

PRÓBA ZASTOSOWANIA TERMOLUMINESCENCJI W BADANIACH OKRUSZCOWANYCH SKAŁ WĘGLANOWYCH TRIASU ŚLĄSKO-KRAKOWSKIEGO

Badaniom poddano próbki skał węglanowych triasu pochodzące z trzech wierceń z rejonu położonego na SW od Pustyni Błędowskiej: 16PB, 17PB i 36PB. Materiał skalny otrzymano z Zakładu Żłóż Metali Nieżelaznych Instytutu Geologicznego. Sugestię przeprowadzenia badań termoluminescencji okruszczonych skał węglanowych triasu wysunął F. Ekiert, który wielokrotnie w terenie obserwował intensywne świecenie próbek tych skał pod wpływem ogrzania ich na płytach kuchennych. Zastosowanie nowej metodyki badawczej miało na celu stwierdzenie, w jaki sposób zjawisko termoluminescencji powiązane jest z charakterem petrograficznym okruszczonych osadów. Proces mineralizacji dolomityczno-siarczkowej badanych utworów węglanowych uwarunkował powstanie wtórnych struktur i tekstur, których zróżnicowanie jest uzależnione od cech petrograficznych pierwotnego tła skalnego.

W wyniku badań mikroskopowych opracowano profile litologiczne. W każdym z analizowanych profili rozkład wtórnych zmian jest inny. W badaniach termoluminescencji rejestrowano następujące własności:

1) barwę świecenia;

2a) intensywność termoluminescencji wyrażoną wysokościami amplitud dwóch maksimów świecenia z krzywych TL.

Wartości amplitud H_1 i H_2 w wyniku pomiarów zjawiska fotopowielaczem ze skorygowaną, nieselektywną krzywą czułości widmowej są ilościowo porównywalne;

2b) temperatury maksimów świecenia T_1 i T_2 z krzywych TL. Wyniki badań termoluminescencji zestawiono z rezultatami badań mikroskopowych oraz wykresami współczynnika dolomityczności, zawartości Fe całkowitego, FeO oraz części nierozpuszczalnych.

