

Śląskie wulkany



ŁUKASZ KRUSZEŃSKI

Instytut Nauk Geologicznych, Warszawa

Polska Akademia Nauk

lkruszeński@twarda.pan.pl

Dr Łukasz Kruszeński interesuje się mineralogią i petrologią płonących hałd górniczych oraz procesami wietrzeniowymi

Płonące hałdy pogórnice to istne kopalnie ciekawych skał i rzadkich minerałów. Znajdujemy tam nie tylko imitacje bazaltów, ale także skał metamorficznych czy nawet meteorytów. Czy to przypadek, że warunki panujące wewnątrz płonących hałd są zbliżone do tych panujących we wnętrzu wulkanu?

Ogień, rozgrzane pary, wylotowe otoczne skupieniami siarki, stopione do postaci lawy skały... zwykliśmy kojarzyć z wulkanami. Tymczasem znakomitymi naśladowcami wulkanów mogą być płonące hałdy pogórnice. Są one nieodzownym elementem krajobrazu obszarów górniczych, także tam, gdzie wydobywany jest węgiel kamienny. Gromadzi się na nich poeksploatacyjny odpad, na który składają się skały ponne (łupki, mułowce, piaskowce i inne) oraz niewykorzystane paliwo. Niektóre hałdy mogą zawierać całkiem spore jego koncentracje. Zarówno sam węgiel, jak i rozproszone w nim pospolite siarczki żelaza (głównie piryt, FeS_2) są w powietrzu nietrwałe i powoli przyłączają atomy tlenu - utleniają się. Różne cechy węgla, takie jak zawartość popiołu, stopień uwęglenia czy poziom zsiarczenia, mogą ten proces przyspieszać. Do cech tych zalicza się także petrografia węgla. Tak jak granit czy bazalt składają się z minerałów, tak węgiel jest zbudowany z macerałów. Niektóre z nich mogą łatwo kumulować ciepło, inne łatwiej ulegają zapaleniu. W sprzyjającej sytuacji może więc

dojść do samoistnego zapłonu paliwa, czyli samozapłonu. Jest to proces naturalny.

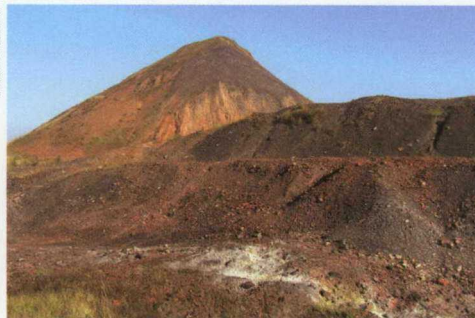
Co skrywa wnętrze hałdy?

W zależności od ułożenia warstw wzbogaconych w węgiel z powodu jego samozapalenia dochodzi do powstania ognisk pożarowych. Palenie się węgla to przede wszystkim jego odgazowanie. Gorące strugi gazowe, często o skomplikowanym składzie (H_2O , CO_2 , CO , CH_4 , NH_3 , H_2S , HCl i szereg innych), migrują w górę, rozgrzewając nadległe partie, mogą także przeobrażać chemicznie otaczające skały. Hałda jest obiektem „oddychającym” - może zasysać otaczające ją powietrze. Na kontakcie zassanego powietrza (bogatego w tlen, a więc o właściwościach utleniających) ze strugami gazowymi bogatymi w CO i CH_4 (o obniżonym potencjale Eh) może dochodzić do wtórnego zapłonu. Badacze rosyjscy opisują nawet kruszenie materiału skalnego hałd w wyniku lokalnych wybuchów gazów pożarowych. Znane jest także zjawisko teleskopowania ognisk, polegające na ich przemieszczaniu się w głąb hałd. W ten sposób pożar może postępować w różnych kierunkach. Intensywność przebiegu pożaru na danej hałdzie jest wysoce przypadkowa, tak jak rozłożenie w niej materiału odpadowego.

Piekło na ziemi

Po serii samozapłonów hałdy mogą zamienić się w prawdziwe piekło. W bezpośrednim otoczeniu ognisk temperatura może dochodzić nawet do około 1400°C . Tam

Łukasz Kruszeński



Niemal cały stożek tej hałdy jest zbudowany z klinkierów i paralał (białe skupienia na przedpolu to gips wokół wylotów siarkowych - pseudosolfatar)



