

POSZUKIWANIA I ROZPOZNAWANIE ZŁÓŻ METALI W MONGOLII

PROSPECTING AND EVALUATION OF MINERAL DEPOSITS IN MONGOLIA

TOMASZ ĆWIERTNIA¹, JADWIGA PIECZONKA¹, ADAM PIESTRZYŃSKI¹, WŁADYSŁAW ZYGO¹

Abstrakt. W latach 2007–2009 przeprowadzono w Mongolii szereg badań terenowych, mających na celu poszukiwanie złóż surowców metalicznych. Łącznie spenetrowano pięć różnych obszarów, z których jeden znajdował się na wschód od stolicy, a pozostałe w zachodniej części Centralnej Mongolii (województwo Bayankhongor). Prace polowe polegały na identyfikacji obiektów geologicznych, wstępnej weryfikacji odsłoneń przydatnych do oceny surowcowej badanych obszarów oraz na pobraniu próbek szlichowych, bruzdowych i mineralogicznych. W wielu miejscach stwierdzono obecność utlenionych minerałów miedzi, a w jednym – bogatą w siarczki wychodnię silnie okwarcowanych skał. Na obszarze oznaczonym jako M2, stwierdzono również obecność stref zawierających okruszcowanie typu Ni–Cu w serpentynitach. Analizy chemiczne potwierdziły trafność wyboru miejsc do dalszych badań. Ocenie złożowej poddano również dokumentowane wcześniej złożo W–Sn–Mo Bayantsogt-Tubszin i złożo żyłowe złota Tsagaan Tsakhir Uul.

Słowa kluczowe: poszukiwania rud metali, złoża metali, Mongolia.

Abstract. In the period of 2007–2009 three geological reconnaissance prospecting for metalliferous deposits in five areas of the central part of Mongolia were carried out. Four areas are close to the north edge of the Gobi Desert (Bayankhongor province), and one is located eastwards from the country capitol. All prospecting works were organized by scientist and students from Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection from AGH-University of Science and Technology in Kraków, Poland. Field works were focused on identification of outcrops, macroscopic recognition of metalliferous mineralization and sampling. As a results, several places containing interesting oxides and sulphides copper mineralization have been found. Within the M2 area, places containing Ni–Cu type of occurrences have also been identified. Moreover geological information about Bayantsogt-Tubszin W–Sn–Mo and Tsagaan Tsakhir Uul Au deposits were verified.

Key words: ore prospecting, metalliferous deposit, Mongolia.

WSTĘP

W latach 2007–2009 zorganizowano trzy wyprawy do Mongolii, w których uczestniczyło 19 studentów specjalności GPZ (Geologii i Prospekcji Złóż), pod kierownictwem pracowników Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie, dr inż. J. Pieczonki i prof. A. Piestrzyńskiego. Celem prac rekonesansowych było poszukiwanie złóż surowców metalicznych, metali szlachetnych i metali kolorowych, prowadzone we wschodniej i w

północnej strefie Pustyni Gobi, w zachodniej części Centralnej Mongolii oraz na obszarze Bayantsogt, położonym na wschód od Ułan Bator (fig. 1). Zadania te były realizowane przy udziale strony mongolskiej, która zabezpieczała logistykę na terenie swojego kraju. Wstępne wyniki prac wykonanych w roku 2007 zaprezentowano na I Kongresie Geologicznym (Piestrzyński, Pieczonka, 2008).

¹ Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: tcwiertnia@geol.agh.edu.pl, jpieczon@geolog.geol.agh.edu.pl, piestrz@geol.agh.edu.pl, wzygo@geol.agh.edu.pl

OBSZAR BAYANTSOGT – ZŁOŻE CYNY BAYANTSOGT-TUBSZIN

W Mongolii wyróżnia się dwie prowincje: Centralno-Azjatycką i Południowo-Mongolską. Pierwsza z prowincji dzieli się na trzy subprowincje: Mongolsko-Ałatajską, Changajską i Centralno-Wschodnio-Mongolską, z których każda zawiera złoża grejzenowe. Tylko w drugiej prowincji wyróżniane są cztery mniejsze jednostki metalogeniczne, nazywane strefami (Gundsambuu, 2004). Rozpoznano dwa typy granitów, przypisując im rolę skał goszczących złoża grejzenowe. Złoża wolframu są związane z leukogranitami typu potasowego, zaś złoża Sn, W, Li, Be, Ta, Nb i ziem rzadkich, współwystępują z granitami typu Li-F. W granitoidach typu litytowego, które są związane z działalnością ryftową, spotykane są złoża W, Sn, Cu, Mo, Au, Ag (*op. cit.*). Według klasyfikacji Miniar i Piccoli (1989), są to najprawdopodobniej granity typu RRG (*rift-related granitoids*).