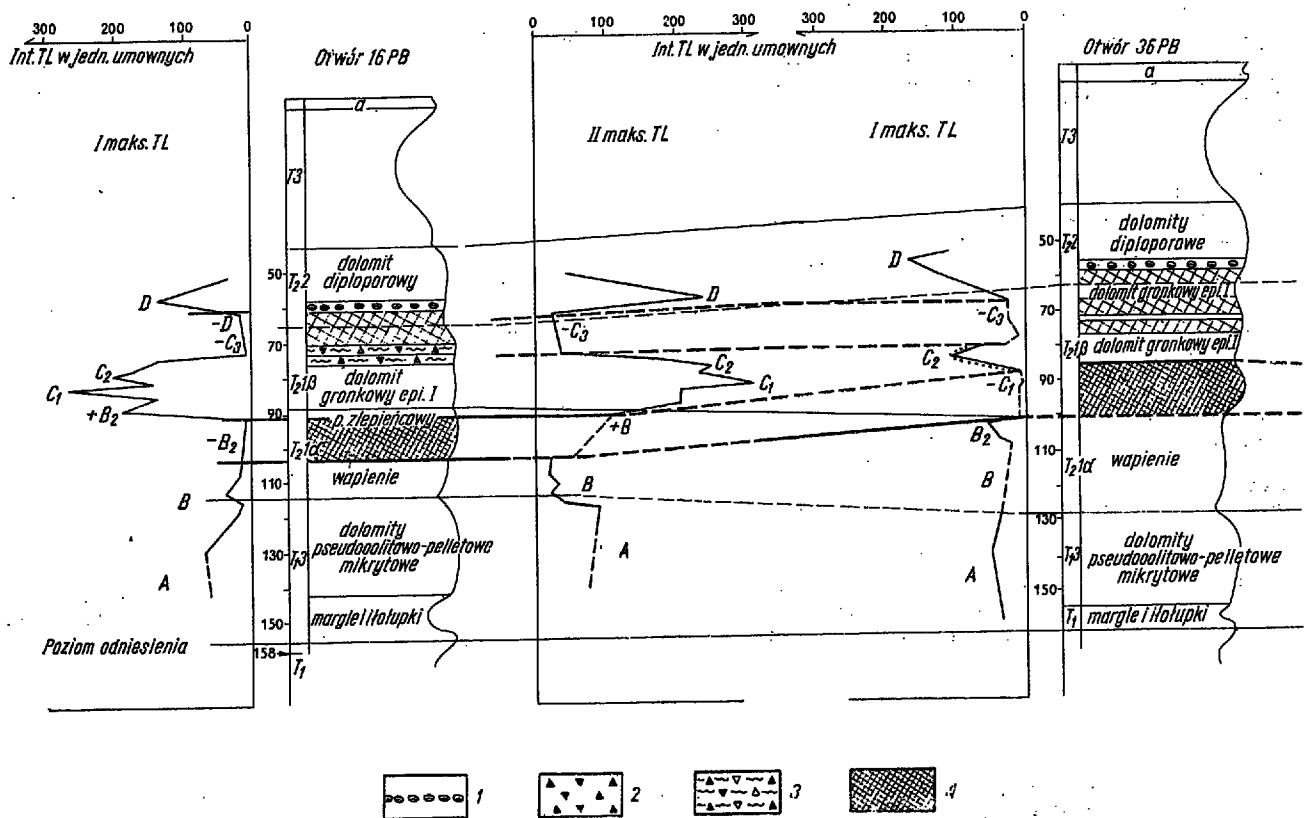
W kompleksie skalnym w pierwotnym układzie równowagi energetycznej (postsedymentacyjnej) utwory węglanowe mają swój specyficzny pierwotny obraz własności termoluminescencji. Kolejne etapy zmian własności fizyczno-chemicznych różnicują ten pierwotny obraz własności. W sytuacji, gdy znany jest pierwotny obraz własności wszelkie anomalie termoluminescencji, jakie wykazuje zjawisko termoluminescencji, stanowią dowód zmian i mogą dostarczyć informacji o procesach, które te zmiany spowodowały. Wychodząc z tego założenia przeprowadzono interpretację zestawionych skał w profilach litostratygraficznych ze zmiennością intensywności i temperatur pierwszego i drugiego maksimum termoluminescencji (ryc. 1, tab.).

Pierwotny charakter własności termoluminescencji w analizowanym kompleksie wykazują:

1) dolomity retu, ze względu na mikrytowy charakter i laminarną teksturę uważane za syngenezyczne;

2) niezmienione wapienie warstw gogolińskich;

3) dolomity warstw olkuskich wyróżnione jako pierwsza generacja dolomitów kruszczonośnych — epi I. Osady te są mikrytowe lub drobnokrystaliczne,



Ryc. 1. Syntetyczne ujęcie przebiegu anomalii termoluminescencji w kompleksie węglanowym triasu z rejonu złóż Zn i Pb Krzykawka - Laski.

1 - poziom stromatolitowy, 2 - strefa brekcji dolomitowej, 3 - strefa pseudobrekcji dolomitowej, 4 - strefa dolomitów epi II z siarczkami, 5 - strefa dolomitów epi I bez siarczków, 6 - krzywa wyróżniająca przebieg zmian intensywności maksimum TL (1 i 2) w profilach 16, 17, 36 PB, 7 - oznaczenie intensywności TL, na którą wpływał proces mineralizacji dolomityczno-siarczkowej II fa-

zy, 8 - strefy ujemnych anomalii TL (1 - zdecydowanych, 2 - niezdecydowanych), — spąg profilu oznaczony głębokością od powierzchni ziemi w m, poziom odniesienia przyjęto na granicy utworów pstrego piaskowca i retu. S - próbka zsylikowana. Symbole poziomów litostatygraficznych: T₂ - kajper, T₂² - warstwy diploporowe, T₂¹β - warstwy olkuskie, T₂¹α - warstwy goglińskie (warstwy T₂ - wapień muszlowy), T₁³ - ret, T₁ - pstry płaskowiec, D - intensywność TL utworów T₂, C, C₁-C₃ intensywność TL utworów T₂¹β, B - intensywność TL utworów T₂¹α, A - intensywność TL utworów T₁.

