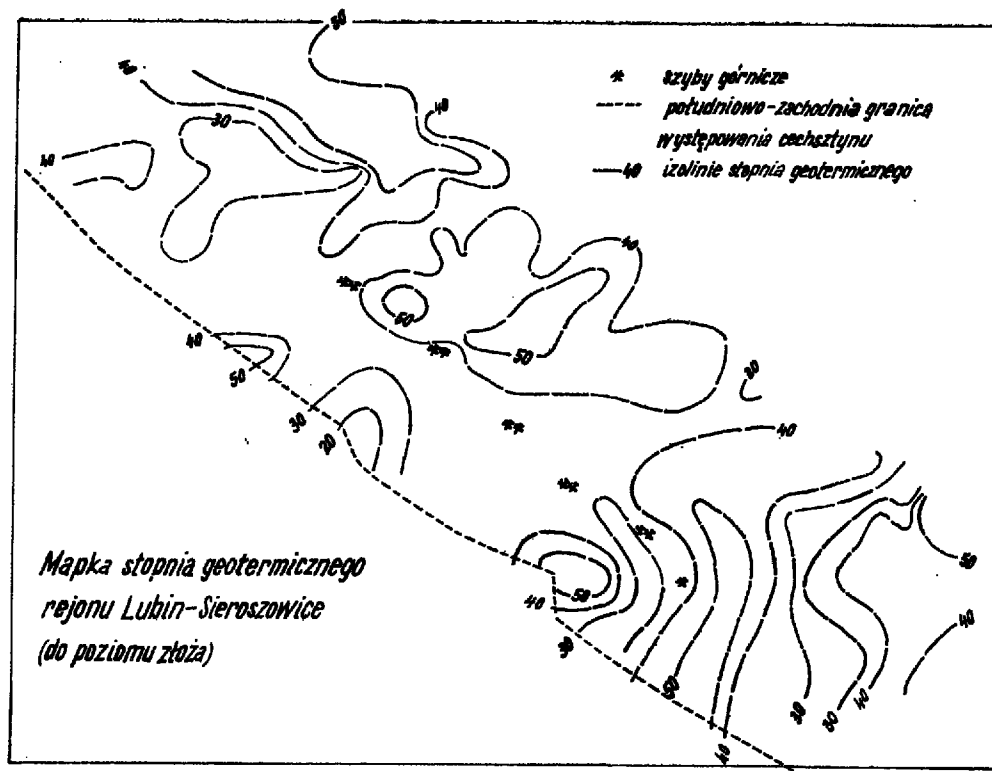
Na podstawie wykonanych pomiarów w otworach geologiczno-rozpoznawczych oraz w wyrobiskach górniczych sporządzono mapę (ryc. 6) temperatury złoża.

Pas złoża i część zachodnia posiadają temperaturę poniżej 30 °C. Jest to wg niżej proponowanej klasyfikacji tzw. „złożo ciepłe”. Pas środkowy udokumentowanego obszaru złożowego posiada temperaturę od 30 do 35 °C i łącznie z pozostałym obszarem złożowym, udokumentowanym o temperaturze 35–40 °C stanowi „złożo gorące”. Natomiast w NE części obszaru górniczego kopalni „Rudna” występuje „złożo bardzo gorące”, tj. o temperaturze powyżej 40 °C. Tęgo typu krzywe temperatur przed przystąpieniem do budowy szybów są niezbędne np. dla opracowania bilansu zamrażania skał trzeciorzędowych i czwartorzędowych, zagadnień wentylacyjnych i in.