Maciej Krajcarz

też rozwija się strefa pirometamorficzna. Pirometamorfizm to po prostu metamorfizm kontaktowy (termiczny) zachodzący w strefach pożarów paliw kopalnych. W efekcie przemian pirometamorficznych dochodzi do częściowego lub pełnego przetopienia skał pierwotnie towarzyszących pokładowi węgla. W pierwszym przypadku produktem są metapelity, czyli zmienione skały osadowe, w drugim zaś przypominające bazalt paralawy cordierytowe. Na górnośląskichwałdach wśród metapelitów spotyka się najczęściej czerwone, bogate w hematyt (Fe_2O_3), klinkiery. Jedne zachowują kształt macierzystych łupków, inne ulegają zaokrągleniu, a ich wnętrze w efekcie odgazowania stają się silnie porowate (pęcherzykowate). Paralawy cordierytowe są ciemne, czerwono-fioletowe do czarnych, pęcherzykowate, a ich bulasta i stalaktytowa struktura świadczy o tym, że powstawały w wyniku zastygnięcia ruchliwych porcji stopu. Poza paralawami cordierytowymi spotykamy nawałdach także paralawy metawęglanowe (określanie niekiedy jako *szlaki* lub *żuźle*),

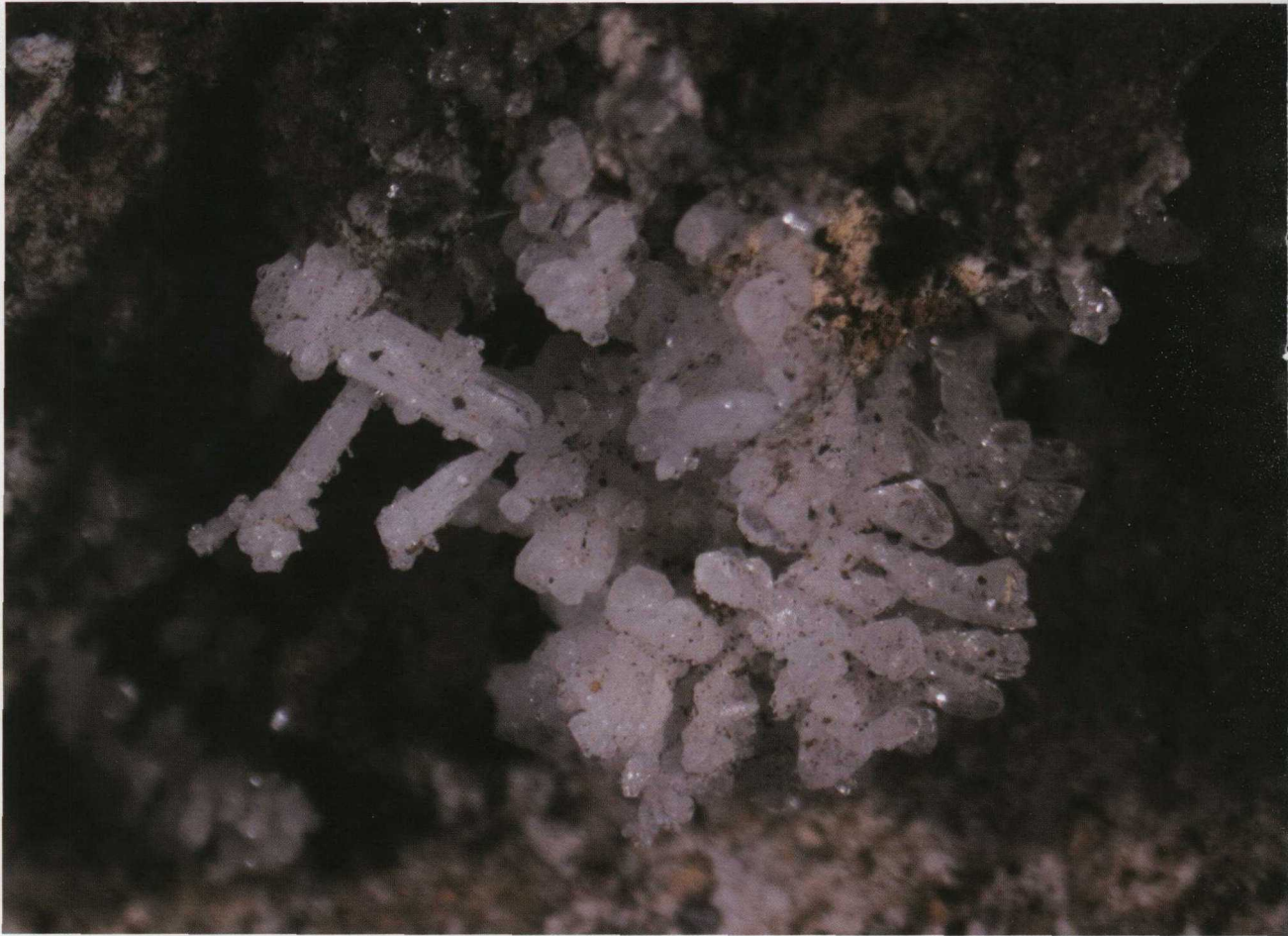
które tworzą się kosztem obecnych w niektórych złóżach węgla koncentracji węglanowych, np. sferosyderytów.