W roku 2007, wykonano prace dokumentacyjne na złożu W-Sn-Mo Bayantsogt-Tubszin, zlokalizowanym w odległości około 150 km na wschód od Ułan Bator, w subprowincji Centralno-Wschodnio-Mongolskiej (fig. 1). Prace polegały na zidentyfikowaniu obiektu, określeniu jego granic oraz wykonaniu badań mineralogicznych. Na tym obszarze, w latach 80. ubiegłego wieku były już prowadzone przez geologów radzieckich prace rozpoznawczo-dokumentacyjne. Miejsca prac terenowych były łatwe do zidentyfikowania. Po wierceniach pozostały niezabezpieczone resztki rdzeni, z widocznym makroskopowo okruszcowaniem. Ślady bogatego okruszcowania napotkano również w wykopanych szurfach oraz na zboczach góry (1700 m n.p.m.) (fig. 2A). W pobliżu złoża pierwotnego istnieje mała kopalnia wolframu (prawdopodobnie kapitał chiński), wykorzystująca aluwia i deluwia z pobliskiej doliny do produkcji koncentratów wolframu. Na obszarze tym pracują również nielegalni górnicy nazywani „ninja”, produkujący ręcznie koncentrat wolframowy.

W złożu Bayantsogt-Tubszin wydzielono dwa stadia i siedem asocjacji mineralnych. Wyróżniono stadium kwarcowo-muskowitowe z wolframitem i polimetaliczno-siarczokowe. W zebranych próbkach zidentyfikowano bogate i różnorodne okruszcowanie, składające się z: arsenopiryty, piryty, chalkopiryty, sfaleryty, wolframitu, molibdenitu (fig. 2B), galeny, stanninu, schapbachitu, kosality, bizmutynitu i bizmutu rodzimego. Na pozyskanym materiale wykonano analizy chemiczne sprawdzające, które wykazały zawartość Mo do 0,2%, W do 0,7%, Sn do 0,04%, Cu do 0,09%, Pb do 0,53%, Zn do 0,32%, As do 0,32%, Bi do 240 ppm, Au do 0,115 ppm oraz Ag do 60 ppm. Badany obiekt określono jako mały i wymagający dodatkowego rozpoznania. Brak rdzeni i wtórników próbek analizowanych chemicznie nie pozwoliły na tym etapie badań na określenie faktycznej wartości złoża.

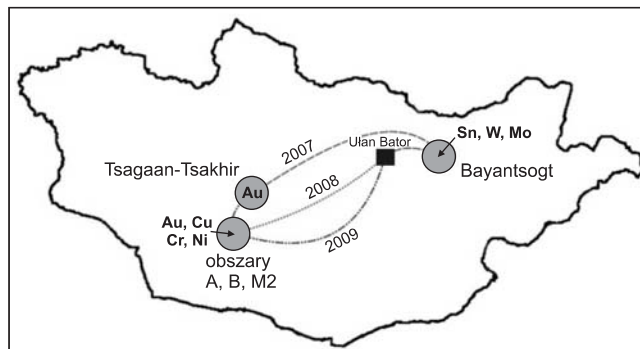


Fig. 1. Miejsca poszukiwań złóż rud metali w Mongolii przez geologów z Akademii Górniczo-Hutniczej W Krakowie

Targets of exploration for metalliferous deposits by AGH geologists, Mongolia

OBSZAR BAYANKHONGOR – ZŁOŻE ZŁOTA TSAGAAN TSAKHIR UUL

W roku 2007 wykonano również rozpoznanie mineralogiczno-złożowe mezotermalnego złoża złota Tsagaan Tsakhir Uul, znajdującego się w ajmaku (województwo) Bayankhongor, w zachodniej części centralnej Mongolii (fig. 1). Wstępne informacje na temat tego złoża przedstawiono w dwóch publikacjach (Piestrzyński, Pieczonka, 2008, 2009).

