Instytut Geologiczny

WARUNKI GEOTERMICZNE LUBELSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO W REJONIE ŁĘCZNEJ

Potrzeba syntezy badań geotermicznych przeprowadzonych w obszarze Lubelskiego Zagłębia Węglowego wiąże się z planowaną budową kopalń eksploatujących nowo odkryte zasoby węgla. Została ona zasygnalizowana Zakładowi Geofizyki Instytutu Geologicznego przez Oddział Górnośląski IG w Sosnowcu. Niniejszy artykuł jest próbą rozwiązania problemów rozpoznania warunków geotermicznych w rejonie Łęcznej. Zagadnienie to ma szczególne znaczenie dla kopalnictwa, gdyż budowane tu kopalnie węgla będą bardzo głębokie, a ich poziomy wydobywcze będą występowały na głębokościach ok. 800-1000 m (5, 6).

METODYKA OKREŚLANIA PARAMETRÓW GEOTERMICZNYCH

Pomiary geotermiczne w LZW zostały wykonane w otworach wiertniczych: Dorohucza, Lublin, Łęczna, Cyców, Ostrówek, Syczyn i innych, wierconych zarówno z inicjatywy Instytutu Geologicznego, jak i przemysłu węglowego. Pomiary wykonywano termometrami elektrycznymi. W większości przypadków były to przyrządy produkcji radzieckiej typu ETS. Przypomnę tylko, że zasada pomiaru temperatur za pomocą takich termometrów opiera sie na zjawisku liniowych zmian oporności elektrycznej czułego elementu pod wpływem temperatury. Dla tego typu termometrów błąd pomiaru temperatury waha się w granicach od 0,1 do 0,3 °C (3). Na głębokości końcowej pomiaru wskazania termometru elektrycznego sprawdzane były termometrami maksymalnymi.

Błędy określenia rzeczywistej wartości temperatur wgłębnych wiażą się z faktem zaburzenia stanu równowagi cieplnej w otworze przez procesy wiertnicze. Stąd też podstawowym warunkiem przeprowadzenia dokładnych obserwacji rzeczywistej temperatury w odwiertach wiertniczych jest pozostawienie otworu w stanie spokoju, tak aby ustaliła się równowaga cieplna. tzn. by temperatura płuczki wiertniczej odpowiadała rzeczywistej temperaturze skały na danej głebokości.

W rzeczywistści czas ustalenia sie warunków idealnych jest nieskończony, jednak już po kilku dniach tzw. stóiki wiertniczej różnice miedzy rzeczywista temperatura skały a temperatura płuczki iest stosunkowo niewielka, gdyż poczatkowa różnica temperatur miedzy płuczka a skała maleje w czasio, w przybliżeniu zgodnie z funkcja wykładnicza, jak to poddali Dachnow i Diekonow (2) oraz Diakonow (3). Autorzy ci podali również zbiory krzywych dla określenia w sposób przybliżony czasu stóiki wiertniczej t. potrzebnego na ustalenie temperatury rzeczywistej z zadanym błedem. Formuła Dachnowa, Diakonowa ma następująca postać:

$$\frac{d\mathbf{T}}{d\mathbf{T}_{\theta}} = \frac{\mathbf{T}_{\theta} - \mathbf{T}_{t_2}}{\mathbf{T}_{\theta} - \mathbf{T}_{t_1}} = 1 - \exp\left(-\frac{r^2}{4at_2^2}\right) \dots \qquad [1]$$

- gdzie T₀ rzeczywista wartość temperatury warstw na zadanej głębokości;
 - T_{t_I} temperatura roztworu wypełniającego odwiert w momencie ukończenia prac wiertniczych (czas t_I),

- T_{t_2} temperatura w momencie pomiaru po czasie t_2 ,
- a temperaturowa przewodność środowiska, r — średnica odwiertu.

Diakonow (3), przyjmując wartość a równą przewodności temperaturowej wody $(0.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{godz.})$ i zadając dopuszczalny błąd określenia rzeczywistej wartości temperatury δT , podał następującą przybliżoną zależność, z której określamy czas t_2 (czas stójki wiertniczej).

$$\frac{\delta T}{T_{g} - T_{t_{I}}} = 1 - \exp\left(-\frac{r^{2}}{2t_{2}} 10^{3}\right) \dots \qquad [2]$$

Ponieważ mamy dane o czasie pozostawania otworu w spokoju, tj. szacunkowe dane o różnicy temperatur ΔT między skałą a płuczką w momencie czasu t_1 oraz dane o średnicy odwiertu, istnieje więc możliwość przybliżonego oszacowania błędu δT rozwiązanego z nieustaloną równowagą cieplną.

