

# Krystalizacja to nie koniec



## PIOTR PERKOWSKI

Instytut Nauk Geologicznych  
Polska Akademia Nauk (w latach 2006-2011)

piotrperkowski@o2.pl

Dr Piotr Perkowski zajmuje się badaniami skał metamorfizmu ultrawysokich ciśnień, a także datowaniem skał i minerałów metodami i izotopowymi i chemiczną metodą CHIME.

### Aktywność geologiczna jest głównym czynnikiem kształtującym powierzchnię kontynentów i dna oceanicznego, powoduje procesy górotwórcze i zjawiska wulkaniczne

Jednymi z najważniejszych czynników kształtujących naszą planetę są procesy metamorficzne. Występują one w różnych warunkach i środowiskach geologicznych, w skałach skorupy ziemskiej lub głębiej w płaszczu ziemi. Charakteryzują się bardzo szerokim zakresem wartości temperatury i ciśnienia.

### Różnorodne procesy i powstające w nich skały

Pod określeniem „metamorfizm” kryje się wiele przeobrażeń mineralnych, strukturalnych i teksturalnych skał pozostających w stanie stałym. Procesy te zachodzą pod wpływem podwyższonej temperatury i ciśnienia, choć zdarzają się wyjątki od tej reguły. Ze względu na sposób powstawania tego typu skał badacze wyróżniają cztery główne rodzaje metamorfizmu: dyslokacyjny, kontaktowy, zderzeniowy (impaktowy) i regionalny.

Metamorfizm dyslokacyjny polega na przeobrażeniach skał spowodowanych ruchami podczas procesów górotwórczych bez udziału magmy. Podstawowym czynnikiem jest tu ciśnienie napierających na siebie maszyn skalnych – ziarna ulegają kruszeniu i granulacji aż do zniszczenia struktury mineralnej i zeszklenia, a następnie dochodzi do rekrytalizacji, przy czym wszystko odbywa się bez udziału składników dostarczanych z zewnątrz, z wyjątkiem wody. Te procesy są lokalne, zachodzące w strefach uskóków tektonicznych.

Skały znajdujące się w strefie kontaktowej z ciałem magmowym podlegają przebudowie i rekrytalizacji minerałów zazwyczaj bez zmiany składu chemicznego, choć może zaznaczyć się też wpływ ciała magmowego i towarzyszących mu roztworów – tego typu zmiany to lokalny metamorfizm kontaktowy.

Pod wpływem fali zderzeniowej wywołanej upadkiem ciała niebieskiego (meteorytu) lub też eksplozją także następuje zmiana struktury i tekstury skał oraz minerałów, w takim przypadku mamy do czynienia z metamorfizmem zderzeniowym, spowodowanym wpływem fali zderzeniowej. Taka fala działa w czasie od milionowej części sekundy do minuty i powoduje wzrost ciśnienia oraz temperatury, co rozpoczyna proces zaznaczający się ciągłą zmianą chemicznych, fizycznych i mineralnych, a także teksturalnych i strukturalnych cech skały.

Największe pole działania ma metamorfizm regionalny – może objąć wiele tysięcy kilometrów kwadratowych. Powodują go temperatura i ciśnienie hydrostatyczne oraz ciśnienie napierających na siebie bloków skalnych. Metamorfizm ten dzielony jest na wysokotemperaturowy i niskotemperaturowy oraz wysokociśnieniowy i niskociśnieniowy. Obecnie najczęściej stosuje się podział na facje, które swoją nazwę zawdzięczają charakterystycznym dla danego typu skał minerałom. Tak więc wyróżniane są facje: zeolitowa, zieleńcowa, glaukofanowa, epidotowa, granulitowa, eklogitowa lub strefy metamorficzne: chlorytowa, biotytowa, granatowa, andaluzytowa i inne.

Ze względu na występowanie w skałach metamorficznych wielu charakterystycznych minerałów powstających w określonych warunkach ciśnienia i temperatury dzięki obserwacjom mikroskopowym można określić, jakim procesom metamorficznym podlegała dana skała

Piotr Perkowski



Odślonienie soczewki eklogitowej powyżej wsi Bielice w Górach Białskich.