Szczelinami znajdującymi się powyżej ognisk migrują ku powierzchni gazy pożarowe, które stopniowo się schładzają. Znaczne porcje gazów mogą dzięki ochłodzeniu ulegać przypowierzchniowej kondensacji. W ten sposób na licznychwałdach tworzą się pseudofumarole. Te często zmineralizowane wyziewy praktycznie nie różnią się od fumaroli wulkanicznych ani wyglądem, ani składem, w ich obrębie spotyka się bowiem najczęściej siarkę i salmiak rodzimy (NH_4Cl). Temperatury kanałów pseudofumaroli mieszczą się w zakresie 90–300°C. Gdy ujście gazów na powierzchnię jest zablokowane, a temperatura utrzymuje się w zakresie 100–400°C, gazy te stają się agresywne wobec skał, przez które próbują się przedostać. Zachodzi wtedy chemiczne przeobrażenie materiału odpadowego, prowadzące do wydzielenia się stalaktytowych mas, tzw. skorup siarczanowych – jeśli strumienie gazowe były bogate w związki

Typowe dendrytowe naskorupienia salmiaku rodzimego na jednej z płonącychwałd – zupełnie takie same jak wulkaniczne

Mineralogia i petrologia płonących hałd górniczych

Łukasz Kruszewski



Dendrytowe skupienie
mikrokryształów
salmiaku rodzimego
o średnicy 1,4 cm
(znalazca: Tomasz Segít)

siarki – lub skorup chlorkowych, powstających przy przesyleniu strumieni chlorowodem. Skorupy siarczanowe zbudowane są z rozmaitych bezwodnych i uwodnionych siarczanów amonu (NH_4^+), glinu, żelaza, magnezu i wapnia.

W późnym etapie pożaru dochodzi do wtórnego przeobrażenia materiału odpadowego na powierzchni, w temperaturach raczej nieprzekraczających 50°C . Etap ten, zwany hipergenicznym, jest już tylko echem zachodzącego w głębi pożaru. Zasadniczym procesem tego etapu jest utlenienie zarówno rozproszonego w materiale odpadowym minerału zwanego pirytem (siarczek żelaza), jak i migrujących z głębi gazowych związków siarki (SO_2 , H_2S). Produkowany wówczas kwas siarkowy miesza się z lokalnymi wodami gruntowymi i opadowymi, a następnie zaczyna oddziaływać na otaczające skały. Ściany hałd pokrywają się wtedy mniej lub bardziej obfitymi, ziemistymi lub groniastymi, skupieniami mieszanin uwodnionych siarczanów sodu, potasu, magne-

zu, wapnia, glinu i żelaza, a niekiedy też amonu, o białej lub żółtej barwie.

Ziemskie niezemskie minerały

W skład paraw cordierytowych wchodzi między innymi minerały, które kojarzymy często z magmatyzmem, czyli ogółem procesów, które prowadzą do tworzenia się skał. Do minerałów tych należą: oliwiny ($(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$), wybitnie wapniowy plagioklaz – anortyt $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, czy klinopirokseny. Podobieństwo składu jest tu jednak złudne, wszystkie te minerały znamy bowiem również ze stref metamorfizmu kontaktowego. To samo tyczy się specyficznych składników paraw, tj. cordierytu-sekaninaitu oraz indialitu – odmian polimorficznych substancji $(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$. Niemniej jednak wyglądem parawy istotnie przypominają bazalty i podobnie jak one krystalizują ze stopu.

Jeśli wziąć pod uwagę skład chemiczny wspomnianego klinopiroksenu, można zauważyć inną analogię. Klinopiroksen z jednej z górnośląskich paraw można generalnie

określić jako diopsyd ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$), jednak wyjątkowo wzbogacony w glin, co tłumaczy się podstawieniem cząsteczki kushiroitu (CaAlAlSiO_6). Takie wysokoglinowe pirokseny są natomiast specyficzne dla niektórych meteorytów, podobnie jak oldhamit, siarczek wapnia, którego ziemskie wystąpienia są niemal całkowicie ograniczone właśnie do płonących hałd. Istotnie ten ostatni minerał jest jednym z głównych budulców parawy metawęglanowej napotkanej na hałdzie w Siemianowicach Śląskich, gdzie towarzyszy mu troilit (FeS) – wysokożelazista odmiana pirotynu, również specyficzna dla meteorytów. Wśród innych składników paraw metawęglanowych uwagę zwracają przede wszystkim ferryty wapniowe, a wśród nich faza CaFe_2O_4 (określana czasem jako *aciculit*), oraz minerał należący do szeregu peryklazwüstyt (Mg, FeO) (tzw. *ferroperylaz*) – obydwie te substancje są uważane za znaczące dla niektórych cech ziemskiego płaszczka.