Przyjmując dla badanych otworów wiertniczych wartości r=7"-9", $\Delta T=25-30$ °C, czas stójki wiertniczej w granicach 4-11 dób otrzymujemy błędy określenia rzeczywistej wartości temperatury w granicach 0,5-1,5 °C. Są to przybliżone błędy związane z zaburzeniem powodowanym przez nieustalony w sposób idealny stan równowagi cieplnej. Oczywiście niezależnie od tego mamy błąd samego pomiaru temperatury wahający się w granicach $\pm 0,1-0,3$ °C, który wiąże się z dokładnością przyrządu (termometru elektrycznego i aparatury rejestrującej). Poza pomiarem temperatury, podstawowymi parametrami schwiecymi polo diaplnogo Ziemi

Poza pomiarem temperatury, podstawowymi parametrami służącymi opisowi pola cieplnego Ziemi są; gradient geotermiczny, grad T $= \frac{\delta T}{\delta H}$ oraz strumień

cieplny Q = K grad T, gdzie K jest wartością przewodności cieplnej.

W związku 'ze zmianą przewodności cieplnej w profilu odwiertu gradient geotermiczny zmienia się z głębokością. Z tego też względu w niniejszym artykule podano wartości średnie ważone grad T/ ΣH_i grad T_i

/gard T/_{ir}, =
$$\frac{i}{\sum_{i} H_{i}}$$
 gdzie grad T_i jest war-

tością gradientu pomierzonego w warstwie o małych zmianach przewodności cieplnej (grad $T_i = const$).

Wobec faktu, że obok transportu ciepła w sposób konduktywny mamy przepływy ciepła w postaci przewodnictwa konwektywnego spowodowanego cyrkulacją wód, zatem wartość strumienia cieplnego będzie określona związkiem:

$$Q = K \operatorname{grad} \mathbf{T} + K_k \operatorname{grad} \mathbf{T} \dots$$
 [3]

gdzie K_k — wartość składowej przewodności zwiazanej z cyrkulacją wód podziemnych, K — wartość składowej konduktywnej przewodności cieplnej skał. Inaczej można zapisać:

$$Q = \operatorname{grad} \mathbf{T} K^{\pm} \operatorname{grad} \mathbf{T} hv \operatorname{tg} \mathfrak{a} c \varrho \qquad [4]$$

gdzie v — prędkość filtracji wód przenoszących ciepło, h — miąższość horyzontu wodonośnego, α — kąt nachylenia warstwy wodonośnej, c — pojemność cieplna, ϱ — gęstość wody.



Ryc. 1. Rokład wartości średnich gradientu geotermicznego dla nadkładu osadów karbonu w rejonie Łęcznej.

Fig. 1. Distribution of mean values of geothermal gradient for the blanket of Carboniferous deposits of Lęczna region.

Konwektywny transport ciepła ma często miejsce w utworach jury. W obszarze LZW ze względu na przepuszczalność i zawodnienie ciepło może być w nich przenoszone na drodze przepływów wód. Stąd też znaczenie rozpatrzenia tego problemu.

W przypadku, gdyby przepływ ciepła w płaskorównolegle zalegających warstwach skalnych o przewodnościach cieplnych K_1 , $K_2 \dots K_n$ odbywał się tylko na drodze przewodnictwa skał mielibyśmy spełnioną równość:

$$(\operatorname{grad} \mathbf{T}_1) K_1 = (\operatorname{grad} \mathbf{T}_2) K_2 = , \dots, = (\operatorname{grad} \mathbf{T}_n) K_n \dots$$
 [5]

gdzie: grad T_i , i=1,2...n wartości gradientu geotermicznego dla warstw o przewodnościach cieplnych K_I $K_2...K_n$. Ciągłość strumienia cieplnego wynikająca z powyższego równania może być zaburzona w przypadku istnienia przewodnictwa konwektywnego K_k . Stąd też wyliczenie wartości strumienia cieplnego w warstwie o małej przepuszczalności oraz wyliczenie składowej konduktywnej strumienia w warstwie o dużej przepuszczalności (gdzie istnieje filtracja wód wpływająca w sposób istotny na transport ciepła) pozwala na określenie wielkości składowej konwektywnej strumienia cieplnego dla takiej warstwy w badanym rejonie.

