

ACADEMIA badania w toku mineralogia

A SKAŁY NAM PRZEWODZĄ

W przyrodzie oprócz popularnych, znanych od dawna minerałów występują również bardzo rzadkie, odkryte stosunkowo niedawno. Niektóre ze względu na swoje unikatowe cechy fizyczne mogą być wykorzystywane w różnych gałęziach przemysłu, a inne jako inspiracja do produkcji nowych syntetycznych materiałów.

Zdjęcie zrobione podczas pobierania prób skały larnitowej z Izraela.



mgr Dorota Środek

Uniwersytet Śląski, Katowice

Natura wiele już razy była źródłem natchnienia dla malarzy, muzyków i poetów. Wystarczy wspomnieć chociażby o „Czterech Porach Roku” Vivaldiego, „Słonecznikach” van Gogha czy „Stepach akermańskich” Mickiewicza. Niewątpliwie pierwsi wynalazcy i inżynierowie także inspirowali się otaczającą przyrodą – chociażby Leonardo da Vinci, tworząc projekty skrzydeł opartych na obserwacji ptaków i nietoperzy. Czy jednak w dzisiejszych czasach galopującego rozwoju cyfryzacji przyroda wciąż może inspirować? I – co istotne z punktu widzenia przeciętnego człowieka – czy badania środowiska naturalnego mogą przyczynić się do poprawy jakości życia w zakresie komputeryzacji i podobnych technologii?

Odpowiedź jest prosta: współczesne badania środowiska naturalnego przynoszą wiele korzyści dla gospodarki i przemysłu. Dotyczy to choćby materiałów technologicznych.

Potrójna wyjątkowość

Skały wapniowo-krzemianowe (skarnoidy) należą do skał pirometamorficznych i są niezwykle ze względu na środowisko powstawania. Tworzą się – stąd ich nazwa – w wyniku działania temperatury rzędu 1000–1250°C przy niskim ciśnieniu. Takie warunki nie są powszechne w przyrodzie. Jak do tej pory określono tylko dwa możliwe źródła ciepła, przy których panują wysokie temperatury i stosunkowo niskie ciśnienie – są to przypowierzchniowe intruzje (z łac. *intrusus* – wepchnięty) magmy lub samozapłon paliw kopalnych na dużą skalę. Nasze próbki pochodzą z wygasłych wulkanów: Szadył Choch z Osetii Południowej oraz Bellerberg, który znajduje się na terenie zachodnich Niemiec. W obu przypadkach wdzierająca się magma porwała fragmenty węglanowych skał osadowych, co zadecydowało o ich wyjątkowym składzie mineralogicznym. Trzecia badana lokalizacja to kompleks Hatrurim leżący na terenie Izraela, Palestyny i Jordanii. Znajdujące się tam skały powstały przy udziale wysokiej temperatury pojawiającej się najprawdopodobniej w wyniku samozapłonu warstw bogatych w bituminy. Jeśli chodzi o mineralogię, wszystkie te skały są do siebie podobne.

Co wpływa na ich wyjątkowość? Po pierwsze, skład chemiczny. Do pierwotnych skał wapniowych została doprowadzona krzemionka, a następnie nałożyły się na to dalsze procesy geologiczne, takie jak

np. ekshalacje wulkaniczne niosące ze sobą całe spektrum składników chemicznych. Dzięki temu można w tych skałach znaleźć prawie wszystkie pierwiastki ujęte w tablicy Mendelejewa. Po drugie, geneza tych skał. Dzięki nietypowym warunkom ciśnienia i temperatury mogły powstać minerały niespotykane w żadnych innych utworach geologicznych. W samej tylko formacji Hatrurim po 2009 r. odkryto aż 25 nieznanych dotychczas gatunków mineralnych, co potwierdza ich niepowtarzalność. A odkrycie nowego minerału to nie tylko wartościowy wkład w mineralogię, ale także w inne dziedziny nauk, takie jak fizyka ciała stałego, chemia, krystalografia oraz właśnie materiałoznawstwo.

Oblicza mayenitu

Nowo odkryty minerał, który nie został dotychczas zsyntetyzowany, może być kolejną fazą przydatną w różnych dziedzinach technologii. Zdarza się też, że mimo istnienia fazy syntetycznej stosowanej w przemyśle badania materiału pochodzenia naturalnego przynoszą dalsze, wymierne korzyści.