Złożo jest związane ze strefą kontaktową różnowiekowych granitoidów i ryfejskich osadów klastyczno-węglanowych (Teraoka i in., 1996; Tomurtogoo i in., 2006). W strefie tej udokumentowano 55 żył kwarcowych. Pod względem genetycznym wyróżniono żyły:

- pochodzenia metamorficznego, występujące w proterozoicznych łupkach, zlokalizowane w zachodniej części obszaru;

- typu epitermalnego, kwarcowo-kalcytowe, zlokalizowane w strefie uskoku Tsagaan Tsakhir Uul;
- typu mezotermalnego, kwarcowe, z niewielką ilością siarczków, o zawartości 0,5–750 ppm złota rodzimego.

Złoto stwierdzono w żyłach typu mezotermalnego. Badania mineralogiczne wykazują, że na etap mezotermalny nałożyło się okruszcowanie etapu epitermalnego. Wystąpienia złota rodzimego są kontrolowane przez systemy drobnych spękań (fig. 2C). Poza złotem rodzimym (fig. 2D) zidentyfikowano liczne minerały kruszcowe, takie jak: piryty, arsenopiryty, chalkopiryty, tennantyt, galenę, sfaleryt, kowelin, boulangeryt, bournonit, chalkozyn, enargit, petzyt, hessyt, ałtait, nagyagit, wołyńskit, krenneryt, tellurobismutyty i wehrilit.