Następnym zagadnieniem jest problem określania temperatur na głębokościach, gdzie nie mamy bezpośrednio danych pomiarowych. W przypadku, gdy nie obserwuje się dużych zmian przewodności cieplnej z głębokością można posługiwać się związkiem:

$$T_H = T_{H_0} + / \operatorname{grad} T / \operatorname{sr} \Delta H \dots$$
 [6]

gdzie T_H — temperatura wyliczona dla głębokości H, $T_{\mu 0}$ — temperatura pomierzona dla danej głębokości H_0 , $\Delta_H = H - H_0$ (m). Jednakże wartości temperatury



Ryc. 2. Rozkład wartości średnich gradientu geotermicznego dla karbonu w rejonie Łęcznej.

Fig. 2. Distribution of mean values of geothermal gradient for Carboniferous deposits of Leczna region.



Ryc. 3. Charakterystyczne profile temperaturowe w wybranych otworach rejonu LZW.

Fig. 3. Typical temperature profiles of selected boreholes from the area of Lublin coal basin.



Ryc. 4. Rozkład wartości temperatur dla glębokości 0,2 km w rejonie Łęcznej.

Fig. 4. Distribution of temperature values for the depth of 0.2 km in Leczna region.

uzyskane w ten sposób dla głębokości, gdzie nie mamy pomiarów T są bardzo przybliżone, gdyż nie uwzględnia się tu zmiany przewodności cieplnej z głębckością przyjmując ją za stałą. Ekstrapolacji takiej można dokonać jedynie do niewielkiej głębokości w obrębie warstwy o małych zmianach wartości K. W przypadku wielowarstwowego profilu skał osadowych temperatura na głębokościach N może być wyliczona ze związku:

$$\mathbf{T}_{H} = \mathbf{T}_{H_{\theta}} + Q \sum_{i} \frac{H_{i}}{K_{i}} \dots$$
 [7]

gdzie: Q — wielkość gęstości powierzchniowego strumienia cieplnego, H_i — miąższość kolejnej warstwy w profilu wiercenia, K_i — przewodnictwo cieplne skał danej warstwy. Również i w tym wzorze nie uwzględnia się produkcji ciepła przez warstwy piętra osadowego, stąd także i w tym przypadku określenia temperatury można dokonać ze związku [7] dla niewielkich głębokości (rzędu kilku kilometrów). Posługując się wzorem [6], przy znajomości temperatury stropu karbonu i wartości średniego gradientu geotermicznego, można określić przybliżoną temperaturę dla głębiej leżących warstw karbońskich. W przypadku badań geotermicznych w LZW mamy wiele bezpośrednich danych pomiarowych do głębokości 1000—1400 m.

CHARAKTERYSTYKA POLA GEOTERMICZNEGO OBSZARU LZW

Pierwsze szersze opracowanie danych geotermicznych z obszaru SE Polski zawdzięczamy S. Depowskiemu, I. Sapule (6) oraz S. Plewie (10) dla obszaru człej Polski. Fakt, że Lubelskie Zagłębie Węglowc zalega na SW krańcu platformy wschodnioeuropejskiej (4, 12) ma znaczenie dla geotermiki tego obszaru, jako że obszarami o najdogodniejszych dla kopalnictwa warunkach termicznych są właśnie plat-

SPIS OTWGRÓW Z WYKONANO B	REJONU L.Z.W. BADANIA GEOTER	W KTÓRYCH MICZNE							
	Intorwał	Stójka							
Nazwa otworu	pomiaru	wiertnieza							
	t+mperatury_	w dobach							
Dorohueza IG-2	61 1350	4							
Dorohucza IG-4	55 1170	10							
Syczyn IG-1	65	3							
Cyców IG-4	75	10							
Cyców IG-6	10	11							
Cyców IG-7	81 1200	9							
Ostrówek IG-2	94	8							
Lublin 4	65 - 1040	4							
Lublin 3	75 - 625	4,5							
Lublin 7	68	4,5							
Lublin 8	25 - 785	5,5							
Lublin 13	35 - 920	4							
Lublin 14	36 1040	5,5							
Lublin 20	55 725	5							
Lublin 21	45 - 975	4							
Lublin 23	85 -1121	4							
Lublin 25	53 - 1070	4							
Lublin 24	40 1055	4							
Lublin 27	72,5 880	4							
Lublin 28	34 - 953	6,5							
Łęczna IG-4	45	8							
Leezna 1G-9	40	8							

Tabela I



Ryc. 5. Rozkład wartości temperatur dla głębokości 0,5 km w rejonie Łęcznej.