ZESTAWIENIE TEMPERATUR MAKSYMÓW TERMOLUMINESCENCJI PRÓBEK Z TRZECH WIERCEN

Poziomy litostatygraficzne		Strefy TL	Otwory wiertn.					
			16-PB		17-PB		36-PB	
			T ₁ w °C	T ₂ w °C	T ₁ w °C	T ₂ w °C	T ₁ w °C	T ₂ w °C
Wapień muszlowy	T ₂ ²	D	164 170	228 230	170 173	230	174	230
		C ₃	168	230	175-176	235-238	173-175	228-236
	T ₂ ¹ β	C ₂	174	229	175-179 (lok.)	235-241 (lok.)	176-180	237-240
		C ₁	170-175	230-231	175-178	243-244	180-200	243-246
	T ₂ ¹ α	B	178 167	240 220	175-180	240-245	165	225
Ret	T ₁ ³	A	176	234-235	174	240	175	240

wykazują charakterystyczne tekstury ooidowe opisywane jako tekstury gronkowe przez S. Śliwińskiego (4). Dolomity te w badanym kompleksie węglanowym mają znaczną miąższość (20-22 m); są okruszczowane w przestrzeniach międzykulistych, czynią wrażenie uformowanych w fazie mineralizacji dolomityczno-siarczkowej podczas diagenety, przed mineralizacją, która doprowadziła do bogatych nagromadzeń kruszców;

4) dolomity diploporowe, w których zachowana drobnoosobnicza fauna i mikrokrystaliczność przemawiają za syn- lub wczesnodiaogenetycznym powstawaniem.

Krzywe „pierwotnej” termoluminescencji tych utworów mają dwa maksima z charakterystycznymi wartościami H₁ i H₂ w danym poziomie litos-

tratygraficznym oraz temperaturami T₁ i T₂. Przykład takiej krzywej stanowi ryc. 2. Strefy skał charakteryzujących się pierwotną termoluminescencją oznaczono symbolami A, B, C, D zgodnie z sukcesją sedimentacyjną poziomów litostatygraficznych (T₁³ - ret, T₂¹α - warstwy goglińskie, T₂¹β - warstwy olkuskie, T₂² - warstwy diploporowe. W przypadku istnienia większej zmienności wysokości amplitud maksimów termoluminescencji symbole te uzupełniono cyframi 1, 2, 3, jak w przykładzie warstw olkuskich C₁, C₂, C₃. Wtórny efekt termoluminescencji ujemny lub dodatni wobec pierwotnego wyróżniony został przez znak (-) i (+) obok symboli literowych oraz zaznaczony graficznie. Wyraźny dodatni efekt maksimum termoluminescencji dolomitów kruszczonych pierwszej generacji epi I (+B₂)

