

zaprzeczenie) + *seismós* = trzęsienie [Ziemi]), czyli wolne od tego typu zjawisk. Jakie siły powodują zarówno trwające miliony lat fałdowania i wypiętrzania łańcuchów górskich jak i krótkotrwałe trzęsienia ziemi? Wiedza na ten temat jest bardzo potrzebna, ponieważ znając mechanikę procesów, można przewidywać grożące niebezpieczeństwo i zapobiec jego ewentualnym tragicznym skutkom.

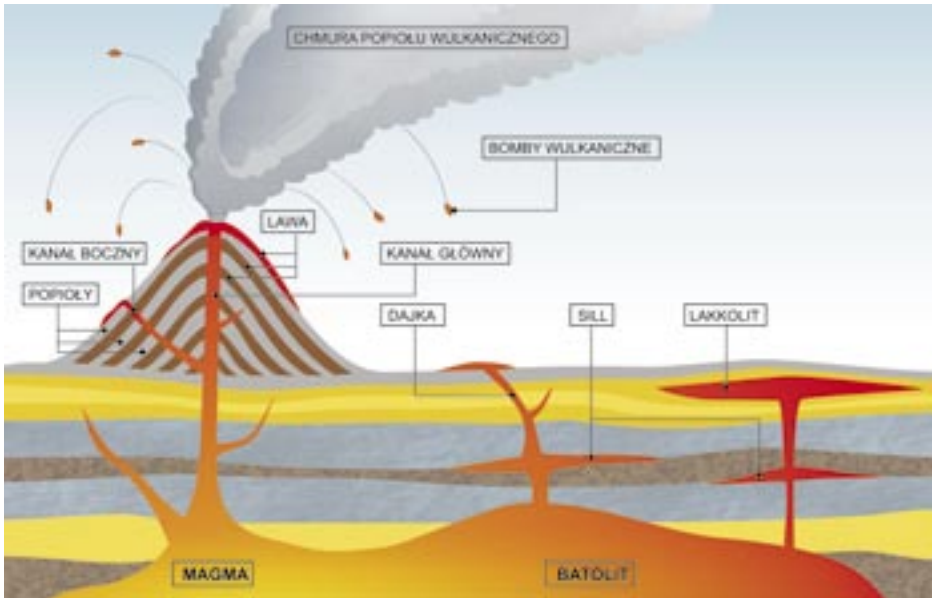
4.1.2. Magmatyzm

Badania sejsmiczne Ziemi wykazały, że pod sztywną litosferą, na którą składa się skorupa ziemska i jej górny płaszcz, znajduje się plastyczna lub płynna astenosfera. Wspomniane we wstępnych rozdziałach strefy ryftowe i subdukcyjne są miejscami, w których dzięki skomplikowanym mechanizmom przemieszczania się prądów konwekcyjnych i względnego ruchu płyt litosferycznych dochodzi do migracji płynnej materii płaszcz w obręb skorupy ziemskiej, a także do wtórnego topienia skał znajdujących się w strefie podwyższonej temperatury. W obu przypadkach roztopiona masa skalna, zwana w geologii magmą (gr. *magma* = ciasto), ma zupełnie inny skład chemiczny.

Wznosząc się ku górze, na skutek różnych przyczyn, magma może zatrzymać się i zakrzepnąć na pewnym poziomie, tworząc w ten sposób tzw. formy intruzyjne (łac. *intrusus* = wepchnięty), czyli umieszczone w przestrzeni niezgodnie z naturalnym położeniem warstw. Najbardziej typową formą intruzyjną jest głęboko położone wielkie i bezkształtne ciało skalne zwane batolitem (gr. *báthos* = głębia + *lithos* = kamień). Z unoszącej się intruzji, jeszcze przed jej zastygnięciem, magma mogła wciskać się dalej między wyżej położone warstwy skał, tworząc zgodne z nimi sille (ang. *sill* = próg). Mogła również rozpychać i wypełniać szczeliny pęknięć, tworząc skośnie biegnące żyły, zakończone najczęściej soczewkowatym lakkolitem (gr. *lakkos* = cysterna + *lithos* = kamień). We wszystkich tych przypadkach, pod grubą, izolacyjną warstwą skał, magma miała wystarczająco dużo czasu do stygnięcia i całkowitego zakrzepnięcia. Takie warunki umożliwiały dokładną krystalizację poszczególnych minerałów, widocznych później w skałach jako mniej lub bardziej regularne kryształy. W tej kwestii panuje jedna podstawowa reguła: im dłużej i spokojniej magma stygła, tym składniki mineralne skały są większe i bardziej regularne. Wszystkie skały powstające w takich warunkach to tzw. skały głębinowe albo plutoniczne (*Ploutón* = gr. Bóg Podziemia).

