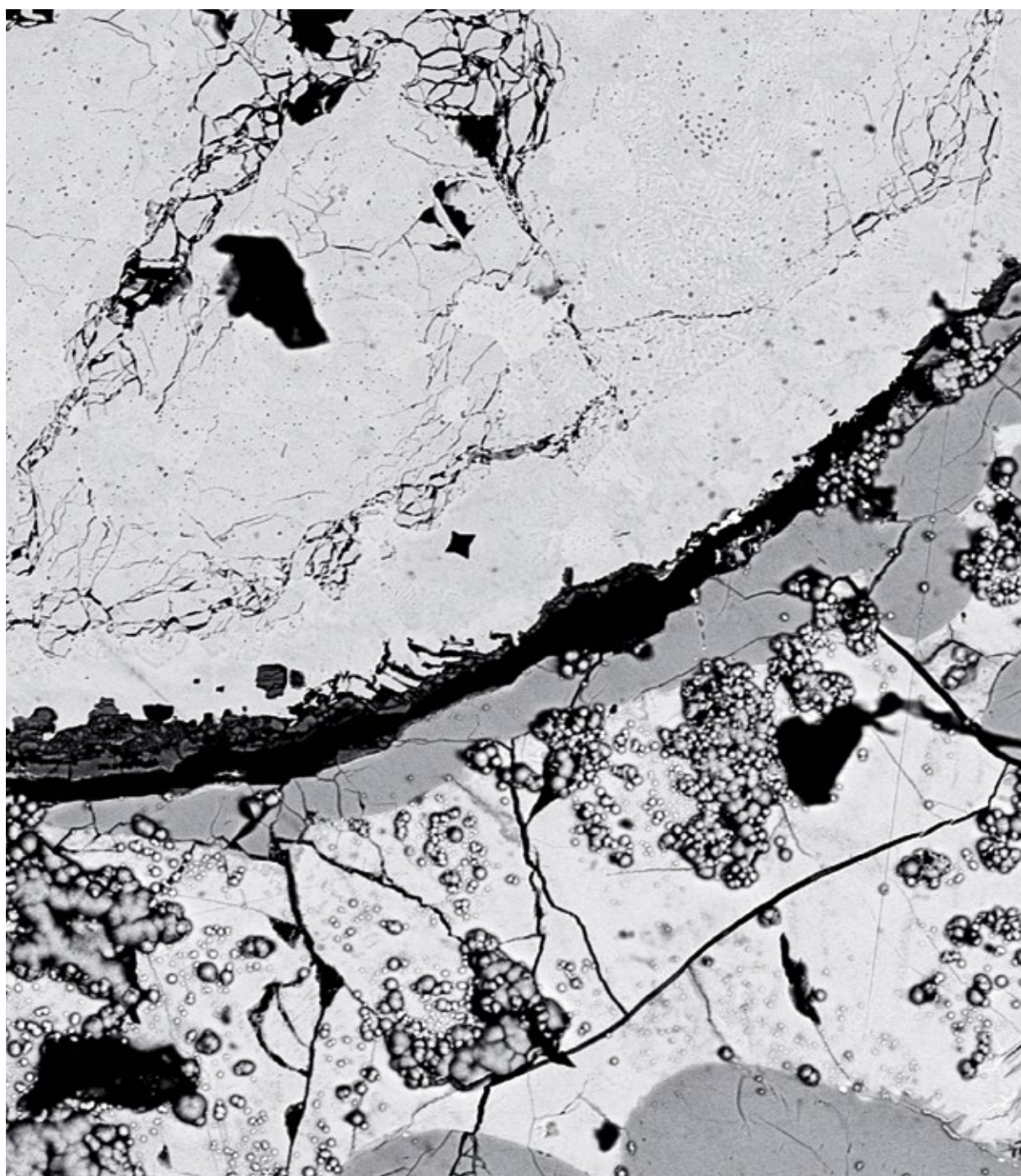


**Mgr Katarzyna
Kądziołka**

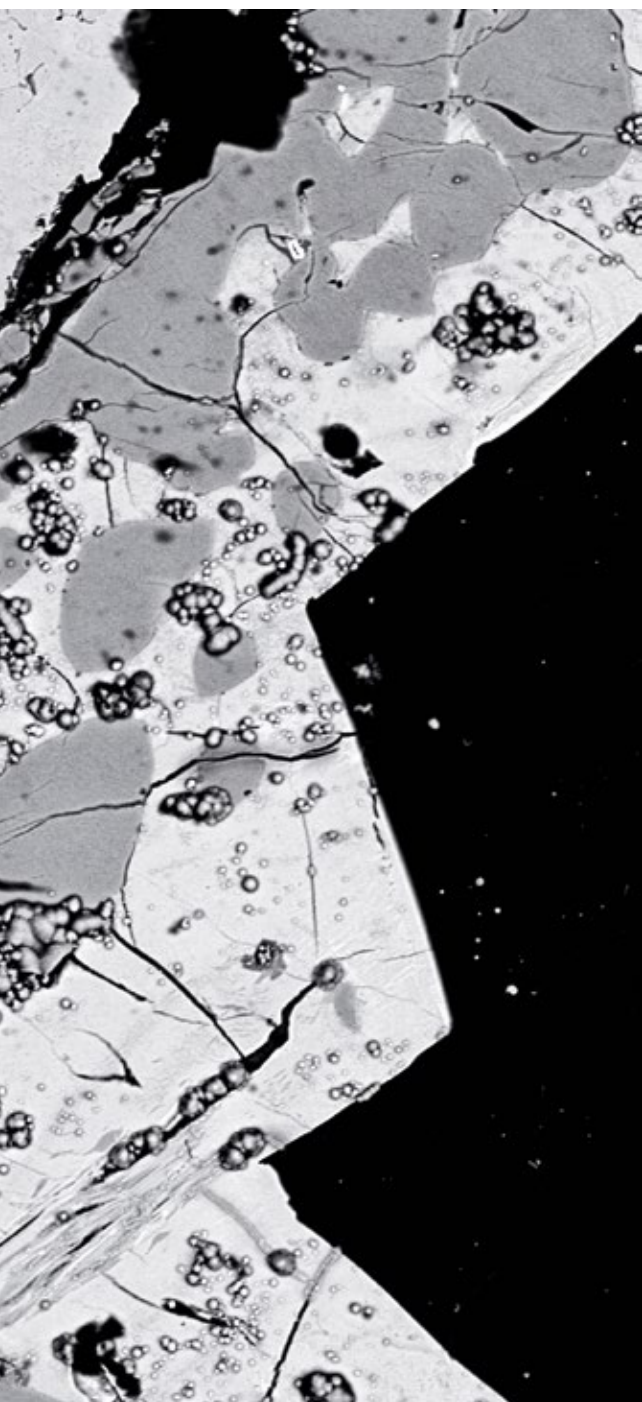
jest archeologiem i geologiem, absolwentką Uniwersytetu Wrocławskiego. Od 2017 r. przygotowuje rozprawę doktorską dotyczącą wpływu historycznych żużli hutniczych na środowisko naturalne w Zakładzie Petrologii Eksperymentalnej Wydziału Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska UWr. Laureatka „Diamentowego Grantu”. W ramach dodatkowych zainteresowań naukowych zajmuje się petroarcheologią – badaniem zabytków kamiennych i starożytnej ceramiki za pomocą metod petrograficznych.
katarzyna.kadziolka2
@uwr.edu.pl



ŻUŻLA ŻAL

Przypomina zastygłą lawę. Jest odpadem powstałym przy wytopie metalu. Jeśli się go składowuje, może mieć bardzo negatywny wpływ na środowisko. Ale jeśli znajdzie się sposoby na jego ponowne wykorzystanie – przyniesie wiele korzyści.

MGR KATARZYNA KĄDZIOŁKA



mgr Katarzyna Kądziołka

Uniwersytet Wrocławski

Skała wzbogacona minerałami kruszcowymi nazywana jest rudą. Po wydobyciu jest ona kruszona, separowana w wodzie, prażona, a następnie przetapiana w piecu hutniczym z odpowiednimi dodatkami, takimi jak paliwo. W wysokiej tempera-

turze dochodzi do rozdzielania płynnego metalu od pozostałych składników. W efekcie otrzymywane są dwa elementy: koncentrat metalu oraz odpad produkcyjny – żużel hutniczy.