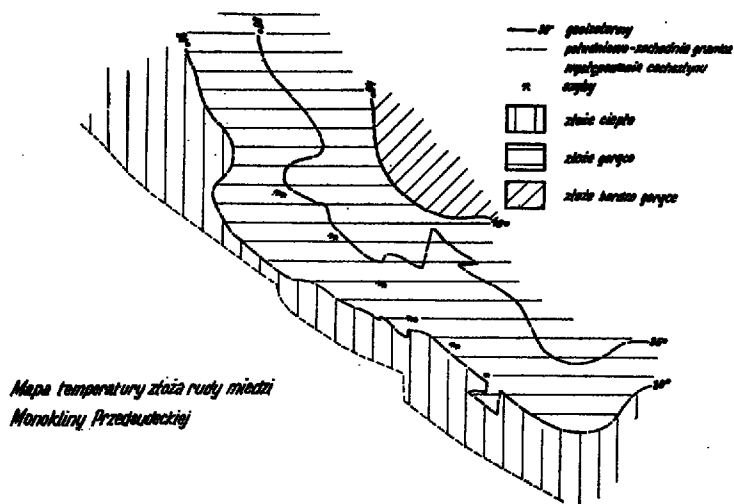
KLASYFIKACJA GEOTERMICZNA ZŁOŻ

Temperatura skał złożowych decyduje m.in. czynnikami techniczno-ekonomicznymi o możliwości eksploatacji danej kopaliny, ma decydujący wpływ na technikę wentylacji i klimatyzacji wyrobisk górniczych, na fizjologię pracy górnika, wreszcie jest jednym z podstawowych czynników w kopalniach zawożonych i o podwyższonej mineralizacji wód, przyspieszającym korozję zbrojenia wyrobisk górniczych (np. obudowa kotłownia), materiałów, maszyn i urządzeń. Wynika stąd konieczność prowadzenia odpowiednich badań polowo-laboratoryjnych i odpowiedniego opracowywania materiału w dokumentacjach złożowych w zakresie niezbędnym dla projektanta kopalni.

Zagadnienie to dotychczas w wielu przypadkach było traktowane marginesowo lub dopracowywane nawet w trakcie eksploatacji kopaliny. Geolog dokumentujący głębokie złoża powinien opracowywać dwa kompleksy zagadnień. W pierwszym powinien wykonać pomiary termiczne w odwiertach, sporządzić mapy i przekroje geioizoterm złoża, a w drugim wykonać na



Ryc. 5 Fig. 5

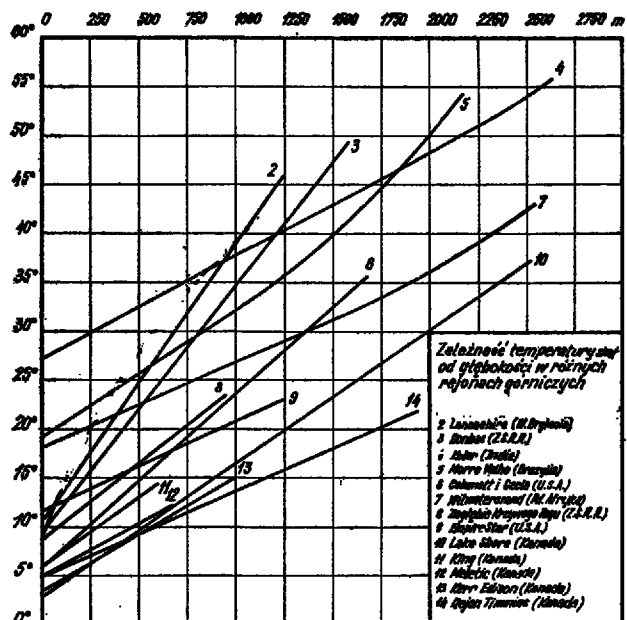


Ryc. 6. Fig. 6

próbek rdzenia badania laboratoryjne w celu określenia takich parametrów termicznych skał jak: λ , C_{wt} , α . Informacje te powinny być uzupełnione pozostałymi danymi geotermicznymi, bardziej szczegółowymi danymi klimatycznymi, a głównie charakterystycznymi wartościami temperatur powietrza, jego wilgotności oraz ciśnienia w przekroju rocznym.

Następnie (na podstawie sporządzonych map i przekrojów geotermicznych) należy dokonać rejonizacji i klasyfikacji geotermicznej złoza.