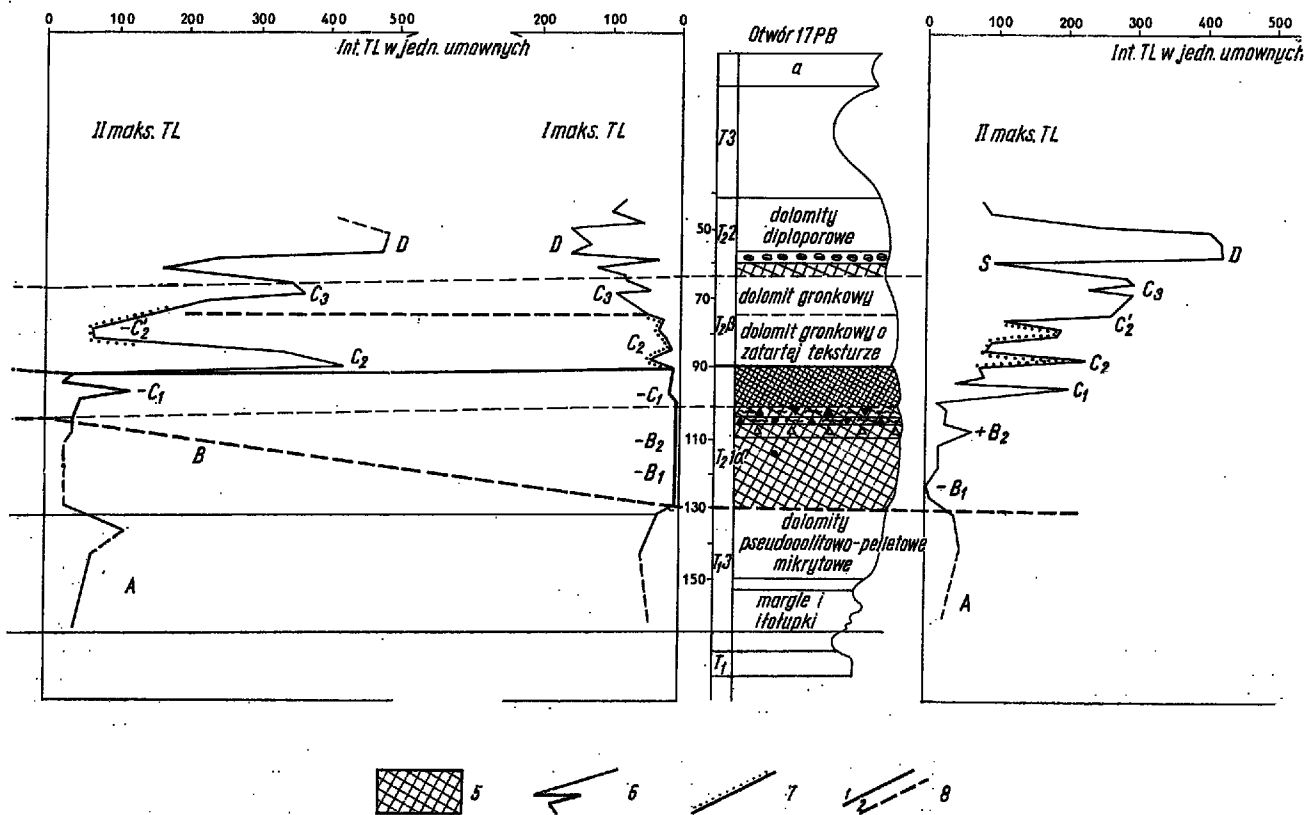
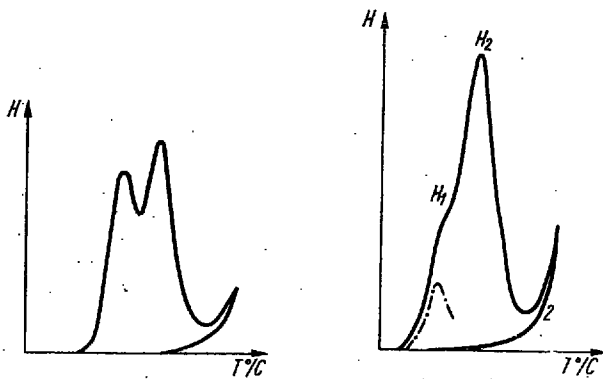


Fig. 1. Synthetic treatment of the course of thermoluminescence anomaly in carbonate series of the Triassic of the Zn and Pb deposits of Krzykawka - Laski region.

1 - stromatolite horizon, 2 - zone of dolomite breccia, 3 - zone of dolomite pseudobreccia, 4 - zone of epi II dolomites with sulphides, 5 - zone of epi II dolomites without sulphides, 6 - curve discriminating emphasizing the course of changes in intensity of the TL maxima (1 and 2) for the profiles 16, 17, and 36 PB, 7 - TL

intensity influenced by the process of second phase of dolomite-sulphide mineralization, 8 - zones of negative TL anomalies (1 - distinct, 2 - obscure anomalies), --- base of the profile and depth from the surface in m, the boundary of Bundsandstein and Rhöt deposits accepted as reference level, S - silicified sample.

