

## Kompleksowa analiza katodoluminescencyjna — interpretacja obrazów i widm CL

Magdalena Sikorska\*

Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat, równoległe z rozwijanymi badaniami nad naturą zjawiska katodoluminescencji (CL), nastąpił postęp w technikach badawczych stosowanych w analizie CL. Najpopularniejsza jest standardowa aparatura z tzw. zimną katodą, w której elektrony uwalniane są pomiędzy katodą i anodą w zjonizowanym gazie. Współpracuje ona z mikroskopem polaryzacyjnym, a efektami badań są kolorowe obrazy. Udoskonaleniem opisanej aparatury jest tzw. gorąca katoda, w której zastosowano rozżarzone włókno wolframowe jako źródło elektronów. Dzięki tej modyfikacji uzyskujemy obrazy CL o większej czułości, co pozwala na rejestrację krótkotrwałej luminescencji oraz bardzo słabego świecenia.

Zupełnie nową jakość stanowi SEM-CL czyli katodoluminescencja obserwowana w mikroskopie elektronowym z możliwością rejestracji widm emisyjnych przy pomocy spektrometru. Obrazy są czarno-białe, ale ich zaletą jest możliwość uzyskiwania dużych powiększeń. Widma prezentują zapis długości fali i intensywności emitowanego światła przez minerał. Daje to możliwość określenia czynników powodujących luminescencję w danym mineralu, a nawet w jego różnych obszarach o odmiennej luminescencji. Możemy stwierdzić czy dane pasmo emisyjne widma CL wywołane jest przez obecność wewnętrznego defektu w sieci krystalicznej czy też defektu wywołanego czynnikami zewnętrznymi tzn. przez inkorporację obcych jonów (Gorobets & Rogojine, 2002).

Interesujące są wyniki badań apatytów pochodzących z różnych rodzajów skał. Potwierdziła się prawidłowość występowania żółtej barwy luminescencji w apatytach ze skał granitoidowych, która wywołana jest obecnością manganu. Na widmie CL apatyty dominuje linia 570 nm  $Mn^{2+}$ . Natomiast zupełnie inny kształt widma CL uzyskano dla apatyty z cieszynitu odznaczającego się szaroniebieską barwą CL oraz główną linią emisyjną 383 nm  $Ce^{3+}$  i bardzo słabą od  $Mn^{2+}$ . W widmie apatyty z nelsonitu pojawiła się linia emisyjna 485 nm pochodząca od  $Dy^{3+}$ . Szczegółowe analizy spektralne w poszczególnych strefach kryształu apatyty o budowie pasowej, pokazują zmiany wzajemnego stosunku trzech aktywatorów:  $Ce^{3+}$ ,  $Dy^{3+}$  i  $Mn^{2+}$ . Zmiany te nie mają charakteru linearnego i odzwierciedlają skokowe wahania chemizmu w procesach magmowych. W przypad-

ku apatytów pochodzenia diagenetycznego (piaskowce kambryjskie) występuje cała gama barw CL: od mleczno-białych, przez żółte, zielone, różowe do szarych. Wiąże się to z domieszkami różnych pierwiastków ziem rzadkich.

Zależności pomiędzy barwami CL a kształtem widma, w badanych cyrkonach z osadów kambryjskich, są bardzo ważne z uwagi na implikacje genetyczne. Już samo zróżnicowanie barw CL (cyrkony niebieskie i żółte) oraz budowy wewnętrznej wskazuje na różną proveniencję ziaren, a zmiany w intensywności luminescencji świadczą o zmianach chemizmu stopu magmowego w czasie ich krystalizacji.

W przypadku badanego stroncjanitu z karbonatytów na widmie CL zaznacza się jedynie linia emisyjna 374 nm pochodząca od  $Ce^{3+}$  wywołującego niebieską barwę CL. Natomiast na widmie współwystępującego z nim kalcytu, o czerwonej barwie CL, występuje tylko linia 610 nm  $Mn^{2+}$ . Fakt ten może wskazywać na krystalizację stroncjanitu i kalcytu z różnych roztworów, z których jeden był nośnikiem strontu i pierwiastków ziem rzadkich, albo też na zastąpienie kalcytu przez stroncjanit pod wpływem tego roztworu.

Pojawienie się nietypowych, różowych i fioletowych barw CL w anhydrycie z nelsonitu jest wywołane domieszkami pierwiastków ziem rzadkich:  $Ce^{3+}$ ,  $Dy^{3+}$  i  $Sm^{3+}$ . Bardzo interesujące okazały się wyniki analiz CL kwarcu w piaskowcach kambryjskich, a w szczególności cementu kwarcowego. Analiza spektralna wykazała, że różnica barw luminescencyjnych (zielona i brązowa) jest spowodowana występowaniem różnego typu defektów struktury sieci krystalicznej w obu cementach. Wiąże się to z odmiennymi warunkami ich powstawania np. temperaturą, tempem krystalizacji, składem chemicznym fluidów i potwierdza wcześniejszą tezę (Sikorska, 1998) o dwuetapowej cementacji kwarcowej w badanych piaskowcach kambryjskich.

Kompleksowa analiza CL prowadzona przy użyciu zimnej katody oraz w mikroskopie elektronowym z wykorzystaniem spektrometru stwarza nowe możliwości interpretacyjne w badaniach petrologicznych.

### Literatura

- GOROBETS B.S. & ROGOJINE A.A. 2002 — Luminescent spectra of minerals. Reference-book. Moscow.  
 SIKORSKA M. 1998 — Rola diagenety w kształtowaniu przestrzeni porowej piaskowców kambryjskich z polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej. Pr. Państw. Inst. Geol., 164.

\*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; magdalena.sikorska@pgi.gov.pl