Ze względu na to, że omówione wyżej parametry termiczne, jak: G , Q , α , λ i in. nie obrazują w sposób bezpośredni termiki złoza i jej zmienności, wynikającej np. ze zmian w głębokości zalegania, lokalnych anomalii itp., niezbędna jest jednoznaczna klasyfikacja geotermiczna złoza (np. podobnie jak stosowana klasyfikacja termiczna dla wód mineralnych). Klasyfikacji takiej dotychczas nie opracowano. W celu wy-



Ryc. 7. Fig. 7

pełnienia istniejącej luki, poniżej na podstawie kryterium temperatury podaje się geotermiczną klasyfikację podziemnych złóż kopalin (tab. IV).

GEOTERMIIKA KOPALIN

Właściwa ocena warunków geotermicznych nowych kopalń rud miedzi może być dokonana w sposób właściwy na tle warunków innych kopalń. Kopalnie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego w stosunku np. do niektórych najgłębszych kopalń północnoamerykańskich lub południowoafrykańskich są dwukrotnie, a nawet trzykrotnie płytsze. O głębokości

Tabela IV

GEOTERMICZNA KLASYFIKACJA ZŁÓŻ

Grupa	Rodzaj złóż	Temperatura złóż w °C	Spotykane głębokości kopalń m	Warunki klimatyzacji kopalń	Przykłady złóż i kopalń
1.	Strefy wiecznej zmarzłoci i bardzo zimne	$t < 4^{\circ}\text{C}$	0—600	bardzo trudne z zastos. urządzeń klimatyzacyjnych lub bardzo trudne	Złóża węgla, niklu i miedzi w rejonie Norylska, sangarskie złoża węgla kamiennego, kopalnie miki w rejonie mamskim, workuckie złoża węgla kamiennego (ZSRR).
2.	Zimne	$t = 4 \div 20^{\circ}\text{C}$	0—1750	łatwe lub trudne	Złoża rud miedzi Noranda (Kanada), złoża rud miedzi synkliny złotoryjskiej i grodzickiej — tzw. stare zagłębie miedziowe (Polska), złoża rud Zn i Pb w rejonie Olkusza i Bytomia, złoża rud Fe w rejonie częstochowskim, mergalimsajskie złoża Zn-Pb (ZSRR), podmoskiewskie zagłębie węglowe.
3.	Ciepłe	$t = 20 \div 30^{\circ}$	100—2000	trudne lub trudne	Niektóre złoża Fe Kurskiej anomalii magnetycznej (ZSRR), niektóre kopalnie Krzyworożskiego Zagłębia Rud Fe (ZSRR), niektóre kopalnie węgla zagłębia górnośląskiego.
4.	Gorące	$t = 30 \div 40^{\circ}\text{C}$	350—2400	bardzo trudne	Złoża lubińskie-kop. Lubin i Polkowice oraz częściowo kop. Rudna, kopalnia złota Robinson Deep (Wit-watersrand — RPA).
5.	Bardzo gorące	$t > 40^{\circ}\text{C}$	1000—3500	bardzo trudne z zastosowaniem urządzeń klimatyzacyjnych	Złoża węgla kamiennego Zwartberg w zagłębiu Campine (Belgia), kopalnia złota East Rand Proprietary (Wit-watersrand), złoża rud Cu w Arizonie i Montanie (St. Zj.), złoża lubińskie poniżej głębokości 1000 m, złoża złota Kolar (Indie).
6.	O zmiennych anomalnych warunkach termalnych (np. w wyniku zachodzących procesów utlenienia chalkopiryty lub pirytu, węgla itp., zjawisk wulkanicznych, powulkanicznych i in.)	od $t < 0^{\circ}\text{C}$ do $t \geq 40^{\circ}\text{C}$	0—2200	trudne, b. trudne lub bardzo trudne z zastosowaniem urządzeń klimatyzacyjnych	Złoża chalkopiryty na terenie południowego Uralu (ZSRR).

eksploatacji kopaliny decyduje jej wartość oraz wielkość stopnia geotermicznego i możliwości klimatyzacji kopalń, stwarzającej niezbędne minimum komfortu pracy.