Symbols of lithostratigraphic horizons: T₂ - Keuper, T₂² - Dplopora Beds, T₁¹β - Olkusz Beds, T₁¹α - Gogolin (T₂ Beds - Muschelkalk), T₁³ - Rhöt, T₁ - Bundsandstein. D - TL intensity of T₂ deposits, C, C₁-C₂ - TL intensity of T₂β deposits, B - TL intensity of T₁α deposits, A - TL intensity of T₁β deposits.



Ryc. 2 Fig. 2

Ryc. 3 Fig. 3

Ryc. 2. Krzywa TL próbki dolomitu z warstw olkuskich T₂¹, otwór 16 PB, próbka nr 9, głębokość 79,0 m. Warunki pomiaru: fotopowielacz K_{14FSS0}, φ proszku - 0,3-0,2 mm, waga 0,3 g, prędkość grzania 60°C/min, 6 zakres czułości napięcia zasilającego fotopowielacz.

Ryc. 3. Krzywa TL próbki dolomitu z warstw olkuskich T₂¹, otwór 36 BP, próbka nr 12, głębokość 81,0 m. Warunki pomiaru: fotopowielacz K_{14FSS0}, φ proszku - 0,3-0,2 mm, waga 0,3 g, prędkość grzania 60°C/min, 6 zakres czułości napięcia zasilającego fotopowielacz.

--- krzywe z pomiaru, - - - krzywe z interpretacji geometrycznej.

Fig. 2. TL curve for sample of dolomite from Olkusz Beds T₂¹; borehole 16 PB, sample no. 9, depth 79.0 m. Measurement conditions: photoduplicator K_{14FSS0}, φ of powder - 0.3-0.2 mm, weight - 0.3 g, heating rate - 60°C/min, sixth range of sensitivity and voltage feeding the photoduplicator.

Fig. 3. TL curve for sample of dolomite from Olkusz Beds T₂¹; borehole 36 BP, sample no. 12, depth 81.0 m. Measurement conditions: photoduplicator K_{14FSS0}, φ of powder - 0.3-0.2 mm, weight - 0.3 g, heating rate - 60°C/min, sixth range of sensitivity and voltage feeding the photoduplicator.

--- measurement curves, - - - curves obtained from geometric interpretation.

w poziomie zlepieńcowatym warstw gogolińskich (otwór 16PB) dostarczył argumentu na istnienie dwóch generacji dolomitów kruszczońskich. Jest on analogiczny do efektu świecenia dolomitów epi I w warstwach olkuskich.

Utwory wtórne o wyraźnej anomalii ujemnej, tj. zaniku świecenia pierwszego maksimum termoluminescencji, są prezentowane przez dolomity kruszczońskie epi II w nieregularnie układających się, na tle kompleksu węglanowego, partlach:

- 1) bogatych w kruszce (-B₂ w 16PB; -C₁ w 36PB i w 17PB);
- 2) brekcji i pseudobrekcji (-C₃, -D w 16PB, -B₂ w 17PB),
- 3) zdolomityzowanych wtórnie, w których udział Fe całkowitego jest w granicach 5% (dolomity ankerytowe -B₁ 17PB);
- 4) objętych wyraźną rekrytalizacją dolomitu epi I (-C₃ 36PB).

Efekt znacznego obniżenia wysokości H_1 na wykresie intensywności pierwszego maksimum w strefach C₂ w otworach 36PB i 17PB można tłumaczyć migracją roztworów tej fazy mineralizacji, która doprowadziła do wydzielenia kruszców. Zjawisko termoluminescencji w tych utworach cechują krzywe z pierwszym maksimum wyraźnie zanizonym lub wygaszonym zupełnie („anomalia ujemne pierwszego maksimum”); czasem ten proces obejmuje również drugie maksimum (jak np. —B₁ w 17PB).

Charakterystyczną krzywą TL tych utworów przedstawia ryc. 3. Drugą własnością termoluminescencji wtórnych utworów — epi II jest podwyższona wartość temperatur maksimum. Temperatura pierwszego maksimum T₁ wynosi 178—180°C; temperatura drugiego maksimum T₂ — 240—245°C. To, że wysokie temperatury są wskaźnikami występowania dolomitów epi II potwierdzono badaniami próbek dolomitów z rejonu Zawiercia. Omówiona prawidłowość jest szczególnie użyteczna dla rozszyfrowania nakładających się generacji dolomitów epi II na tle dolomitów epi I w utworach warstw olkuskich i gogolińskich.