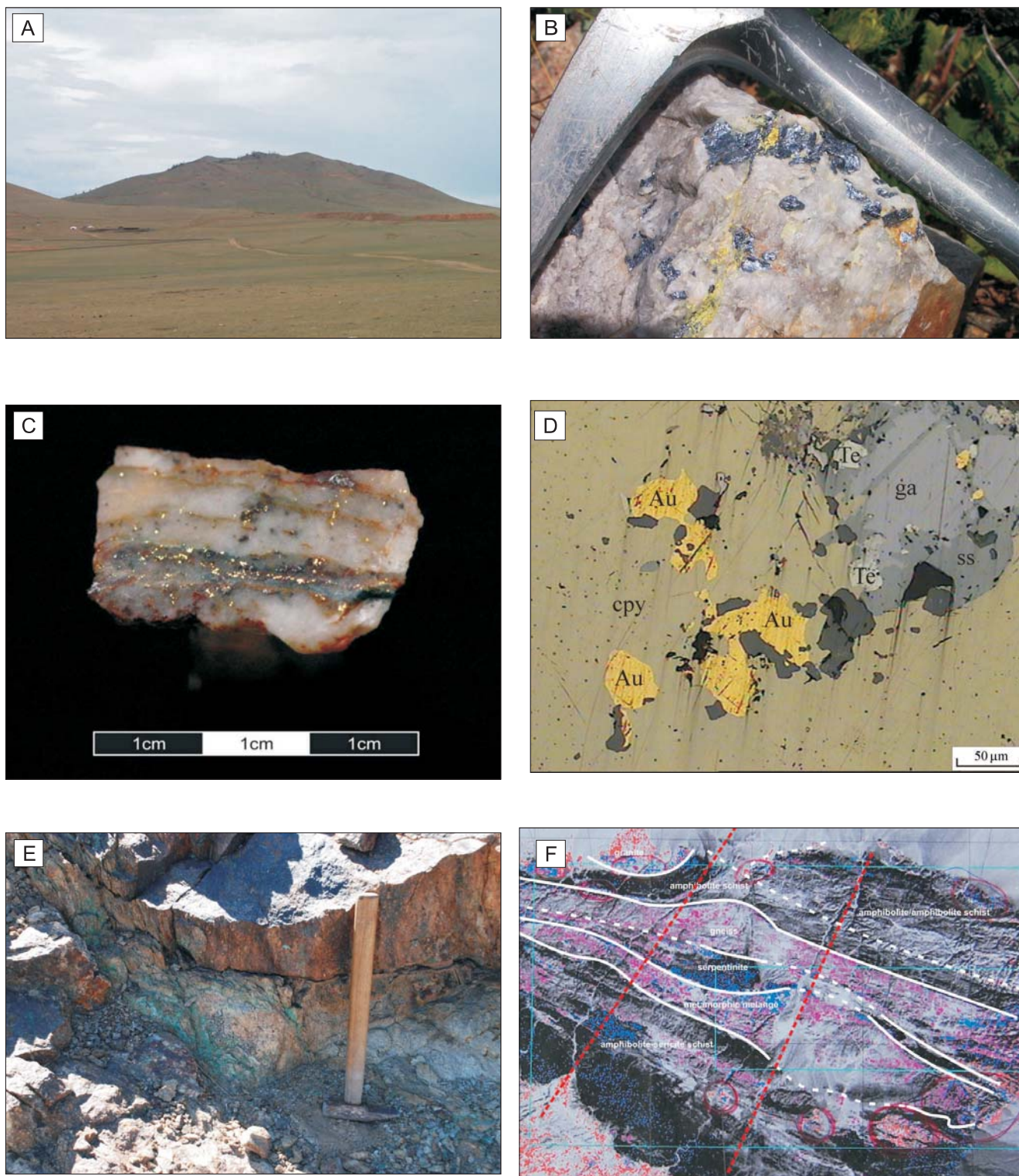


Fig. 2. A. Widok ogólny na złożo Mo–W–Sn Bayantsogt-Tubszin; u podnóża widoczna kopalnia odkrywkowa wolframu; 2007. B. Okruch kwarcu z molibdenitem; złożo Mo–W–Sn Bayantsogt-Tubszin, 2007. C. Rozmieszczenie złota rodzimego w stosunku do struktur tektonicznych w kwarcu; Tsagaan Tsakhir Uul, 2007. D. Wrostki złota rodzimego w chalkopirycie (Te – telurki, ga – gale-na); światło odbite; Tsagaan Tsakhir Uul deposit; 2007. E. Wychodnia z okruszczeniem Cu – obszar M2; 2009. F. Budowa geologiczna obszaru M2 (czerwone linie – przypuszczalne uskoki); 2008

A. Mo–W–Sn Bayantsogt-Tubszin deposit – general view; tungsten open pit mine on the right; 2007. B. Quartz with molibdenite. Mo–W–Sn deposit, Bayantsogt-Tubszin, 2007. C. Native gold dispersion in relation to tectonic structures in quartz; Tsagaan Tsakhir Uul, 2007. D. Native Au intergrowths in chalcopyrite (Te-tellurides, ga-galena); reflected light; Tsagaan Tsakhir Uul deposit; 2007. E. Outcrop with Cu mineralization – target M2; 2009. F. Geology of M2 target (red lines – possible faults); 2008

Obecne są również wodorotlenki żelaza, cerusyt, anglezyt, malachit oraz tlenowe minerały telluru. Wykazano, że znaczna część złota jest związana z tellurkami, jak również występuje w postaci drobnych wrostków w siarczku (fig. 2D), co będzie utrudniać proces cyjanizacji, powodując duże straty i niewielkie uzyski złota.

W kolejnym roku wykonano badania na innych dwóch obszarach, oznaczonych symbolami M1 i M2. Obszar M1 ma powierzchnię 113,97 km². Obszar M2, o powierzchni 124,66 km², ma kształt podkowy otwartej w kierunku wschodnim, co wyraźnie wydłużyło czas marszrut. Od strony mongolskiej badacze otrzymali mapy satelitarne typu *true color composition* oraz kopie rosyjskich map prospekcyjnych wykonanych w skali 1:200 000, z zaznaczonymi miejscami, w których przeprowadzono wstępne badania terenowe. Przy ich pomocy wykonano rozpoznanie obydwu obszarów.