Fig. 5. Distribution of temperature values at the depth of 0.5 km in Leczna region.

Tabela II

w.
L. Z.
REJONIE
8
WGLEBNYCH
TEMPERATUR
WARTOŚCI

boro hucza 4	12.5	12,8	13.5	14,4	15.1	16.1	17,3	19.2	20.6	21,9	23,0	23,9	25,0	26.7	28,4	30,1	31.7	33.0	34.5	35.9	37.2	38.4				1	-
Doro- hucza 2	16,3	17,2	17,9	18,3	18.7	19,4	19,8	20,2	20.9	21.5	21.9	22,3	23,0	23,6	24,3	25,3	26,4	27,3	28.7	29.7	31,5	32,4	34,1	35,7	39,0	41.1	-
Sy- czyn	12,6	13.8	14.6	15,6	16.5	17,1	18.0	18.9	19.8	20.5	21.3	22.1	23,3	24.8	26.2	28,5	30,1	31,7	32,7	34,8	35,6					-	1
Cy- ców 7	13,7	14.5	15.3	16.2	17.0	18.2	19,1	20.0	20,8	21,7	22.2	22,9	24,0	24.9	26,3	28,2	30,1	32,1	33,6	34,9	36,2	38,1	39.1		-		:
Cy- ców 6	14,0	14.7	15,7	16,5	17.3	18,2	19,0	19,7	20,8	22,3	23,0	23,8	24,7	26,2	27,8	29,5	31.0	33,0	34,5	35,6	36,7	37.6	39.1	41.3			;
Cy- ców 4	16,5	17,4	18.3	19,1	20,0	20,9	21,6	22,2	23.1	23,9	24,9	25.7	26.7	28,3	30.1	31.6	33,1	34.7	35,9	36.6	39,0		-				-
Os- tró- wok 2	13,8	14,5	15,2	15.9	16,7	17.5	18.4	19.2	19,9	20,7	21,5	22,2	23,4	24.9	26,3	27.5	29.5	30,9	31.5	32,7	[i			•	-	
Lub- lin 28	16.7	17,4	18,0	18.7	19,3	20.0	20,2	20,7	21.2	22.7	23,4	23.7	24.8	25,3	27.3	29.1	30.1	31.9							•	1	1
Lub- lin 27	16,6	17.2	17,9	18,6	19,3	20,0	20.7	21.3	21,8	22.5	23.1	23,8	24,4	25,2	26,8	27.8			1		1	1				1	•
Lub- lin 25	17,3	17.8	18,4	19,0	19.7	20,2	20,8	21,5	22,0	22,5	23,1	23,7	24,4	25,5	27,3	29,0	30,4	32,0	34.0	1		i					
Lub- lin 24	16,9	17.5	18,3	18.9	19,5	20.1	20.7	21,1	21,7	22,4	23,0	23,7	24,3	25.1	26, 3	28,0	29,4	30,7	32,3	34.0		:			;		
Lub- lin 23	16,0	16,4	16,7	17,3	17,7	18,2	18,7	19,0	19,3	20,0	21,0	21,5	22,2	23,7	24,6	26.0	27,5	28,8	30.1	31.6	33.2	1				r .	
Lub- lin 21	15,0	15,5	15,8	16,4	17,0	17.4	18,2	18,7	19,2	19,8	20,6	21,4	22,2	23,1	24,4	25,6	26,9	28,7]		1			İ			
Lub- lin 20	12,3	12.8	13,5	14,4	15,2	16,0	16,9	17,7	18.6	19,61	20.5	21,4	22,4							1		i	. .				
Lub- lin 14	16.8	17,7	18,5	19,2	20,0	20,7	21.4	22,1	22,8	23,6	24,3	24,9	25,7	27.1	28,7	30,2	31,5	32.9	34,9	1							
Lub- lin 13	16,1	16,7	17.5	18.2	18.9	19,6	20,3	20,9	21,6	22.4	23,1	23,7	24,5	25,6	27,1	29,1	30,6	, ;	-								
Lub- lin 8	16.4	17.0	17.7	18.4	19,1	19,9	20.7	21,2	21,9	22.6	23,4	24.1	24,7	25,7						1							1
Lub- lin 7	11,0	12,0	13,0	13.9	14,8	15,6	16,5	17,3	18,0	18,9	20,0	20,6	21,3	22,5	23,1	25,4	27,5	28,8	30,4	32,8		1					-
Lub- lin 4	17,0	17,5	18,2	18,7	14,4	20,0	20,6	21.2	21,8	22,4	23,0	23,6	24,3	25,2	26,2	27,8	29,4	30,6	32.3								
Lub- lin 3	17.5	18,0	18.6	19.3	19,9	20,3	20,9	21,4	22.1	22,7	23,4		<u> </u>					;		i			İ				
Lecz- na IG 4	14.2	14,8	15.4	16,2	16.7	17.8	18.7	19,3	20,2	21,0	21.7	22,2	22,9	23,9	25,0	26,7	27,8	29,2	29,9						1		
Lecz- na IG 9	13.6	14,7	15.6	16.4	17.2	18.2	10,1	19,8	20.7	21.5	22.3	23.2	24,2	25,5	27,6	29,0	30.6	31.9	33.6	34.7	36,4	37,6	39.2	40.7	1344	44,4	46,1
Gl. Nr otw.	100	150	200	250	300	350	400	450	500	530	600	650	700	750	800	850	000	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	0071



