



## Badania geofizyczne na obiekcie Damran'e na Saharze w Algierii w latach 80. XX w. – wspomnienie

Stefan Rulski<sup>1</sup>



**Geophysical research in Damrane in the 1980s, Sahara, Algeria – a reminiscence.** *Prz. Geol.*, 65: 81–86.

*Abstract.* This article is a supplement to the information included in the book “Polish Geologists on Five Continents”, dealing with the search of copper ore in Damrane, Algeria. In Damrane, parallel to strictly geological research there were also conducted geophysical measurements with the use of the gravity, magnetic and geo-electrical prospecting methodology. Eventually, it was possible to trace the structure and diversity of volcanic lithology and define vast tectonic spheres. Using the inducted polarization method was an effort to localize good electronic conductors, which is a characteristic of metal ores.

**Keywords:** Sahara, Algeria, Damrane, copper, basalt, andezyt, gravimetric research, magnetic, geo-electric

*Wspomnienia poświęcam dr. Zbyszkowi Bule, współtowarzyszowi prac na pustyni, z życzeniami powrotu do zdrowia.*

W latach 1985–1986 przez okres ponad jednego roku byłem zatrudniony jako geofizyk na kontrakcie w Algierii. Skierowany przez polską firmę Geopol, zostałem pracownikiem algierskiej instytucji geologiczno-geofizycznej, prowadzącej poszukiwania złóż surowców mineralnych – Enterprise Nationale de Recherches Minière (EREM) z siedzibą w Boumerdes k. Algieru. Było to duże przedsiębiorstwo państwowe, które poza obywatelami Algierii zatrudniało wielu fachowców zagranicznych z różnych dziedzin: geologii, geofizyki, geodezji, wiertnictwa, transportu oraz analityków z zakresu mineralogii i petrografii. EREM prowadząc rozległe prace poszukiwawcze, posiadał na terenie całego kraju szereg oddziałów (baz), w miarę dobrze zorganizowanych), zapewniających logistykę zespołom poszukiwawczym i wiertniczym, prowadzącym prace terenowe.

Po przylocie do Algierii i ok. miesięcznym pobycie w oddziale EREM w dzielnicy Algieru El Harach, zapoznaniu się z organizacją i zadaniami tej instytucji, a także załatwieniu karty stałego pobytu i zezwolenia na pracę, zostałem skierowany do dużej, ok. 100-tysięcznej oazy Bechar na Saharze, gdzie był usytuowany jeden ze stałych oddziałów firmy. W czasie mojej obecności pracowało tam kilkunastu specjalistów z Polski oraz oczywiście Algierczycy. W zależności od zadania przydzielonego przez algierskie kierownictwo byliśmy wysyłani na różne obiekty rozrzucone na znacznych obszarach pustyni, na których prowadzono aktualnie prace geologiczne, geofizyczne lub wiertnicze. Kierownictwo bazy w Bechar, złożone z algierskich geologów i administratorów, podległych centrali EREM w Boumerdes, zapewniało funkcjonowanie grup realizujących prace terenowe, a na miejscu w laboratorium w Kenadsa wykonanie analiz petrograficzno-mineralogicznych, chemicznych i spektralnych. Oznaczeniami i pomiarami zajmowali się polscy specjaliści: Maria Bittmar oraz Jerzy Gałązka pod kierunkiem Wiesława Heflika.

Po krótkim pobycie w Bechar, na początku lutego 1986 r., zostałem skierowany do grupy terenowej, która wykonywała badania związane z poszukiwaniem rud miedzi w rejonie Wadi Damrane. Obszar ten jest położony ok. 400 km na południe od Bechar, za ergiem Erg er Rabouj, stanowiącym fragment Wielkiego Ergu Zachodniego, na terenie opisanym na mapach jako Kahal Tabelbala.

Zlokalizowane tu prace poszukiwawcze i wiertnicze były prowadzone w miejscu występowania skał wylewnych bazaltowo-andezytowych, uznanych za perspektywiczne pod względem występowania złóż rud miedzi. Jest to pozostałość zapewne prekambryjskiego wulkanizmu w strefie wgłębnego rozłamu, towarzyszącego orogenicznej strefie kratonu zachodnio-afrykańskiego. Występujące tu skały są silnie zaangażowane tektonicznie i przeobrażone wskutek sylifikacji, chlorytazacji i epidotyazacji. W skład wulkanitów wchodzi poza bazaltami i andezytami mniej liczne ryolity, doleryty, dacyty, trachity oraz tufy i aglomeraty wulkaniczne. Tworzą one ok. 10-kilometrowej szerokości wychodnię, o znacznej rozciągłości w kierunku NNE–SWS. Badania geologiczne objęły odcinek o długości ok. 30 km. Po ich południowej stronie ciągną się niezbyt wysokie, dzikie góry (wzgórza Damranu) utworzone z ciemnych skał wulkanicznych poddanych silnemu wietrzeniu. W formacji bazaltowo-andezytowej występuje metasomatyczna mineralizacja siarczkowa Cu-Pb-Zn z towarzyszącym im kuprytem (Cu<sub>2</sub>O), który stanowi produkt utleniania siarczków miedzi, oraz rozproszona mineralizacja miedzi rodzimej. Obecność tej mineralizacji stwierdzili polscy geolodzy – Maria Preidl i Stefan Kurek, dlatego zdecydowano o podjęciu tu prac poszukiwawczych. Oni też opracowali projekt badań, który został przyjęty i zatwierdzony do realizacji. W jego ramach poza rozległymi badaniami geologicznymi zaplanowano również szczególnie prace geofizyczne: grawimetryczne, magnetyczne, elektrooporowe oraz metodą polaryzacji wzbudzonej. Wcześniej rejon ten został objęty regionalnym zdjęciem aeromagnetycznym i radiometrycznym w ramach kartowania z powietrza dużych obszarów Algierii.