Wygaszenie efektu dużej intensywności świecenia termoluminescencji I generacji dolomitów potwierdziło wnioski wynikające z obserwacji mikroskopowych o istnieniu co najmniej dwóch generacji dolomitów kruszczońskich w obrębie warstw olkuskich. A zatem metoda TL może być przydatna w rozwiązywaniu problematyki genetycznej w różnych układach mineralogicznych, w których trudno określić sukcesję wydzielenia innymi metodami.

Efekt ujemnej anomalii dolomitów epi II trudny jest do jednoznacznego wytłumaczenia. Przyczyn wpływających na jego powstanie jest wiele, a niektóre z nich to: proces ankerityzacji dolomitów (gaszący wpływ Fe⁺⁺); proces rekryształizacji, obecność siarczków, bądź wreszcie wyświecenie pierwotnej termoluminescencji pod wpływem działania podwyższonej temperatury migrujących roztworów mineralizujących. Ostatnie z wyróżnionych przyczyn umożliwia zastosowanie termoluminescencji jako geotermometru. Analiza zjawiska w takim ujęciu jest możliwa ze względu na bardzo charakterystyczny wygląd krzywych TL z niwelowanymi, pierwszymi maksimumami badanych utworów. Stosując zasady interpretacji krzywych TL wg R. A. Mac Diarmida (1) uzyskuje się dowód na występowanie metasomatozy w zakresie temperatur 150—200°C. Te temperatury są charakterystyczne dla anotermałnych i epitermałnych typów złóż hydrotermalnych wg H. Schneiderhöhna (2).

Uzyskane wyniki porównywalnych ilościowo i jakościowo pomiarów pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Rozkład pierwotnej intensywności maksimum termoluminescencji oraz temperatury maksimum w poziomach litostratigraficznych są wielkościami charakteryzującymi te poziomy.

2. Intensywność termoluminescencji próbek pierwszej generacji dolomitów kruszczońskich (epi I z otworu 16PB) ma charakter anomalii dodatniej.

Epigenetyczny charakter pierwszej generacji dolomitów kruszczońskich potwierdziła wysoka intensywność TL próbki zdolomitowanych zlepnicowych wapieni gogolińskich z 16PB. Własności termoluminescencji dolomitów epi I zaliczono do pierwotnych ze względu na wtórne nałożenie się na nie efektów zmian fizyczno-chemicznych, które uwarunkowały powstanie dolomitów epi II, charakteryzujących się ujemnymi anomaliami TL.

3. Ujemne anomalie TL na tle pierwotnej termoluminescencji oraz wysokie temperatury maksimum w strefach tych anomalii są wskaźnikami zmian wywołanych migracją termalnych, mineralizujących roztworów dolomityczno-siarczkowych, które doprowadziły do wydzielenia kruszców. Wskazują one strefy złożowe oraz strefy drugiej generacji dolomitów kruszczońskich — epi II.

4. Niwelacja lub wygaszenie pierwszego maksimum na krzywych TL jako efekt wyświecenia termoluminescencji w odpowiednich warunkach temperaturowych w naturze umożliwia próbę zastosowania termoluminescencji jako geotermometru.

Potwierdzenie tych wniosków przez uzyskanie pełniejszego materiału dowodowego oraz rozszerzenie zakresu badań dotyczących istoty zjawiska termoluminescencji dostarczyć może nowych danych dla interpretacji genezy złóż cynku i ołowiu w rejonie śląsko-krakowskim.

LITERATURA

1. Mac Diarmid R. A. — The application of thermoluminescence of geothermometry. *Econ. Geol.* 1963. vol. 58, nr 8.
2. Schneiderhöhn H. — *Złóża rud.* Wyd. Geol., 1962.
3. Śliwiński S. — Dolomitacja morskich utworów triasu śląsko-krakowskiego. *Rudy i met. nieżel.*, 1966, nr 1—3.
4. Śliwiński S. — *Rozwój dolomitów kruszczońskich w obszarze śląsko-krakowskim.* Wyd. Geol. 1969.