Ryc. 6. Rozkład wartości temperatur dla głębokości 1 km w rejonie Łęcznej.

Fig. 6. Distribution of temperature values at the of 1 km in Łęczna region.

formy prekambryjskie (7, 8). Jest to przyczyna, iż w SE Polsce obserwuje się stosunkowo niskie temperatury wgłębne i niskie średnie wartości gradientu geotermicznego (7, 8).

tu geotermicznego (7, 8). Wartości gradientu geotermicznego LZW w badanym rejonie Łęcznej w utworach karbońskich różnią slę wyraźnie od wartości w nadkładzie osadów karbońskich. Wartości grad T w karbonie są dużo wyższe od wartości w jego nadkładzie. Wniosek ten nasuwa się bardzo wyraźnie po analizie map wartości średnich gradientu geotermicznego. Mapy grad T wykonano dla nadkładu osadów karbonskich oraz dla karbonu. Wartości grad T określonoz krzywych profilowań temperatury posługując się wzorem na średni gradient geotermiczny. Z przedstawionych map (ryc. 1 i 2) wynika, że wartości grad T w osadach karbońskich w badanym obszarze są wysokie i sięgają maksymalnie wartości 3,1 °C/100 m wahając się w granicach (2,3 °/100 m — 3,1 °C/100 m), natomiast dużo niższe, niekiedy trzykrotnie mniejsze wartości grad T, obserwujemy w utworach nadkładu karbonu (kenozoik, trias, jura, kreda), gdzie mamy wartości dla nadkładu karbonu mamy w pewnej określonej strefie rozciągającej się z N na S. Wartości wzrastają w kierunkach na E, SE i najprawdopodobniej na W od strefy najniźszych wartości grad T (ryc. 1). Różnicę między gradientem geotermicznym w nadkładzie karbonu a poniżej stropu karbonu widać również na załączonych wybranych profilach temperatur z otworów Łęczna 4, Lublin 28, Cyców 4, Cyców 6, Dorohucza 4. Przyrosty temperatury ze wzrostem głębokości są dużo większe poniżej stropu karbonu niż to się obserwuje w jego nadkładzie (ryc. 3).

W celu przestrzennego prześledzenia zmian temperatur dla danych głębokości zarówno w nadkładzie osadów karbońskich, jak też w karbonie wykonano mapy geoizoterem dla głębokości 0,2 km, 0,5 km, 1 km oraz dla głębokości zalegania stropu karbonu (ryc. 4—7). Z analizy map wykonanych dla jednego poziomu głębokościowego 0,2 km, 0,5 km lub 1 km wynika, iż charakter zmian przestrzennych wartości temperatury dla głębokości 0,2 i 0,5 km, czyli w obrębie utworów nadkładu osadowego karbonu jest różny od charakteru zmian przestrzennych



Ryc. 7. Rozkład wartości temperatur dla stropu karbonu w rejonie Łęcznej.