Niezwykle interesującym przykładem mogą być minerały z supergrupy mayenitu – rzadko spotykanej w przyrodzie fazy, pospolicie występującej w opisanych wyżej skałach. Syntetyczny mayenit od dawna znany był jako powszechny składnik cementów portlandzkich, ale odkryty w warunkach naturalnych został dopiero w 1964 r. Mimo ponad 60 lat, które minęły od czasu tego odkrycia w skałach natural-

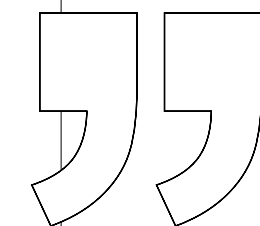
Mayenit rozpatrywany jest m.in. jako materiał do produkcji cementów ekologicznych wyłapujących zanieczyszczenia pochodzące ze ścieków.

nych, fazy te są wciąż stosunkowo słabo poznane, o czym świadczą kolejne nowości w obrębie tej grupy – chociażby odkrycie chlorku mayenitu, minerału o strukturze i składzie mayenitu z dodatkową wodą w pustkach strukturalnych, lub weryfikacja wzoru chemicznego pierwszego znalezionego mayenitu i nazwanie go chlormayenitem. Do niedawna minerały te nie wzbudzały większego zainteresowania, jednak wraz z dokładnym zbadaniem struktury okazało się, iż mają one niezwykle właściwości fizyczne i przyciągają olbrzymią uwagę, jeśli chodzi o nowe technologie

**Mgr Dorota Środek**

jest doktorantką w Katedrze Geochemii, Mineralogii i Petrografii Wydziału Nauk o Ziemi UŚ. Prowadzi badania na temat mineralizacji wapniowo-krzemianowych skał pirometamorficznych. Laureatka „DoktoRIS – Program stypendialny na rzecz innowacyjnego Śląska” oraz odkrywczyni nowego minerału.

srodek.dorota@gmail.com





Widok na szczyt wzgórz pustyni Negev zbudowanych ze skał kompleksu Hatrurim.

aplikacyjne. Jest to związane z wyjątkową strukturą krystaliczną, przypominającą budowę innych minerałów – zeolitów, które także są znane i wykorzystywane od dawna.

Obie te grupy mają specyficzną, nanoporowatą strukturę pozwalającą na przechwytywanie pierwiastków ze środowiska otaczającego. Z tego względu mayenit rozpatrywany jest jako przyszłościowy materiał do produkcji cementów ekologicznych wyłapujących zanieczyszczenia pochodzące ze ścieków. Inne możliwe zastosowanie dla tego minerału pojawiło się wraz z odkryciem zjawiska mobilności tlenowej w jego obrębie oraz faktem, iż jest on materiałem przezroczystym. Pozwala to na wykorzystanie go jako przewodnika – przy czym, co ważne, przejrzystego, który może znaleźć zastosowanie w panelach słonecznych oraz elektronice. Ogniwa stosowane dzisiaj są niezwykle kosztowne, a także problematyczne, jeśli chodzi o dalsze ich składowanie po okresie użytkowania. Syntetyczny mayenit może być produkowany nawet z odpadów hutniczych i nie ulega rozkładowi, co rozwiązuje oba problemy współczesnych materiałów stosowanych w tego typu bateriach.

Nie jest to też koniec możliwości tego minerału – w tym roku pojawiły się doniesienia o kolejnym odkryciu w obrębie tej grupy. Japońscy naukowcy opublikowali badania, w których pokazali, że mayenity mają również właściwości ferromagnetyczne, co otwiera kolejne możliwości, jeśli chodzi o zastosowanie ich jako materiałów technologicznych.

Ale badane przez nas minerały należą nie tylko do grupy mayenitu. Biorąc pod uwagę skład chemiczny oraz warunki powstawania, skały te są naturalnymi

analogami różnych cementów, np. ye'elimitowo-larnitowe skały formacji Hatrurim są odpowiednikami belitowych klinkierów cementowych. Wystarczy tylko porównać minerały z ich odpowiednikami syntetycznymi. Przykładem może być minerał hatruryt, który w nomenklaturze cementowej zwany jest alitem, a popularny w tych skałach minerał larnit to według nazewnictwa przemysłowego belit typu drugiego. Oznacza to, że w ich składzie możemy znaleźć dużo więcej faz wykorzystywanych w przemyśle i nie chodzi tutaj o fazy traktowane wyłącznie jako składniki cementów, ale o zastosowania dużo bardziej praktyczne. Wystarczy wspomnieć chociażby: rondorfit lub rusinovit – oba rozważane jako potencjalnie nowe materiały luminoforowe (świejące bez emisji ciepła), lub też minerały grupy ellestadytu – badane obecnie pod kątem możliwości immobilizacji (unieruchamiania atomów) siarki i chloru.