Wielkość odślonienia 8,5 x 4,5 m



Zdjęcie mikroskopowe eklogitu

i z jaką facją metamorficzną mamy do czynienia. Zakresy temperatury i ciśnienia, w których występują te minerały czy zespoły mineralne, zostały dokładnie określone. Na podstawie analiz zawartości pewnych pierwiastków w określonych minerałach wspólnie rosnących w skale zostały sporządzone algorytmy pozwalające obliczyć temperatury i ciśnienia, w jakich one krystalizowały. Powstały również siatki petrogenetyczne, czyli diagramy zakresów temperatur i ciśnień, w jakich występują te charakterystyczne minerały, oraz zakresy, w jakich warunki temperatury i ciśnienia odpowiadają poszczególnym facjom metamorficznym.

### Między temperaturą, ciśnieniem i ...

Procesy metamorficzne zaczynają się już w zakresie temperatur wyższych od wartości charakterystycznych dla procesów diagenety (do 50°C), czyli procesów scalających osady na dnie morza czy jeziora w litych skałach. Właśnie w tych cieplejszych warunkach powstaje tzw. okno ropne (50-150°C) i gazowe (150-230°C), czyli warunki, w których z odpowiednich skał osadowych (zasobnych w substancje organiczne) mogą powstawać ropa naftowa i gaz ziemny. Warunki takie mogą występować na głębokości 0,5-1 km w skorupie ziemskiej. Znajdują się tam charakterystyczne minerały, jak zeolit, prehnit czy pumpellit. Do przemian dochodzi także tam, gdzie warunki temperatury mogą przekraczać 1000°C, a ciśnienia 20 kbar (w ziemskiej skorupie oceanicznej o miąższości 5-7 km, kontynentalnej o miąższości do 30 km, w obrębie górotworów o miąższości do 70 km).

Oprócz ciśnienia i temperatury na procesy metamorficzne wpływ ma głównie prężność pary wodnej w skale wpływająca na obniżenie temperatury topienia skał. Skały suche o niskiej prężności pary wodnej, pozbawione minerałów zawierających wodę, topią się w znacznie wyższej temperaturze niż skały o wysokiej prężności. Procesy metamorficzne mogą zachodzić w fazie stałej. Warunki, w których dochodzi do topienia skał i powsta-



Zdjęcie mikroskopowe granulitu jasnego i granaty

wania stopu, określają górną granicę występowania procesów metamorficznych.

Dodatkowo dość powszechnie zachodzą specyficzne warunki, w których jedna płyta skorupy ziemskiej podsuwa się pod drugą. Dochodzi wówczas do subdukcji, a podsuwana płyta (najczęściej ciężka płyta skorupy oceanicznej) wpychana jest głęboko w obręb górnego płaszczka Ziemi (na głębokość ok. 200, a nawet 300 km). Skały budujące taki fragment skorupy są wtedy poddawane znacznie wyższym ciśnieniom (60-100 kbar). W takich warunkach dochodzi do zmian gęstości upakowania atomów i odległości między nimi w strukturze minerałów, czyli do przejść fazowych, i to zarówno w skorupie ziemskiej, jak i w górnym płaszczku Ziemi. W ich trakcie przemianom ulegają struktura krystaliczna, objętość i postać krystalograficzna minerałów lub całe zespoły mineralne bez zmiany składu całej skały. Przypuszcza się, że im właśnie należy przypisać nagły wzrost prędkości podłużnych fal sejsmicznych interpretowany przez geologów i geofizyków jako nieciągłość MOHO (Mohorovičića). Skok ten może odpowiadać zmianie składu chemicznego skorupy - zasadowy i górnego płaszczka - ultrasasadowy lub transformacji fazowej gabra w eklogit.

Poza naszą planetą najbardziej rozpowszechniony jest metamorfizm zderzeniowy związany z upadkami meteoroidów na ciała niebieskie (również Ziemię). Wówczas w krótkim czasie dochodzi do nagłego wzrostu ciśnienia i temperatury, co powoduje zmiany chemiczne, fizyczne i mineralne. Zachodzą wówczas jeszcze większe zmiany upakowania i odległości między atomami, gęstości minerałów oraz stopienia skał (przy ciśnieniu przekraczającym nawet 1000 kbar i temperaturze przekraczającej kilka-kilkanaście tysięcy stopni). ■

### Chcesz wiedzieć więcej?

Bolewski A., Parachoniak W. (1974). *Petrografia*, Wydawnictwa Geologiczne.  
Książkiewicz M. (1951). *Geologia Dynamiczna*, Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych.