



Wstępne wyniki badań mineralizacji Au-Ag-Te, REE i PGM w złożach Fe-Ti-V suwalskiego masywu anortozytowego (północno-wschodnia Polska)

Michał Ruszkowski¹



Preliminary results of research on the Au-Ag-Te, REE and PGM mineralization in the Fe-Ti-V deposits of the Suwałki Anorthosite Massif (NE Poland). *Prz. Geol.*, 66: 219–221.

Abstract. Unique grain and nest-like accumulations of REE (La, Ce and Nd) nanoforms and precious (gold, platinum) elements were described from the Suwałki Anorthosite Massif (SAM). The dimensions of these forms vary from 15 to 175 μm in diameter in Ni and Co sulphides, reaching 450 μm in diameter in Cu sulphides. In the hydrothermally modified ore mineralization, separate small dispersed minerals of Te are visible. Numerous small inclusions of Te-minerals (0.4–0.7 mass %) were identified in hydrothermal Fe-Cu-Co-Ni sulphides, especially in millerite. They are grouped in small forms that are elongated directly along the flow of hot solutions, 2–4 μm in size of a single inclusion. New results of polymetallic and precious metal sulphides together with dispersed REE mineralization may increase an economic value of the documented Fe-Ti-V deposits within the SAM.

Keywords: precious and REE elements, Suwałki Anorthosite Massif, sulphides

Suwalski masyw anortozytowy (SAM), wraz z rozpoznanymi rudami Fe-Ti-V, jest fragmentem większej jednostki geologicznej pochodzenia magmowego – kompleksu mazurskiego. Zajmuje on północno-wschodni obszar polskiej części kratonu wschodnioeuropejskiego. Struktura ta rozciąga się w kierunku wschód–zachód, równoległe do północnej granicy Polski. SAM znajduje się pod ok. 800-metrową pokrywą młodszych skał osadowych, zajmuje obszar 250 km², a jego centralną część stanowią anortozyty masywne otoczone pierścieniami norytów i gabronorytów. Skały te należą do facji skał magmowych typu AMCG (anortozyt-mangeryt-czarnockit-granit rapakivi) (Wiszniewska, 2002).

Dzięki szeroko zakrojonym i systematycznym pracom geologiczno-poszukiwawczym na Pojezierzu Suwalsko-Agustowskim w latach 60. XX w. zostały odkryte i udokumentowane bardzo duże złoża wanadonośnych rud tytanomagnetytowych – Krzemianka i Udryn – oraz dwa obszary perspektywiczne – Jeleniewo i Jezioro Okrągłe. Na podstawie kryteriów bilansowości opracowanych w 1974 r., udokumentowane zasoby złóż położonych na głębokości 800–2300 m wynoszą łącznie 1,5 mld t rudy o zawartości średnio ok. 28% żelaza, 7% tlenku tytanu i 0,3% tlenku wanadu oraz 1–4% siarczków Fe-Cu-Co-Ni i innych pierwiastków strategicznych (Wiszniewska, 1993, 1998, 2002). Skały te były obiektem badań podczas planowania Suwalskiego Okręgu Rud Żelaza.