Fig. 7. Distribution of temperature values at the top of the Carboniferous in Leczna region.

wartości temperatur dla głębokości 1 km, czyli w obrębie utworów karbońskich. Dla głębokości 1 km izolinie wartości temperatur mają ogólnie przebieg o kierunku NW—SE. Jak wynika z przedstawionej mapy geoizoterm dla stropu karbonu (ryc. 7) wartości temperatur zmieniają się tu w granicach 21,5— 26,3 °C. Dla głębokości 1 km temperatury zmieniają się w granicach 27,2—35,9 (ryc. 6).

Temperatury pomierzono dla większych głębokości (tab. II), m. in. w otworach Łęczna IG-9, Dorohucza IG-2 oraz Cyców 6. Wskazują one na fakt, że zaobserwowany dla' głębokości 1 km charakter zmian w karbonie utrzymuje się. W otworze Dorohucza IG-2 na głębokości 1250 m mamy $35,7^{\circ}$ C (dla głębokości 1 km $28,7^{\circ}$ C), w otworze Cyców 6 na głębokości 1250 m mamy temperaturę $41,3^{\circ}$ C (dla 1 km — $34,5^{\circ}$ C), dla otworu Łęczna IG-9 — 1250 m — T=40,7 °C, (dla 1 km T=33,6 °C). Na głębokości 1350 m temperatura dla otworu Dorohucza IG-2 wynosi $41,1^{\circ}$, natomiast dla głębokości 1,4 km w otworze Łęczna IG-9 — $46,1^{\circ}$ C.

Z punktu widzenia problemów eksploatacji należy zauważyć, że już na głębokości 1 km temperatury przekraczają w badanym obszarze wartości "temperatur krytycznych" przyjmowanych w górnictwie (dla wyrobisk, w przypadku kopalni wilgotnej, nie więcej niż 28 °C). Wartości temperatur pomierzonych w badanym rejonie przedstawiono w tabeli II.

Interpretacja wyżej zaobserwowanych charakterystycznych różnic w parametrach geotermicznych charakteryzujących karbon oraz jego nadkład może być dokonana na podstawie znajomości wielkości przewodnictwa cieplnego osadów karbońskich i nadkładu oraz wartości gęstości powierzchniowego strumienia cieplnego Q.

Badania parametrów cieplnych skał w zagłębiach górniczych prowadzone były w Polsce przez K. Chmurę (1). W LZW badania przewodnictwa cieplnego skał prowadzone były przez T. Mazaka (9), który stwierdził, że w nadkładzie średnia wartość przewodnictwa cieplnego skał wynosi 1,536 kcal/mh°C, natomiast w karbonie wartość średnia przewodności cieplnej wynosi 2,423 kcal/mh°C. Tak duża różnica w wartości przewodności cieplnej skał karbonu i jego nadkładu wskazuje również na fakt, że osady kar-



Ryc. 8. Profil temperatury, przewodnictwo cieplne i gradient geotermiczny w otworze Łęczna IG-9.

Fig. 8. Temperature profile, heat conductivity and geothermal gradient in the borechole Łęczna IG-9.

bonu i jego nadkładu będą różniły się wyraźnie wartościami składowej konduktywnej strumienia cieplnego, szczególnie gdy wziąć pod uwagę fakt, iż wartości średnie grad T w utworach nadkładu są dużo niższe niż wartości średnie gard T w warstwach karbońskich, jak to wykazano powyżej.

Potwierdzeniem tej tezy są badania strumienia cieplnego w otworze Łęczna IG-9. Wyliczono średnią ważoną wartość grad T dla nadkładu osadów karbonu (grad T = 1,67 °C/100 m) oraz dla karbonu (grad T = 2,95 °C/100 m) w tym otworze. Średnie wartości przewodnictwa cieplnego są następujące: čla nadkładu osadów karbonu K=1,54 kcal/mh°C, natomiast dla karbonu K=2,22 kcal/mh°C.