Obszar M1 charakteryzował się obecnością dużego ciała granitowego, zajmującego około 35% jego powierzchni. Był to granit dwumikowy, zawierający duże kryształy skalenia K. W osłonie granitu występowały zmetamorfizowane skały silikoklastyczne z amfibolitami i łupkami krystalicznymi, poprzecinane licznymi żyłami mlecznego kwarcu. W odległości około 3 km od zachodniej granicy obszaru, prowadzono podziemne wydobywanie rudy złota (sztokwerk w amfibolitach). Strefa amfibolitów występowała w centralnej części badanego obszaru i wyklinowywała się ku wschodowi. W trakcie pięciodniowego rekonesansu stwierdzono występowanie cienkiej strefy skarnowej z magnetytem i śladami siarczku miedzi, we wschodniej części obszaru, występowanie śladowych ilości złota (jedna próbka) w strefie żył kwarcowych, na kontakcie z południową granicą amfibolitów, a także rozpoznano strefy łupków krystalicznych i amfibolitów z dobrze zachowanymi pseudomorfozami wodorotlenków żelaza po pirytach. W centralnej części obszaru natrafiono również na pojedyncze próbki z bogatym okruszczeniem miedziowym (malachit z azurytem i śladami siarczku). Ze względu na brak czasu, nie odszukano wychodni z podobnym okruszczeniem. Z tych samych względów nie penetrowano spenepienizowanego obszaru, zajętego przez granit. Sam kontakt granitu ze skałami silikoklastycznymi okazał się płonny. W żyłach kwarcowych, nawet o grubości kilku metrów, wyraźnie odznaczających się w terenie pasami białego rumoszu kwarcowego, nie stwierdzono obecności okruszczenia.

Obszar M2, oddalony o dzień drogi samochodem od pierwszego terenu, charakteryzuje się jednolitym ułożeniem warstw skał krystalicznych, o rozciągłości NW–SE (fig. 2F), zapadających pod dużymi kątami na SW. Potwierdziły to trawersy geologiczne, wykonywane prostopadle do rozciągłości skał, rozpoznanej na zdjęciach satelitarnych. Na obszarze tym stwierdzono obecność pasmowo układających się serpentynitów. Analizie poddano zarówno próbki szlichowe, jak również próbki skalne. Spinele Cr i Fe stwierdzono w obydwu typach próbek. Ponadto, w preparatach wyko-

nanych z serpentynitów były obecne asocjacje siarczku o składzie pirotyt, piryty, pentlandyt i chalkopiryty. Analizy chemiczne wykonane z tych skał potwierdziły obecność złożowych koncentracji niklu na poziomie 0,18–0,22%. Strefa ta została rozpoznana na profilu poprzecznym. Wymagane jest dalsze jej rozpoznanie, po rozciągłości, na przestrzeni co najmniej 15 km, co sugeruje mapa satelitarna tego terenu.

W centralnej części tego obszaru natrafiono na fragmenty skał z makroskopowo widocznym okruszczeniem miedziowym. Stwierdzono obecność malachitu, azurytu i chalkopirytu. Analiza ilościowa wykazała obecność miedzi w ilości 3,7% oraz złota – 0,9 ppm. Strefa ta została wskazana jako potencjalne miejsce złożowe i w raporcie z 2009 r. przewidziana do dalszej eksploracji. Na podstawie badań terenowych wyznaczono granice najbardziej typowych warstw (fig. 2F). Na tym obszarze w 2009 r. wykonano dodatkowe prace, polegające na rozpoznaniu odkrytych wychodni, z okruszczeniem Cu (fig. 2E, 3A). Przeprowadzono opróbowanie typu bruzdowego tych wychodni, jak również gleby poniżej odsłonięcia (fig. 3B). Wychodnie skał okwarcowanych, zawierających okruszczenie miedziowe, stwierdzono również w innych punktach, po rozciągłości w kierunku północno-zachodnim (fig. 3C). Badania mikroskopowe potwierdziły obecność w skałach, na rozpoznanych wychodniach, pirytu, chalkopirytu (fig. 3D), chalkozynu, bornitu i kowelinu oraz wodorotlenków żelaza, malachitu i azurytu.

Na obszarze ajmaku Bayankhongor, rekonesans geologiczny wykonano jeszcze na dwóch innych obiektach, oddległych od siebie o 1–2 dni drogi samochodem terenowym. Badania te przeprowadzono w 2009 r., poświęcając po 4 dni na każdy z obszarów. Obszary te oznaczono symbolami A i B; ich powierzchnia wynosi odpowiednio 13,32 i 2,93 km².