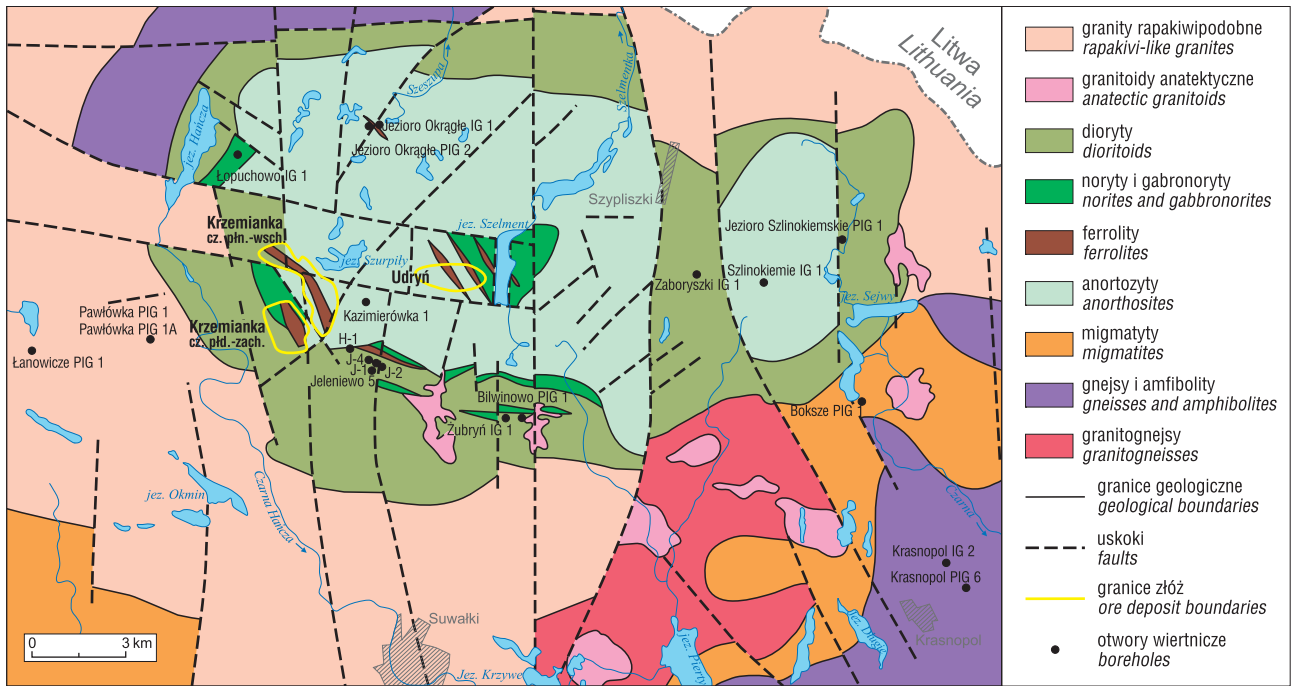
Mineralizacja rudna charakteryzuje się dużą zmiennością składu i form wykształcenia. Rudy zawierają 25–90% objętościowych minerałów kruszcowych i są zbudowane głównie z tytano- i wanadonośnego magnetytu, ilmenitu, hematytu-ilmenitu, ulvöspinelu oraz spinelu o składzie hercynit-pleonast, tytanitu oraz podrzędnie siarczków żelaza, miedzi, kobaltu i niklu, takich jak: pirotyt, pentlandyt, pirytyt, markasyt, bravoit, chalkopirytyt, kubanit, sfaleryt,

linneit, milleryt, mackinawit i chalkozyn (Wiszniewska, 2002). Kruszcze te współwystępują z tlenkami w postaci agregatów lub tworzą agregaty monomineralne. Najczęściej są jednak spotykane w formie odmieszkań.

WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ

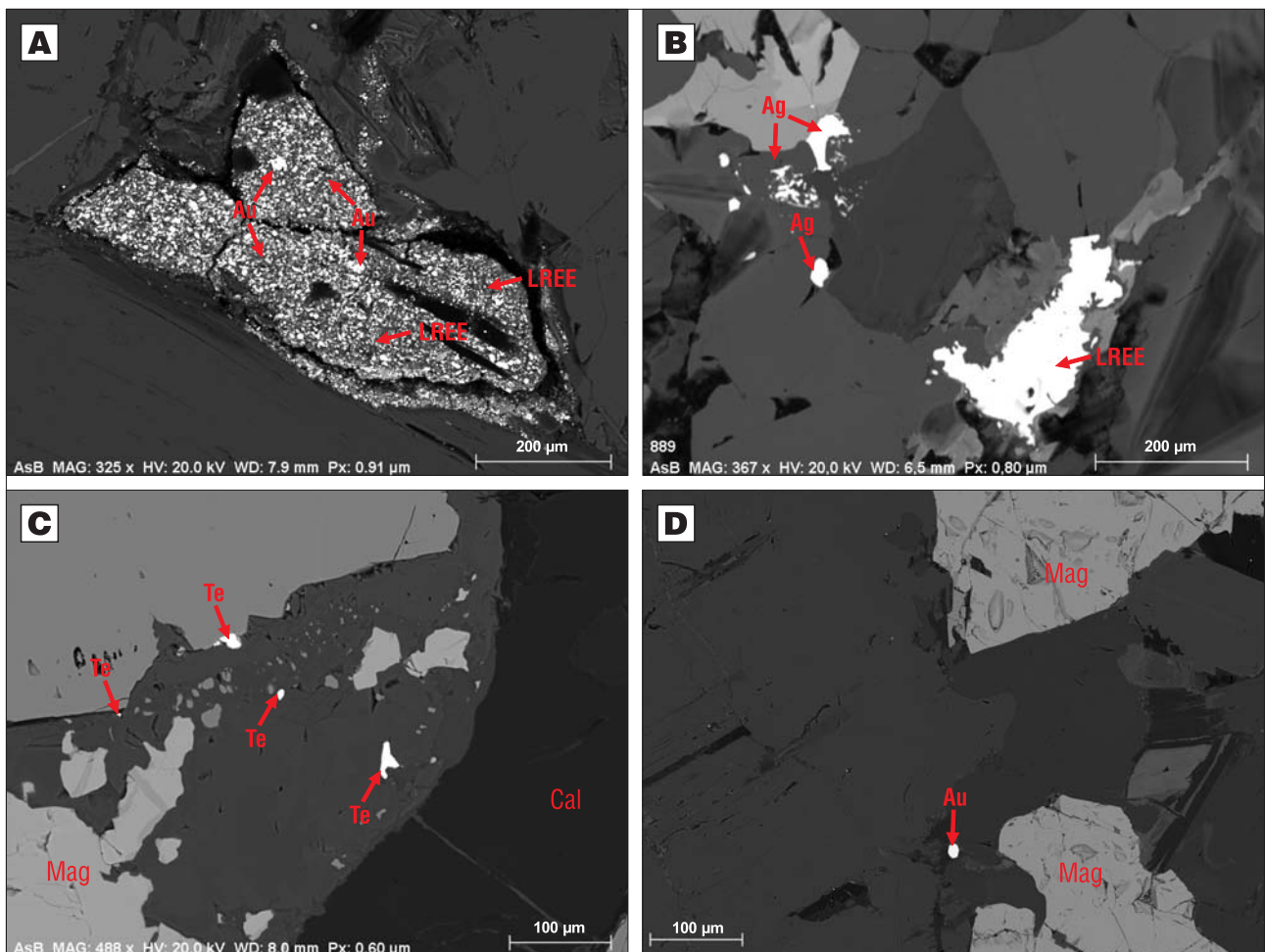
Podstawę rozpoznania minerałów pierwiastków szlachetnych stanowiło 170 próbek siarczków z 14 otworów wiertniczych zlokalizowanych na terenie złóż Krzemianka, Udryn i obszarów rudnych Jeleniewo i Jezioro Okrągłe (ryc. 1). Dzięki badaniom w mikroobszarze, na aparaturze SEM-EDS i EPMA (Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego), rozpoznano nagromadzenia kruszców złota i srebra stowarzyszonego z koncentracjami minerałów LREE oraz przejawami mineralizacji tellurowej. W dużych kryształach siarczków Cu, Ni, Co są obecne domieszki minerałów ziem rzadkich LREE, m.in. La, Ce i Nd (o składzie zbliżonym do monacytu i bastnäsytu), oraz pierwiastków szlachetnych złota, srebra i platyny. Przyjmują one postać form gniazdowych o bardzo skomplikowanej budowie wewnętrznej (ryc. 2A), których średnice w siarczkach Ni i Co wahają się średnio od 15 do 175 μm średnicy, a w siarczkach Cu dochodzą do 450 μm . Na kontakcie siarczków z minerałami pochodzenia hydrotermalnego formy te przyjmują kształty eliptyczne i wydłużone, przekraczające 800 μm długości i 250 μm szerokości. W strukturach tych są widoczne duże samodzielne złocińny o średnicy do 45 μm , z wyraźnie zaznaczającymi się wydłużonymi wrostkami minerałów z grupy platynowców (PGM). Wrostki te osiągają 8 μm długości i 4 μm szerokości. W gniazdowych skupieniach główną masę mineralną stanowi złożona mieszanina minerałów LREE, srebra i resztkowych wtrąceń siarczków je otaczających. Dzięki badaniom EDS zaobserwowano słabo widoczną zonalność

¹ Instytut Geochemii, Mineralogii i Petrologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; ruszkowskimichal@wp.pl.