W sensie chemicznym i mineralnym żużle hutnicze stanowią odpowiednik skał wulkanicznych, dlatego właśnie badane są przez geologów. Skały magmowe dzielimy na dwa podstawowe typy – plutoniczne, które stygły wolniej, w głębi Ziemi, oraz wulkaniczne, stygnące po erupcji. Odmienny czas chłodzenia skutkuje zmianą wyglądu skały. Zasadniczą różnicą jest wielkość wykrystalizowanych w niej kryształów. W skałach głębinowych, takich jak granit, temperatura spadała powoli, dzięki czemu kryształy są duże i widoczne makroskopowo. W skałach wylewnych – jak bazalt – niewiele można zaobserwować bez użycia mikroskopu. Dla żużli sytuacja jest jeszcze bardziej skomplikowana – przypominający lawę stop żużlowy rozgrzany jest do wyższej temperatury niż stop magmowy, a chłodzony jest znacznie szybciej. Z tego powodu większość próbek żużli nie posiada uporządkowanej struktury krystalicznej, czyli przypomina szkło. Występują w nich jedynie mikrometrowe zarodki krystalizacji minerałów, niemożliwe do rozpoznania pod mikroskopem optycznym. Dlatego charakterystyka próbek jest dość skomplikowana i wymaga użycia zaawansowanych sprzętów umożliwiających osiągnięcie dużych powiększeń (nawet powyżej 4000x).

Odpad

Naukowe zainteresowanie żużłami rośnie od lat 90. ze względu na niezwykle duży roczny przyrost materiału w skali świata i potrzebę jego utylizacji. Rośnie również świadomość zagrożenia dla środowiska, które niesie ze sobą niekontrolowane składowanie i wykorzystanie tego typu surowca. Zagrożenie to jest szczególnie wysokie w przypadku żużli powstałych w czasach historycznych. Poziom technologiczny procesu hutniczego był wówczas niższy niż współcześnie, przez co rozdział metalu od żużla był mało efektywny. Z tego powodu w niektórych odpadach zachowana została wysoka zawartość metali. Jeśli żużle są niewłaściwie przechowywane, szkodliwe pierwiastki uwalniają się do środowiska, skąd ostatecznie mogą trafić do organizmu człowieka – z mięsem, roślinami lub zanieczyszczonymi wodami powierzchniowymi czy podziemnymi.

W moich badaniach skupiam się przede wszystkim na aspekcie środowiskowym związanym z długotrwałą depozycją żużli w środowisku leśnym. Mobilność pierwiastków, czyli ich podatność na bycie uwalnianymi z odpadu i przemieszczanymi do gleby i wody, wynika z tego, w jakiej formie są one pierwotnie związane. Metale wbudowane w strukturę tlenków i faz krzemianowych (odpowiedniki minerałów) są znacznie mniej podatne na wietrzenie niż metale wbudowane

Wietrzejąca faza metaliczna, o składzie chemicznym trzech minerałów.

Najjaśniejszy odcień – pirotyt ($\text{Fe}_{(1-x)\text{S}}$), najciemniejszy – bornit (Cu_5FeS_4), pośredni – żelazo metaliczne (Fe). Śladem wietrzenia i uwalniania metali są skupienia okrągłych naskorupień (wypukłości na płaskim preparacie).

Szerokość obrazu to 300 μm .



P. DERKOWSKI

Ściana wybudowana z odlanych bloków żużla.

we wtórne siarczki, nieoddzielone od żużla podczas wytopu. Niestety, do problemu trzeba podchodzić ostrożnie. Żużle i fazy (sztuczne odpowiedniki minerałów) w nich występujące są materiałami syntetycznymi i mogą wykazywać większą zmienność niż to, co można obserwować w naturze. Z tego powodu uzyskane metodami petrograficznymi obserwacje potwierdzane są następnie w laboratorium. Odmienne typy żużli różnią się od siebie, zresztą, jak udało się wykazać, zmienność występuje nawet w przypadku żużli wytworzonych w podobnym czasie i z tej samej rudy. W związku z tym oddzielne symulacje środowiskowe dla różnych stanowisk są niezwykle istotne. Symulując opad atmosferyczny o niskim pH (kwaśne deszcze), rozpoznaliśmy, że badane żużle silnie neutralizują kwas i nie poddają się łatwo jego działaniu. Jest to ważna obserwacja, ponieważ właśnie w niskich warunkach pH najsilniej wymywane są toksyczne pierwiastki, głównie miedź, arsen, bar i kadm. Jednakże brak podatności na kwas nie zatrzymuje procesów wietrzeniowych. Krystalizujące na powierzchni żużli fazy wtórne – drobne kryształy w kolorze zielonym (zabarwienie związane z podwyższoną zawartością miedzi) – oraz wysoki poziom zanieczyszczenia okolicznych gleb, potwierdzają przedostawanie się metali do środowiska naturalnego. Naszym zadaniem jest zatem odkrycie, co jeszcze sprzyja wymywaniu metali z odpadów i jak zaawansowane jest zanieczyszczenie, które postępuje od ponad stu lat. W dalszych badaniach zamierzam również zaproponować sposób remediacji okolicy dawnej huty, gdzie zalegają odpady. Zastosowanie odpowiednich roślin, tak zwanych bioakumulatorów, które posiadają zdolność gromadzenia toksycznych pierwiastków w swoich tkankach, może pozwolić na oczyszczenie badanego terenu.