SUMMARY

Natural thermoluminescence curves for Triassic carbonate rocks are interpreted assuming the existence of original energetic equilibrium in the rock massif (Figs. 2—3). This system of equilibrium had specific properties of original thermoluminescence modified and differentiated in the course of successive stages of physico-chemical alterations.

All the anomalies in the distribution of thermoluminescence found around the rock massif evidence these changes when the original thermoluminescence pattern is noticeable.

The results of microscopic studies and measurements of the thermoluminescence of carbonate samples from three boreholes: 16 PB, 17 PB and 36 PB, made it possible to found the following regularities:

(1) Distribution of original intensity of thermoluminescence maxima and the maximum temperatures are characteristic for particular lithostratigraphic horizons.

(2) The intensity of thermoluminescence of samples representing the first generation of ore-bearing dolomites (epi I from the borehole 16 PB) is of the type of positive anomaly.

The epigenetic character of the first generation of ore-bearing dolomites is confirmed by a high intensity of thermoluminescence of sample of dolomitized conglomeratic Gogolin limestones from the same borehole. The thermoluminescence properties of the epi I dolomites have been recognized as original on account of the overprinting of the effects of physico-chemical changes conditioning the origin of the epi II dolomites characterized by negative TL anomalies.

(3) The TL anomalies negative in relation to the original TL, and high temperatures of the maxima from the zones of these anomalies are the indices of changes resulting from thermal mineralizing dolomite-sulphide solutions responsible for the origin of the ores. They indicate deposit zones and the zones of the second generation ore-bearing dolomites (epi II).

(4) Levelling or extinction of the first maximum of TL curves, resulting from exhaustion of TL under natural suitable temperature conditions, makes possible to use the TL phenomenon as a geothermometer.

These conclusions, when confirmed by more complete evidence and the results of wider-scale studies on the nature of the thermoluminescence phenomena, may markedly contribute to the reconstruction of the genesis of zinc and lead ores of the Silesian-Cracow region.

РЕЗЮМЕ

Проведенная интерпретация кривых естественной термолюминесценции (фиг. 2 и 3) триасовых карбонатных пород основывалась на условии существования первичной системы энергетического равновесия в комплексе пород. Такая система равновесия

отражается в специфических свойствах первичной термолюминесценции. Последующие физико-химические изменения модифицируют и дифференцируют эту термолюминесценцию. Всевозможные аномалии в распределении термолюминесценции в сопоставлении с первичным образом являются показателями преобразований пород. На основании микроскопических наблюдений и определений термолюминесценции образцов карбонатных пород по скважинам 16РВ, 17РВ и 36РВ были выявлены следующие закономерности.

1. Распределение первичной интенсивности максимумов термолюминесценции и температуры максимумов в литостратиграфических горизонтах являются характерными величинами этих горизонтов.

2. Интенсивность термолюминесценции образцов рудоносных доломитов первой генерации (эпи I, скважина 16РВ) имеет характер положительной аномалии. Эпигенетический характер первой генерации доломитов подтверждается высокой интенсивностью термолюминесценции образца доломитизированных гоголинских известняков (16РВ). Термолюминесцентные свойства доломитов эпи I считаются первич-

ными в связи со вторичным наложением на них эффектов физико-химических изменений, которые обусловили образование доломитов эпи II, характеризующихся отрицательными аномалиями термолюминесценции.

3. Отрицательные аномалии на фоне первичной термолюминесценции и высокие температуры максимумов в зонах этих аномалий являются показателями изменений, вызванных миграцией гидротермальных доломит-сульфидных растворов, за счет которых возникло оруденение. Они определяют рудные зоны и зоны рудоносных доломитов второй генерации — эпи II.

4. Нивелирование или угасание первого максимума и кривых термолюминесценции, являющееся эффектом ослабления термолюминесценции в соответствующих природных температурных условиях, может послужить в качестве геотермометра.

Подтверждение высказанных закономерностей в итоге дальнейших исследований природы явления термолюминесценции доставит новых данных для выяснения генезиса свинцово-цинкового оруденения в Силезско-Краковском регионе.