Potrzeba poszukiwania

Wysnucie takich wniosków poprzedzone jest specjalistycznymi badaniami przy użyciu nowoczesnych technik badawczych. Sam proces odkrycia nowego minerału zaczyna się od pobrania próbek skalnych w terenie, gdzie sporo zależy od szczęścia – badane przez nas minerały rzadko kiedy osiągają rozmiary pozwalające je dostrzec gołym okiem. Z tego powodu zbiera się jak najwięcej różnorodnego materiału, mając nadzieję, że w zebranych okazach znajdziemy kolejne interesujące fazy. Następnie z przywiezionych skał wykonuje się płytki cienkie i przegląda się je pod kątem mineralogicznym. Dalsze metody zależą od

NATURA DLA PRZEMYSŁU



Fragment
 pirometamorficznej skały
 larnitowej z Jabel Harmun
 (terytorium Palestyny).

tego, co znajdzie się w danym szlifie, chociaż w większości przypadków kolejne badania dotyczą składu chemicznego oraz struktury krystalicznej. Często wiąże się to z wybieraniem ziaren minerałów, które mają wielkość zaledwie kilkudziesięciu mikronów – w praktyce trudno to sobie nawet wyobrazić! Aby móc ogłosić znalezienie nowego minerału, należy zbadać także kilka innych cech fizycznych, takich jak jego twardość, gęstość czy chociażby barwę i im podobne. Warto jednak podkreślić, że znalezienie i opisanie takiej fazy nie oznacza wcale, że odkryliśmy także nowy, przydatny materiał. Najpierw należy opracować metodę syntezy danego minerału, aby móc wyprodukować wystarczające ilości danej fazy do dalszych testów oraz móc określić jego własności i dopiero wtedy, po licznych testach, ewentualnie zastanowić się nad możliwymi wdrożeniami. Jest to długi i bardzo mozolny proces, wcale niedający gwarancji sukcesu.

Warto więc postawić w tym miejscu pytanie: czy aby na pewno potrzebne są takie badania? Przecież współczesne laboratoria dysponują technologiami niezbędnymi do przeprowadzania testów na syntetycznych materiałach. Zarówno ciśnienie, temperatura, jak i inne parametry mogą być dostosowywane do potrzeb eksperymentu, dzięki czemu dają szczegółowe wyniki i zależności. Mimo to badania nad naturalnymi skałami są niezwykle ważne, ponieważ pozwalają nam określić jeden istotny czynnik, którego nie jesteśmy w stanie wiarygodnie odtworzyć w laboratorium – czasu. Dzięki zgłębianiu natury minerałów będących odpowiednikami faz syntetycznych jesteśmy w stanie określić, czy wyprodukowany materiał

ulegnie biodegradacji, czy będzie on odporny na wietrzenie przez sto, dwieście czy nawet kilka tysięcy lat. Czasem także badania faz naturalnych pozwalają na wykorzystywanie zasobów, które do tej pory nie były brane pod uwagę jako potencjalne materiały dla danej gałęzi przemysłowej. Dla przykładu dzięki badaniu opisywanych skał wiadomo już, że wapienne skały osadowe z przypadkowo rozmieszczonymi dodatkami glin, gipsu i fosforu mogą być stosowane jako niedrogie naturalne materiały do produkcji cementów klinkierowych typu belitowego i jako ekozamienniki dla zwykłych cementów portlandzkich.

Po przytoczeniu tych przykładów należy przyznać, że skały, o których jest ten artykuł, istotne są nie tylko dla nauk mineralogicznych, ale także dla przemysłu. Pokazuje to, że natura, mimo gwałtownego rozwoju i industrializacji, wciąż jest w stanie wskazywać rozwiązania technologiczne, mogące mieć znaczny wpływ na ułatwienie życia codziennego. Można tu przytoczyć słowa profesora Depmeiera, który w 2009 r. napisał: „Pokazano, że Natura posiada wiele przewagi nad technologią, która może być korzystnie eksploatowana dla poszukiwania nowych materiałów z użytecznymi właściwościami. [...] Natura może, oraz powinna być dla nas przewodnikiem i źródłem inspiracji dla przygotowywania nowych związków syntetycznych w celu znalezienia zaawansowanych materiałów”.

DOROTA ŚRODEK

Projekt jest finansowany z grantu Narodowego Centrum Nauki numer 2015/17/N/ST10/03141.

Chcesz wiedzieć
 więcej?

Galuskina E., Gfeller F., Galuskina I., Armbruster T., Bailau R., Sharygin V. (2015). Mayenite supergroup, part I: Recommended nomenclature. *European Journal of Mineralogy*, vol. 27, p. 99–111.

Krivovichev S. (2008). *Minerals as Advanced Materials*. Berlin: Springer – Verlag Berlin Heidelberg.

Sokol E., Kokh S., Vapnik Y., Thiery V., Korzhova S. (2014). Natural analogs of belite sulfoaluminate cement clinkers from Negev Desert Israel. *American Mineralogist*, vol. 99, p. 1471–1487.

Tolkacheva A., Shkerin S., Kalinina E., Filatov E., Safronov A. (2014). Ceramics with Mayenite Structure: Molecular sieve for helium gas. *Russian Journal of Applied Chemistry*, vol. 87, p. 536–538.