Obszar A charakteryzuje się obecnością skał metamorficznych, łupków krystalicznych, amfibolitów oraz krystalicznych wapieni, ułożonych zgodnie i przeciętych żyłami kwarcowymi oraz dajką porfirową. Na wychodniach łupków zaobserwowano miejsca zabarwione na kolor zielony i niebieski. Zabarwienie to pochodziło od utlenionych związków miedzi. Takie strefy zostały opróbowane w celu wykonania analiz chemicznych i mineralogicznych. W łupkach krystalicznych stwierdzono obecność licznych kryształów pirytu, a w zasadzie pseudomorfoz wodorotlenków żelaza po pirytach. Badania mikroskopowe potwierdziły obecność w wodorotlenkach reliktyw pirytu (fig. 3E), pirotytu i chalkopirytu. Za strefą wapieni krystalicznych odkryto żyły kwarcowe i strefy z epidotem, zawierające okruszczenie miedziowe. Na powierzchni skał stwierdzono występowanie malachitu i azurytu, zaś w próbkach mikroskopowych – chalkopirytu, chalkozynu, bornitu i kowelinu wraz z wodorotlenkami żelaza, malachitem i azurytem. Strefa ta została zakwalifikowana do dalszego rozpoznania, po wykonaniu wstępnych badań jakościowych (mikroskopowych) i ilościowych (analiz chemicznych). Na obszarze A wykonano analizy szlichowe z ma-