Ryc. 1. Mapa geologiczna anortozytowego masywu suwalskiego z zaznaczonymi obszarami złóżowymi (wg Ryki, Subiety, Kubickiego; zmieniona Cymerman, 2014)

Fig. 1. Geological map of the Suwałki Anorthosite Massif with marked deposit areas (based on Ryka, Subieta, Kubicki and Ryka; modified Cymerman, 2014)



Ryc. 2. A – gniazdowe nagromadzenie LREE i Au; B – koncentracje minerałów LREE oraz przejawy mineralizacji tellurowości; C – mineralizacja telluru w strefie zmienionej hydrotermalnie; D – samodzielne nagromadzenie złota

Fig. 2. A – nestlike accumulations of REE (La, Ce and Nd) nanoforms and gold; B – concentrations of LREE minerals and accumulations of silver mineralization; C – mineralization of tellurium in the hydrothermally modified zone; D – independent accumulations of gold

rozmieszczenia specyficznych pierwiastków szlachetnych. Wydzielenia gniazdowe wykazują również skłonność do grupowania się w rozleglejsze struktury, jednak nie zano-towano wyraźnych tendencji kierunkowych. Tego typu formy nie były dotąd obserwowane w rudach Fe-Ti-V w SAM.

Równie licznie, co opisane wcześniej struktury gniazdowe, występują duże skupiska monacytów – nośników LREE, stowarzyszone z mineralizacją srebra (ryc. 2B). Struktury tego typu są bardzo często zlokalizowane na kontakcie norytów z anortozytami. Należy zaznaczyć, że są one bardzo rozproszone. Skupiska LREE osiągają rozmiary ok. 200 μm długości i 40 μm szerokości. Towarzyszące im minerały srebra mają 15–45 μm . Średnia zawartość srebra waha się w nich między 42 a 65% masowych.

W strefach rudnych, zmienionych wtórnie hydrotermalnie, są widoczne samodzielne, drobne, rozproszone minerały telluru, których wielkość nie przekracza 25 μm (ryc. 2C). Najczęściej obserwuje się formy pojedynczych wtrąceń o rozmiarach 4–10 μm . Analizy geochemiczne wielu skupień tego typu w hydrotermalnych siarczach wykazały, że zawierają one od 0,4 do 0,7% masowych Te, zwłaszcza odmieszanych w millerycie. Są one zazwyczaj zgrupowane w małe skupienia, które układają się zgodnie z przepływem gorących roztworów, penetrujących strefy rudne.

Kolejną grupę wydzieleni mineralnych stanowią odizolowane, bardzo rozproszone nagromadzenia złota (ryc. 2D). Występują one niezwykle rzadko. Nie zaobserwowano skupień tego typu złożonych z więcej niż czterech minerałów. Pojedyncze kruszce osiągają maksymalnie do 20 μm średnicy. W kilku odnalezionych ziarnach rozpoznano drobne submikroskopowe wrostki minerałów PGE.

DOTYCHCZAS OPISANE PRZEJAWY KRUSZCÓW Au-Ag-Pd W MASYWIE SUWALSKIM

Pierwsze wzmianki o występowaniu skupień złota rodzimego można odnaleźć w notatkach technicznych Kubickiego i Siemiątkowskiego z lat 1979/1980. Opisano w nich śladowe wystąpienia minerałów: Pb, Ag, Se, Te i Mo, niestety bez bliższych danych (Kubicki, Siemiątkowski, 1979). Drobne samodzielne formy Au zostały szerzej opisane w masywie suwalskim przez Salamona (Salamon, 1995; Salamon, Banaś 2000). Jego niedokończona praca habilitacyjna i notatki z badań petrograficznych autora zostały skatalogowane i zarchiwizowane przez Banasia. Salamon prowadził swoje obserwacje nad mineralizacją kruszcową z rdzeni wiertniczych z jednego pola rudnego w rejonie Krzemianki. W obecnych tam siarczach dostrzegł drobne odmieszania mineralne, których cechy w świetle odbitym wskazywały na występowanie szlachetnych faz mineralnych. Zostało to potwierdzone dzięki dokładnym analizom chemicznym wykonanym przez Kubicę (Salamon, Banaś, 2000).

Podczas kolejnych, wspólnych badań grupy Banasia i Kubicy stwierdzono obecność submikroskopowego agregatu minerałów Pt-Au-Ag-nośnych. Określono występowanie minerałów takich jak: merenskit PdTe_2 , hessyt Ag_2Te z domieszkami Pd (do 1,4% Pd) i Te-electrum (81,80% Au, 11,90% Ag, 3,15% Te). Prawdopodobna jest również obecność stuetzytu Ag_5-xTe_3 , empressytu

(Ag, Pd)Te, sopcheitu $\text{Ag}_4\text{Pd}_3\text{Te}_4$ lub pokrewnych tellurków Ag i Pd (Salamon i in., 2004).