Do minerałów zidentyfikowanych na hałdach Górnego Śląska, a znanych z otoczenia fumaroli wulkanicznych, gejzerów i gorących źródeł, należy, oczywiście wraz z siarką i salmiakiem rodzimymi, także kremersyt ($\text{NH}_4\text{K}_2[\text{FeCl}_5(\text{H}_2\text{O})]$), mascagnit ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, godowikowit ($\text{NH}_4)_2\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ (istotny budulec niektórych skorup siarczanych), ammonioalunit ($\text{NH}_4)_3\text{Al}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, ammoniojarosyt ($\text{NH}_4)_2\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ oraz minerały stwierdzone głównie w strefie hiperogenicznej – alunogen $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$, boussingaultyt ($\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, pickeringit $\text{MgAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$, metavoltyn $\text{K}_2\text{Na}_6\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_6(\text{SO}_4)_{12}\text{O}_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, tamarugit $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, thénardyt Na_2SO_4 . Niektóre z tych ostatnich nierzadko spotyka się też w strefach wietrzenia złóż kruszcowych, zwłaszcza z obszarów suchych. Do grupy tej należą również: butleryt $\text{Fe}(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, minerały z grupy copiapitu ($\text{Mg, Al}_{2/3}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}_{2/3}$) $\text{Fe}^{3+}_4(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$, coquimbait $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ i voltait $\text{K}_2\text{Fe}^{2+}_5\text{Fe}^{3+}_3\text{Al}(\text{SO}_4)_{12} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Na górnośląskich składowiskach występują też minerały znane z ewaporatów i wykwitów glebowych, np. blödyt $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, konyait $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ i löweit $\text{Na}_{12}\text{Mg}_7(\text{SO}_4)_{13} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$. Minerały płonących hałd mają wreszcie swoje odpowiedniki wśród produktów przemysłu hutniczego (np. magnesioferryt MgFe_2O_4 – ważny składnik

paraw metawęglanowych), cementowego (np. thaumasyt $\text{Ca}_3[\text{Si}(\text{OH})_6](\text{SO}_4)(\text{CO}_3) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) i ceramicznego (np. mullit $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ – ważny składnik klinkierów).

Nieznane przypadki skarbem dla nauki

Płonące hałdy górnicze są obiektami niezwykle aktywnymi geologicznie, a ich badania pozwalają przybliżyć różne, niekiedy skrajnie odmienne, środowiska naturalne. Co więcej, przy odrobinie szczęścia można w trakcie takich badań natrafić na substancje nieznane z występowania w naturze, niekiedy o ciekawych własnościach fizycznych i chemicznych. Przykładami takich substancji odkrytych w interesującym nas obszarze są fazy $\text{Fe}(\text{SO}_4)(\text{OH})$, NH_4SCN i bliżej nieokreślone halogenkowe połączenie wapnia, glinu i galu. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

- Kruszewski Ł. (2010). Pyrometamorphic formations of burning coal-mining dumps from the Upper Silesian Coal Basin, Poland – a comparative study. *International Journal of Coal Geology* [praca oddana do recenzji].
- Kruszewski Ł. (2009). *Zespoły mineralne powstające na objętych pożarami hałdach pogórnich Górnego Śląska*. Praca doktorska. Instytut Geochemii, Mineralogii i Petrologii, Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego.
- Sokol E.V., Maksimova N.V., Nigmatulina E.N., Sharygin V.V., Kalugin V.M. (2005). *Combustion metamorphism*. Publishing House of the SB RAS, Novosibirsk [w jęz. rosyjskim i częściowo angielskim].
- Srebrodolski B.I. (1989). Tajny Sezonnych Minerałów. *Nauka*, 59–119 [w jęz. rosyjskim].
- Wagner M. (1980). Przemiany termiczne węgla kamiennego w strefach pożarów hałd kopalnianych. *Zeszyty Naukowe AGH – Geologia*, 6 (2), 5–14.

Lukasz Kruszewski



Nerkowate skupienie mieszaniny złożonej głównie z godowikowitu, tworzącej skorupę siarczanową, o średnicy 1,2 cm