Przemieszczanie się magmy w obrębie skorupy ziemskiej może jednak następować tak energicznie, że osiągnie ona poziom, do którego docierają głębokie dyslokacje, czyli powierzchnie nieciągłości i strefy uskokowe (powstanie takich miejsc mogą generować też trzęsienia ziemi). Dyslokacje często bywają wykorzystywane przez magmę, stając się kanałami wyprowadzającymi ją aż na powierzchnię Ziemi. Zjawisko to nosi nazwę wulkanizmu (*Vulcanus* = rzymski Bóg Ognia), a wydostająca się na zewnątrz magma od tego momentu nazywa się lawą

(nazwa wł. *lava*). Kontakt gorącej, płynnej lawy z powietrzem powoduje nagłe stygnięcie, na tyle krótkotrwałe, że poszczególne minerały nie zdążą dokładnie wykrystalizować. Z tego właśnie względu wszystkie skały wulkaniczne, czyli lawne odznaczają się bardzo drobnym ziarnem.



Rys. 4.2 Formy intruzyjne magmy.

Szczególną formę przyjmują podmorskie erupcje wulkaniczne, podczas których gorący strumień lawy przy kontakcie z wodą rozpada się na pojedyncze kule, które ściśle przylegając do siebie, pod własnym ciężarem deformują się i krzepną jako tzw. lawy poduszkowe. Bywa, że na powierzchnię ziemi wydostanie się tak duża ilość lawy, że w bardzo grubej pokrywie istnieją warunki względnie spokojnego i równomiernego stygnięcia. W takim przypadku w późnym etapie od zewnątrz zaczynają działać siły tensyjne (rozciągające) wywołane tendencją do zmniejszania objętości. Wskutek tego powstaje tzw. cios termiczny, czyli system regularnych pęknięć prostopadłych do powierzchni stygnięcia. Płaszczyzny te tworzą między sobą kąty około 120° , w związku z czym stygnąca lava pęka na olbrzymią ilość ściśle dopasowanych do siebie wielobocznych kolumn (najczęściej sześciobocznych). Zdarzają się też skrajnie przeciwne przypadki, kiedy czas stygnięcia i krzepnięcia - przynajmniej niektórych porcji lawy - jest zbyt krótki, aby atomy pierwiastków zostały uporządkowane w krystaliczną sieć minerałów. Tworzy się wtedy szklista masa zwana szklivem wulkanicznym albo obsydianem (od wł. imienia *Obsidius*).

Lawa jest podstawowym produktem większości erupcji (łac. *eruptio*) wulkanicznych. Bywają jednak także erupcje bardziej wybuchowe, podczas których z krateru wyrzucana jest duża ilość materii skalnej w stanie stałym. Są to tzw. utwory piroklastyczne (gr. *pyr* = ogień + *klastós* = połamany), na które składają się różnej wielkości bomby wulkaniczne - czyli zastygłe w powietrzu, różnej wielkości krople lawy, znacznie drobniejsze od nich, wielkości grochu lub orzecha, lapilli (wł. *lapilli* = kamyczki) oraz popioły - stanowiące najdrobniejszą frakcję pylastą. Szczególnym tworem jest pumeks (nazwa łac. *pumex*) - czyli stygnące w powietrzu fragmenty bogatej w gazy i silnie pieniającej się lawy. Jego niezwykłość polega m. in. na tym, że jest to jedyny kamień, który wpadłszy do wody zamiast tonąć – unosi się na niej.



Fot. 4.2 Pumeks.

Niektóre współczesne wulkany mają ogromną siłę, a efekty ich wybuchów bywały często katastrofalne. W czasach historycznych do najtragiczniejszych należały wybuchy m. in.: Wezuwiusza (79 r.), Laki (1783 r.), Tambora (1815 r.), Consequina (1835 r.), Krakatau (1883 r.), Bandaisana (1888 r.), Katmai (1912 r.) i Mt. Pele (1912 r.). Aktywność wulkaniczna w minionych okresach geologicznych była jednak nieporównywalnie większa, czego przykładem mogą być ogromne obszary permskich porfirów czy też gigantyczne pokrywy trzeciorzędowych bazaltów. Towarzyszące niektórym erupcjom gęste popioły wulkaniczne mogą unosić się wysoko w atmosferze nawet przez kilka lat zanim całkowicie opadną na Ziemię, tworząc charakterystyczne poziomy tzw. tufów (nazwa łac. *tufus*), czyli lekkich skał osadowych pochodzenia wulkanicznego.

4.1.3. Metamorfizm

Wszystkie skały, bez względu na ich pochodzenie, mogą na skutek procesów tektonicznych dostać się w takie poziomy skorupy ziemskiej, w których warunki ciśnienia i/lub temperatury są znacznie wyższe niż te, w których skały