Korzystając ze wzoru na strumień cieplny wyliczono wartości składowe dla osadów karbonu i jego nadkładu. Dla nadkładu wartość strumienia $Q_N =$ =0,70 · 10-6 cal/cm²s, natomiast dla karbonu $Q_c =$ =1,79 · 10-6 cal/cm²s. Wartości te są wyraźnie różne, widać więc, że nie zachodzi tu ciągłość składowych strumienia cieplnego według związku [5].

Analiza krzywej temperatury dla omawianego pomiaru (ryc. 8) wskazuje, że w nadkładzie karbonu ma ona bardzo wyrównany charakter, a zmiany temperatury z głębokością są bliskie prostoliniowym. Jednocześnie, jak to już wspomniano, mamy tu bardzo niską wartość grad T, zatem prawdopodobnie nastąpiło pewne wyrównanie ciepła w pionie. Brak ciągłości interwałowych wartości strumienia cieplnego konduktywnego $Q_N \neq Q_c$, $Q_N < Q_c$ może świadczyć o tym, że w nadkładzie osadowym oprócz przewodnictwa cieplnego występuje zjawisko transportu ciepła na drodze ruchów wód zawartych w porach skał nadkładu (w utworach kenozoicznych oraz jurze i kredzie) obok zjawiska przewodzenia ciepła w sposób konduktywny. Stąd wartość całkowita strumienia cieplnego w nadkładzie jest sumą składowej konduktywnej $Q_N=0,7\cdot10^{-6}$ cal/cm²s i konwektywnej, jak to wynika ze związku [3].

Przyjmując, że strumień cieplny pomierzony w stosunkowo słabo przepuszczalnych utworach karbońskich odpowiada wartości całkowitej tego parametru (nie mamy tu istotnego konwektywnego przewodzenia ciepła), można na podstawie związku '[3] określić, iż wielkość konwektywnej składowej strumienia dla nadkładu wynosi $Q_c - Q_N = 1,09 \cdot 10^{-6}$ cal/cm²s.

Jak już wspomniano, podobne zjawisko obserwowane jest w całym obszarze, gdyż pomierzone wartości grad T w nadkładzie karbońskim są mniejsze od wartości grad T dla karbonu i jednocześnie przewodność średnia skał karbońskich jest wyższa od przewodności cieplnej skał nadkładu (wyłączając z tego węgle charakteryzujące się bardzo niskimi wartościami przewodnictwa cieplnego).

ZAKOŃCZENIE

Zachodzi więc pytanie, jak wygląda charakterystyka geotermiczna karbonu w rejonie Łęcznej na tle geotermiki całego obszaru SE Polski. Pomierzone wielkości grad T w karbonie w tym rejonie wskazują na to, że najwyższe wartości grad T dla karbonu mamy właśnie w LZW, najbardziej zasobnym w węgiel. W obszarze tym (ryc. 2) wartości grad T dla karbonu sięgają 3,1 °C/100 m i w przeważającej większości są wyraźnie wyższe od wartości 2,6 °/100 metrów.

metrów. Wartości grad T dla karbonu w utworach leżących w SE Polsce, poza obszarem najbardziej zasobnym w węgiel (wg mapy Z. Dembowskiego, 5), są dużo niższe. W otworach tych mamy następujące wartości grad T: dla Żebraka IG-1 — 2,2 °C/100 m, dla Żyrzyna — 1,8 °C/100 m, dla Tomaszowa Lubelskiego — 2,4 °C/100 m, dla Tomaszowa Lubelskiego — 2,4 °C/100 m, dla Tyszowców IG-1 — 2,2 °C/100 m, dla Dorohuczy IG-1 — 2,3 °C/100 m, dla Radzynia IG-1 — 2,2 °C/100 m, dla Magnuszewa IG-1 — 2,1 °C/100 m. Odpowiadający tym wartościom gradientu strumień cieplny byłby bliski przedziałowi wartości 0,9—1,4 · 10⁻⁶ cal/cm²s, a więc niższy od wartości 0,9—1,4 · 10⁻⁶ cal/cm²s). Tak więc obszar zagłębia węglowego w rejonie Łęcznej (szczególnie w strefie najbardziej produktywnej) charakteryzuje się wysokimi w stosunku do obszarów otaczających wartościami strumienia cieplnego i wartościami średnimi gradientu geotermicznego dla karbonu.

Podsumowując stwierdzić należy, iż warunki geotermiczne w omawianym rejonie LZW są stosunkowo sprzyjające. W warstwach karbonu do głębokości 1 km, czyli w interwale, gdzie będzie następowała eksploatacja, temperatura waha się średnio od 22 do 24 °C dla stropu karbonu i 28—35 °C na głębokości 1000 m, a więc w pobliżu "temperatury krytycznej" dla kopalnictwa. Dla większych głębokości temperatura wzrasta średnio 2,5—3,0 °C na każde 100 m. Temperatura na głębokościach ok. 1,5 km będzie najprawdopodobniej bliska 50 °C.

Na zakończenie autor chciałby podziękować mgr inż. T. Mazakowi z Oddziału Górnośląskiego IG za udostępnienie danych o przewodnościach cieplnych skał w otworze Łęczna IG-9.

LITERATURA

- Chmura K. Własności fizyko-termiczne skał niektórych polskich zagłębi górniczych. Wyd. Śląsk, Katowice, 1970.
- Dachnow W. N., Diakonow D. I. -- Tiermiczeskije issledowanija skważin. Gostoptiechizdat, Moskwa, 1952.
- Diakonow D. J. Gieotiermija w nieftianoj gieołogii, Ibidem, Moskwa, 1958.

SUMMARY

The paper presents the characteristics of geothermal field, geoisotherm maps and mean values of geothermal gradient for the area of newly discovered Lublin coal basin. The studies have shown that the values of the geothermal gradient are much greater in Carboniferous strata than in the blanket deposits. The differences are interpreted in terms of the effect of conective heat flow in permeable and water-bearing Jurassic, Cretaceous and Tertiary strata. The temperature conditions prevailing at the depths at which the coal exploitation is planned, 0.8-1 km depths, appear to be advantageous. The temperatures do not exceed 36 °C at 1 km depth. The value of heat flow calculated for the area studied is relatively high, equal 1.79 NFV. The geothermal conditions under which Carboniferous strata occur here are anomalous in respect to those prevailing in the neighbouring areas o the Lublin region.

- Dembowski Z. Warunki geologiczno-górnicze w Lubelskim Zagłębiu Węglowym, Kwart. geol., 1974, nr 3.
- Dembowski Z. Węgiel kamienny, Lubelskie Zagłębie Węglowe. Biul. Inst. Geol., 1970, 251.
- Depowski S., Sapuła I. Wyniki badań termicznych wykonanych w południowo-wschodniej części Niżu Polskiego. Kwart. geol., 1969, nr 1.
- Majorowicz J. Obraz pola cieplnego Ziemi w obszarze Polski, Roczn. Pol. Tow. Geol., 1974, z. 2—3.
- 8. Majorowicz J. Heat flow in Poland and its relation to the geological structure. Geothermics, Pisa, 1973, no. 1.
- 9. Mazak T. Wstępne wyniki badań termicznych serii węglonośnej złoża węgla kamiennego okolicy Łęcznej, Kwart. geol., 1972, nr 2.
- Plewa S. Regionalny obraz parametrów geotermicznych Polski. Wyd. Geof. Geol. Naft. Kraków, 1966.
- Węsierska M. -- A study of terrestrial heat flux density in Poland. Mat. i Pr. Inst. Geofiz., v. 60, Warszawa, 1973.
- 12. Znosko J. Pozycja tektoniczna Polski na tle Europy. Biul. Inst. Geol., 1970, 251.

РЕЗЮМЕ

В статье дана характеристика геотермического поля в районе нововыявленного Люблинского угольного бассейна. Приложены карты геоизотерм и приведены средние величины геотермического градиента в этом районе. Отмечены намного высшие значения геотермического градиента в породах карбона по сравнению с перекрывающими отложениями. Эта разница объясняется конвективным теплообменом в проницаемых и водоносных породах юры, мела и третичной системы. На глубинах проектируемой добычи углей (-0,8 — 1 км) температурные условия сравнительно благоприятны. На глубине порядка 1 км температуры не превышают 36°С. Величина теплового потока в районе бассейна, располагающегося в западной периферической зоне докембрийской платформы, высокая и достигает 1.79 HFU. Геотермические условия карбона в бассейне аномальны по отношению к геотермическим услогиям в карбоне прилегающих районов Люблинского региона.