W rejonach najgłębszych kopalń świata (ryc. 7, tab. III), eksploatujących przeważnie metale szlachetne i nieżelazne, średnie stopnie geotermiczne wynoszą od 60 do 110 m/°C i tylko dzięki temu na głębokościach ponad 2, a nawet 3 km panują temperatury od 50 do 60 °C. Tak wysokie temperatury skał stwarzają dla górnictwa krańcowo trudne warunki klimatyzacji, zwłaszcza dla strefy tropikalnej i przy zwiększonej wilgotności powietrza. Mniejsze wartości stopni geotermicznych, tj. ok. 30—40 m/°C, ograniczają na ogół działalność górnictwa do głębokości rzadko przekraczających 1500 m.

W części złoża lubińskiego, objętej projektowaną działalnością górnictwa, maksymalna temperatura skał wynosi nieznacznie ponad 40 °C (ryc. 6), natomiast w części przeznaczonej do zagospodarowania perspektywicznego temperatura złoża dochodzi do pięćdziesięciu kilku stopni. Wzrost temperatury skał w miarę

wzrostu głębokości dla LGOM na tle innych rejonów górniczych świata przedstawia rys. 7, zaś temperaturę złoża i średni stopień geotermiczny dla skał nadkładu przedstawiają ryc. 5 i 6. Tak więc aktualnie eksploatowane partie złoża (wg wyżej przedłożonej klasyfikacji) należałoby zaliczyć do grupy 4, tj. do złóż gorących.

Ze względu na wysoką temperaturę, rosnące długości wyrobisk, stosunkowo dużą wilgotność powietrza i inne czynniki techniczne, już w chwili obecnej zarysowują się pewne trudności w odprowadzaniu ciepła odebranego skałom i powietrzu oraz w zapewnieniu odpowiedniej fizjologii pracy górnikom. Dlatego też z tym większą uwagą należy badać i analizować zagadnienia geotermiki kopalnianej, której praktyczne znaczenie będzie rosło w miarę zwiększania się głębokości prowadzenia robót górniczych.

LITERATURA

1. AN SSSR. Tiejlowyje i miechaniczieskie procesy pri razrabotkie poleznych iskopajemych. Izd. „Nauka”, Moskwa, 1965.

2. Duganow G. W., Barатов E. J. — *Tieplowyj rieżim rudnikow. G.N.T.J.L. po G.D., Moskwa, 1963.*
3. Frycz A. — *Klimatyzacja kopalń. Wyd. „Śląsk”, Katowice, 1969.*

SUMMARY

After 1960 a new area of mineral resources of Poland, i.e. the unparalleled, in terms of size, copper ore deposits at Lubin, has intensely been developed for mining purposes. New mines „Lubin” and „Polkowice” allowed the copper ore deposits to be exploited at a depth from 600 to 850 m, and after 1970 at a greater depth too.

The results of geological reconnaissance point to a far-reaching occurrence of the deposits, even down to a depth of approximately 1500 m. This makes possible to build new mines, under more complicated geological conditions, however.

It may be supposed that fighting against thermal menace, carried on by a rational air-conditioning of mine workings, will be one of the main problems of copper mining industry, and appropriate studies, investigations and projects will be intensified according to this problem.

4. Ługowski S. J. — *Prowietriwanije głubokich rudnikow. G.N.T.J.L. po G.D., Moskwa, 1962.*
5. Suchan L. — *Uprava ovzduši v hlubokych dolech. S.N.T.L., Praha, 1965.*

РЕЗЮМЕ

Шестидесятые годы были периодом интенсивных мероприятий по освоению горной промышленности новой сырьевой базы Польши — уникальных по запасам месторождений меди в районе Любина. Новые рудники „Любин” и „Польковице” вскрыли залежь и приступили к разработке месторождения на глубине от 600 до 850 м, а в 70-тых гг. будут освоены и более глубокие горизонты.

Геолого-разведочные работы показали, что рудная толща распространяется на обширной площади и погружается на глубину свыше тысячи с сотнями метров. Имеются условия проходки следующих шахт, однако в более сложной геотермической обстановке.

Можно предполагать, что борьба с термальной преградой с помощью рациональной климатизации горных выработок будет составлять одну из основных проблем горной промышленности и в этом направлении будут развиваться исследования и соответствующее проектирование.