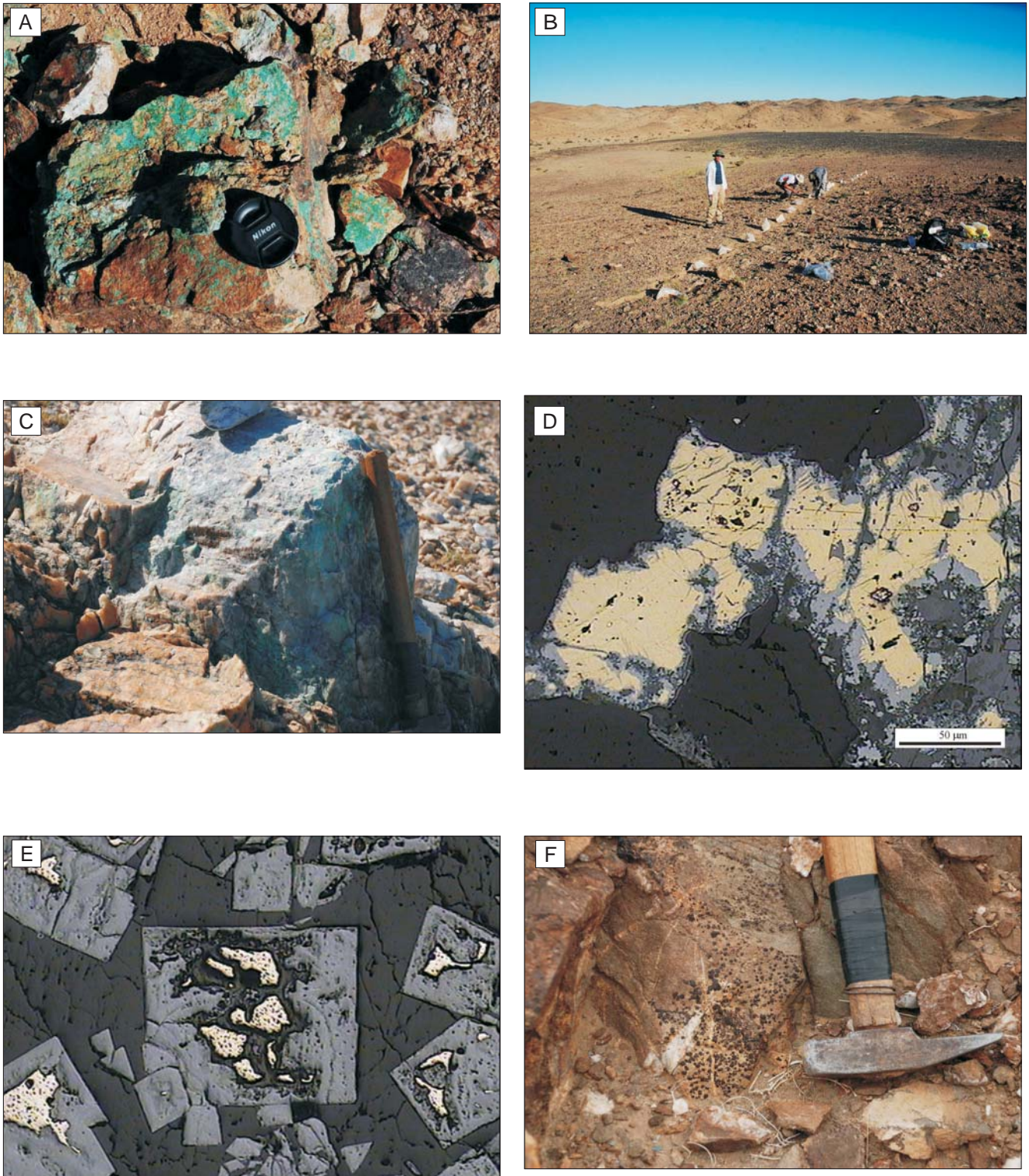


Fig. 3. **A.** Okruszczowanie malachitem na wychodni zsylikowanych skał; obszar M2, 2009. **B.** Pobieranie próbek brzdowej, glebowej, poniżej wychodni złoża; obszar M2, 2009. **C.** Wychodnia żyły kwarcowej z okruszczowaniem miedziowym; obszar M2, 2009. **D.** Utle-niony chalkopiryt; światło odbite; obszar M2, próbka 250M, 2009. **E.** Relikty pirytu w wodorotlenkach Fe; obszar A, 2009. **F.** Wychodnia łupków krystalicznych z pirytem; obszar B, 2009

A. Malachite mineralization in silicified rocks outcrop; target M2, 2009. **B.** Soil, channel sample collection point beneath the deposit outcrop; target M2, 2009. **C.** Quartz vein outcrop with copper mineralization; target M2, 2009. **D.** Oxidized chalcopyrite; reflected light; target M2, sample 250M, 2009. **E.** Pyrite remnants in Fe-hydroxides; target A, 2009. **F.** Crystalline schist with pyrite outcrop; target B, 2009

teriału aluwialnego, pobranego głównie z wyschniętych koryt potoków i z materiału glebowego na obszarach płaskich.

Obszar B, o kształcie klina, zlokalizowano w strefie występowania łupków krystalicznych, poprzecinanych żyłami mlecznego kwarcu, o grubości nawet kilku metrów. Żyły kwarcowe okazały się płonne, nie stwierdzono w nich obecności złota ani innych kruszców, podobnie jak w próbkach skalnych i pobranych w pobliżu próbkach szlichowych i glebowych. Stwierdzono natomiast obecność licznych stref bogatych w piryty (fig. 3F). Dobrze zachowane, idiomorficzne

kryształy piryty, zostały w większości przypadków zastąpione przez wodorotlenki Fe, w których są widoczne relikty tego siarczku oraz pirotynu i chalkopiryty.

Na stromym stoku jednego ze wzniesień odkryto liczne, pokruszone fragmenty czapy żelaznej, w których rozpoznano wodorotlenki Fe. Wyniki analiz mikroskopowych wykazały w nich obecność reliktyw siarczku, takich jak piryty, pirotyny oraz chalkopiryty. Obie strefy z objawami okruszczenia zakwalifikowano do dalszego, bardziej szczegółowego rozpoznania.

PRZEBIEG PRAC TERENOWYCH

W pracach poszukiwawczych wykonywanych na terenie Mongolii wykorzystano doświadczenie lokalnych geologów. W rekonesansach geologicznych, podstawową grupę stanowili studenci specjalności GPZ, Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie. Ich zapał do pracy oraz zainteresowanie geologią pomogły w znalezieniu wielu ważnych punktów z okruszczeniem o charakterze złożowym. Rekonesans terenowy polegał na potwierdzeniu budowy geologicznej, prezentowanej na mapach satelitarnych, oraz na sprawdzeniu informacji zawartych na mapach geologicznych, prognostycznych. W trakcie

badzeń terenowych przejechano łącznie około 4800 km. Pieczy rekonesans wykonano na długości 225 km, ponadto pobrano 191 próbek szlichowych, 286 próbek do badań mineralogicznych i 27 próbek bruzdowych, w strefach wytypowanych jako perspektywiczne. Łącznie pobrano 504 próbki. Wszystkie nowe informacje były nanoszone na podkłady, wykonane na bazie map satelitarnych, przy wykorzystaniu koordynat GPS – Garmin CSx60. Wszystkie próbki szlichowe oraz wyselekcjonowane próbki do badań mineralogicznych i litogeochemicznych przewieziono do kraju i analizowano w Pracowni Złóż Rud Wydziału GGiOŚ, AGH.