Dziedzictwo

Badania żużli hutniczych nie dotyczą jedynie zagadnień środowiskowych. W przypadku materiałów historycznych otwiera się cała gama możliwości związanych z rekonstruowaniem dawnego procesu technologicznego wytapiania metalu. Zapotrzebowanie na tego typu wyniki jest duże, szczególnie wśród historyków

i archeologów. A stawka jest wysoka – podczas wytopu prowadzonego 200 lat temu, niektórych parametrów zwyczajnie nie dało się zmierzyć. Nowożytnie huty prowadziły niekiedy zapiski, w których odnotowywano szczegóły związane z wytopem, ale – jeśli w ogóle zachowane – zawarte w księgach informacje są niepełne i/lub niedokładne. Te niepewności mogą zostać rozwiane w wyniku poprawnej interpretacji wskazówek zapisanych w składzie chemicznym żużli. Podczas reakcji chemicznych utleniania żelaza i pozostałości siarki w piecu hutniczym, do żużla odprowadzane są wszystkie niepotrzebne (niemetaliczne) składniki – przetopione zanieczyszczenia rudy, pozostałości paliwa i topnika. Te zanieczyszczenia pozostawiają po sobie ślady, które możemy potem interpretować. Przykładowo – wysoka zawartość siarki w odpadzie wynika prawdopodobnie z tego, że ruda we wstępnym procesie obróbki nie została odpowiednio wyprażona. W efekcie siarka – pierwotnie związana w minerałach rudnych (siarczkiach) – nie została odprowadzona z układu w postaci gazowej (SO₂). Co ciekawe, wytopiony metal nie nadaje się do tego typu analiz, ponieważ stanowi koncentrat pierwiastka (miedzi, cynku, ołowiu, żelaza etc.) oczyszczony ze składników wskaźnikowych.

Surowiec

Ze względu na to, że współczesny przemysł dostarcza rocznie setki tysięcy ton żużli, istotnym zagadnieniem jest możliwość ich ponownego wykorzystania. Materiał może być z powodzeniem zastosowany jako dodatek do cementów, nawóz, kruszywo drogowe, a nawet surowiec budowlany, jeśli zostanie wcześniej odpowiednio „oczyszczony” i zneutralizowany. To oczyszczenie polega na usunięciu z żużla cennych, choć często jednocześnie szkodliwych, pierwiastków. Nawet współcześnie w odpadzie pozostaje stosunkowo wysoka ilość np. pierwiastków ziem rzadkich (REE) czy samego pierwiastka, który odzyskuje się podczas wytopu. Problem stanowi zaprojektowanie odpowiednio optymalnego procesu, aby firmy nie musiały ponosić zbyt wysokich kosztów związanych z przygotowaniem żużli do alternatywnego wykorzystania. Po odnalezieniu rozwiązania odpady nie będą musiały być przechowywane na składowiskach. Będziemy w stanie prowadzić gospodarkę o układzie zamkniętym – produkowane odpady staną się wtórnym surowcem i ograniczą eksploatację zasobów skalnych, których ilość jest mimo wszystko limitowana.

KATARZYNA KĄDZIOŁKA

Opisane badania są finansowane ze środków budżetowych na naukę w latach 2016–2018 jako projekt badawczy w ramach programu „Diamantowy Grant”, decyzja: 0233/DIA/2016/45.

Chcesz wiedzieć więcej?

Stolarczyk T., Kobyłańska M., Kierczak J., Madziarz M., Garbacz-Klempka A. (2015). *Leszczyna. Monografia ośrodka górnictwa i metalurgii rud miedzi*. Fundacja Archeologiczna Archo: Radziechów.

Potysz A., Van Hullebusch E. D., Kierczak J., Grybos M., Lens P.N.L. & Guibaud G. (2015). *Copper Metallurgical Slags – Current Knowledge and Fate: A Review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 45, 2424–2488.

Kierczak J., Neel C., Aleksander-Kwaterczak U., Helios-Rybicka E., Brill H., Puziewicz J. (2008). *Solid speciation and mobility of potentially toxic elements from natural and contaminated soils: A combined approach. Chemosphere* 73 (5), 776–784.



S M O G

w y d a n i e s p e c j a l n e

ACADEMIA

w w w . n a u k a o n l i n e . p l