W literaturze przedmiotu są również opisywane wielomineralne skupienia kruszcowe Au-Ag-Pt w kształcie żyłek (Salamon i in., 2004). Kruszce tego typu są zlokalizowane na styku chalkopiryty i minerałów płonnych. Te bardzo drobne skupienia, o wymiarach $100 \times 5 \mu\text{m}$, tworzą wg autorów strukturę epigenetyczną, jest ona formą obcą w stosunku do otaczającego zespołu minerałów (Salamon, Banaś, 2000). Opisany submikroskopowy wrostek mineralny został poddany szczegółowym badaniom mikroskopowym pod bardzo dużymi powiększeniami w imersji i ujawnił zrost kilku faz mineralnych, nieznanych dotychczas w badanej paragenzie (Salamon i in., 2004). Bardzo małe wymiary ziaren, rzędu nawet kilku mikronów, uniemożliwiały pełne i zadowalające określenie lub pomiar niektórych ważnych cech optycznych i fizycznych rozpoznawanych kruszców. Według badaczy, stwierdzona obecność metali szlachetnych w postaci własnych faz mineralnych może świadczyć o zaistnieniu w złożu określonych warunków fizyczno-chemicznych sprzyjających tworzeniu się takiej mineralizacji oraz sugerować znalezienie dalszych ich skupień.

PODSUMOWANIE

Wyniki dotychczasowych prac petrograficznych i geochemicznych nad zjawiskiem występowania licznych zespołów mineralnych zawierających Au, Ag, Pd, Pt, Te w siarczach Cu-Ni-Co-Fe w rudach masywu suwalskiego mogą wskazywać na ich wieloetapową genezę. Różne formy krystalizacji gniazdowych skupień świadczą o zmieniających się warunkach temperatury i ciśnienia podczas procesów ich krystalizacji i późniejszej długotrwałej ewolucji. Opisane nowe przejawy mineralizacji pierwiastkami szlachetnymi i REE są związane z późniejszym, nieopisanym stadium działalności hydrotermalnej w SAM (Salamon, Banaś, 2000).

LITERATURA

- CYMERMAN Z. 2014 – Analiza strukturalno-kinematyczna i mezo-proterozoiczna ewolucja tektoniczna masywu suwalskiego i jego otoczenia (NE Polska). Pr. Państw. Inst. Geol., 201: 14.
- KUBICKI S., SIEMIĄTKOWSKI J. 1979 – Mineralizacja kruszcowa suwalskiego masywu zasadowego. Biul. Inst. Geol., 316: 5–136.
- SALAMON W. 1995 – Mineralogia i geochemia ród złoża „Krzemianka”. Praca habilitacyjna nieukończona z powodu śmierci autora. Bibl. AGH.
- SALAMON W., BANAŚ M. 2000 – Przejawy mineralizacji: Au-Ag, Pd-Pt-Te, Pb-Se w złożu rud tytanomagnetytowych „Krzemianka” (suwalski masyw zasadowych). Prz. Geol., 48 (2): 120.
- SALAMON W., BANAŚ M., KUBICKI J. 2004 – An occurrence of PGM and Ag tellurides and Te-bearing electrum in the Krzemianka Fe-Ti-V deposit (Suwałki Anorthosite Massif, NE Poland). Min. Pol., 35 (1): 35–46.
- WISZNIEWSKA J. 1993 – Mineralizacja kruszcowa w skałach masywu suwalskiego. Przewodnik LXIV Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, 29–36.
- WISZNIEWSKA J. 1998 – Mineralogy of the Fe-Ti-V ores of the Suwałki anorthosite Massif. [W:] Geology of the Suwałki anorthosite Massif (northeastern Poland). Pr. Państw. Inst. Geol., 161: 134–152.
- WISZNIEWSKA J. 2002 – Wiek i geneza rud Fe-Ti-V i skał towarzyszących w suwalskim masywie anortozytowym (północno-wschodnia Polska). Biul. Państw. Inst. Geol., 401.

Praca wpłynęła do redakcji 14.02.2018 r.

Akceptowano do druku 15.02.2018 r.