WNIOSKI

Trzyletnie prace poszukiwawcze, połączone z bardziej szczegółowym rozpoznaniem niektórych, wytypowanych obszarów, skłaniają do pewnych podsumowań. Mongolia nie jest już tym samym krajem, co w latach sześćdziesiątych, kiedy to prowadzono pod kierunkiem specjalistów radzieckich zakrojone na szeroką skalę badania geologiczne podstawowe. Polegały one na wykonaniu map geologicznych, praktycznie na całym obszarze kraju. W tym samym czasie opracowywano mapy prognoz złożowych, które pozwoliły na odkrycie wielu złóż surowców mineralnych, m.in. złoża Erdenet (złoża porfirowe Cu–Mo). Geolodzy polscy zostali wycofani z Mongolii w latach 70. ubiegłego wieku. Po okresie przemian, kiedy Mongolia uzyskała faktyczną samodzielność, pojawiły się dziesiątki firm „zachodnich” wykupujących koncesje na poszukiwania. Bardzo szybko odkryto złoża porfirowe Cu–Au – Oyu-Tolgoi, jedno z największych znalezionych w ostatnich latach. Do 2009 roku żadna z polskich firm nie była niestety zainteresowana najtańszym sposobem, na zabezpieczenie swojej przyszłości surowcowej, czyli inwestowaniem w poszukiwania w krajach, w których jeszcze można coś znaleźć.

Badania rekonesansowe wykonane na sześciu wybranych obszarach potwierdzają duży potencjał surowcowy tych regionów. Stwierdzono możliwość występowania złóż typu SEDEX na obszarze M2, w sąsiedztwie udokumentowanego i eksploatowanego już złoża Tsagaan Tsakhir Uul oraz na obszarach A i B. Wykazano nieprawidłowości i brak nadzoru, podczas dokumentowania złóż Tsagaan Tsakhir Uul (Au) i Bayantsogt-Tubszin (Mo–W), rozpoznano też wiele nowych faz mineralnych, występujących w badanych złożach, które nie były opisane w istniejących dokumentacjach geologicznych. Wyniki wykonanych prac pozwoliły na ograniczenie wielkości obszarów typowanych do dalszych poszukiwań oraz zaplanowanie nowych badań na lata następne.

Podziękowania. Autorzy składają podziękowania rektorowi AGH, Panu prof. dr. hab. inż. Antoniemu Tajdusiowi za pomoc finansową dla studentów i Panu Jargalantowi Byambasaikhanowi za pomoc przy organizacji prac terenowych. Badania kameralne były finansowane z tematu BS – AGH nr 11.11.140.562.

LITERATURA

- GUNDSAMBUU C., 2004 — Geologia i prawidłowości rozmieszczenia złóż cyny, wolframu i molibdenu Mongolii. Centrum Badań Geologicznych w Ułan Bator, Mongolia.
- MINIAR P.D., PICCOLI P.M., 1989 — Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer.*, **101**, 5: 635–643.
- PIESTRZYŃSKI A., PIECZONKA J., 2008 — Mezotermalne złożo złota, Tsagaan Tsakhir Uul, Centralna Mongolia. Pierwszy Polski Kongres Geologiczny. Abstrakty: 89–90.
- PIESTRZYŃSKI A., PIECZONKA J., 2009 — Tellurides from the Tsagaan Tsakhir Uul mesothermal-epithermal gold deposit, Central Mongolia. *W: Smart science for exploration and mining* (red. Williams i in.). Proceedings of the 10th Biennial SGA Meeting, Townsville, Australia 2009. T. 2: 688–690.
- TERAOKA Y., SUZUKI M., TUNGALAG F., ICHINNOROV N., SAKAMAKI Y., 1996 — Tectonic framework of the Bayankhongor area, west Mongolia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **47**, 9: 447–455.
- TOMURTOGOO O., TOMURKHUU D., ERDENSAIKHAN G., KRONER A., DEMOUX A., ROJAS-AGRAMONTE Y., 2006 — Structural and tectonic correlation across the Central Asian Orogenic Collage: Implications for continental growth and intracontinental deformation. IInd Inter. Workshop for IGCP project-480. Excursion Guidebook: 107–146. Ulanbaatar, Institut of Geology and Mineral Resources, Mongolian Academy of Sciences, Ułan Bator.