<sup>1</sup> Al. Stanów Zjednoczonych 20 m. 90, 03-964 Warszawa.



Ryc. 1. Mapa Algierii z zaznaczoną lokalizacją obszaru badań (Atlas, 2005)



Ryc. 2. Fragment Ergu er Rabouj

Wytypowany obszar Damranu został pokryty siecią profili geodezyjnych poprzez wulkanity co 500 m, z punktami pomiarowymi co 50 m. Wzdłuż tych profili zostało wykonane głębokie zdjęcie geochemiczne na zawartość szeregu metali, w tym: Cu, Zn, Pb, As, Ag, Au i in. Uzyskane w trakcie analizy laboratoryjnej wyniki posłużyły do opracowania map geochemicznych i wydzielenia stref anomalnych. Równolegle zbierano materiały i prowadzono obserwacje, które posłużyły do opracowania mapy geologicznej. Było to trudne zadanie ze względu na obecność piasków i gipsów zakrywających podłoże skalne. Rozpoczęto również pomiary geofizyczne (grawimetria, magnetyka, polaryzacja wzbudzona i metoda elektrooporowa).

Do obozowiska Damrane dotarłem kiedy prace na tym obiekcie zakończyli M. Preidl i S. Kurek, którym wygasł kontrakt i powrócili do Polski. Po nich pieczę geologiczną na tym obiekcie przez pewien czas sprawował Jerzy Barreja, a następnie po jego wyjeździe – Jerzy Derkacz.

W efekcie prowadzonych tu wcześniej prac geologicznych, kierowanych przez M. Preidl i S. Kurka, dysponowaliśmy projektem badań i opracowaną przez nich mapą geologiczną tego rejonu oraz mapami anomalii geochemicznych. Były one uzupełniane w miarę postępu prac. Mieliliśmy również pierwsze wyniki rozpoczętych tu pomiarów geofizycznych prowadzonych przez geofizyków rosyjskich i algierskich.

Na badanym obszarze w ramach poszukiwań miedzi w miejscach uznanych za perspektywiczne odwiercono wcześniej kilka otworów badawczych o głębokości do kilkuset metrów. Niestety w uzyskanych rdzeniach nie stwierdzono większych koncentracji metali. A trzeba zaznaczyć, że w pierwszym okresie prac na Damranie nadzieje na odkrycie dużego złoża miedzi wydawały się całkiem realne ze względu na występowanie miedzi rodzimej impregnującej bazalty i zlokalizowane tu znaczne anomalie geochemiczne polimetali. Ten negatywny wynik poszukiwań był prawdopodobnie przyczyną nieprzedłużenia kontraktu M. Preidl i S. Kurkowi.

## PRACE GEOFIZYCZNE

W terenie zastałem dwie algierskie ekipy geofizyczne. Pierwsza z nich prowadziła pomiary grawimetryczne wzdłuż



Ryc. 3. Badanie fragmentów rdzenia wiertniczego



Ryc. 4. Tabelbala, fragment fortu wojskowego, za czasów kolonialnych stacjonował tu duży garnizon wojskowy



Ryc. 5. Odsłonięcie skał bazaltowych spod pokrywy piaszczystej

siatki profili co 500 m i kroku pomiarowym 50 m. Punkty pomiarowe były bardzo zagęszczone. Dlaczego takie, rozwinę ten problem w dalszych rozważaniach. Pomiarów grawimetrycznych zgodnie z planem badań obejmowały kolejne profile, wytyczone wcześniej przez geodetów z Polski. Druga ekipa rozpoczęła badania geoelektryczne (metodami elektrooporową i polaryzacji wzbudzonej), bardziej pracochłonne wykonywano w różnych wytypowanych przez tamtejsze kierownictwo częściach rejonu Damrane (w miejscach występowania miedzi rodzimej, dużych anomalii geochemicznych oraz występowania znacznych rezydualnych anomalii  $\Delta g$ ). Badano również obszary przewidziane pod planowane wiercenia. Duże nadzieje wiązaliśmy zwłaszcza z pomiarami metodą polaryzacji wzbudzonej w

domenie czasu, przeznaczonej do wykrywania mineralizacji rudnej.

O prowadzonych w rejonie Damranu pracach geologicznych i własnych przeżyciach napisał Jerzy Bareja w tekście „Sahara” (Bareja, 2005). Ponieważ w relacji tej brak jest jakiegokolwiek wzmianki o wynikach badań geofizycznych, poczułem się w obowiązku tę lukę wypełnić. Analizując wykonane pomiary i uzyskane wyniki, postarałem się jednocześnie uwidocznic ich wady i zalety, a także wskazać, jakie metody pomiarowe winny być stosowane w czasie poszukiwań rud metali w skrajnie trudnych warunkach pustynnych. Oznaczeniami i opisem petrograficznym skał i minerałów występujących w rejonie Damranu zajmował się W. Heflik, który skrótowo opisał je w tekście „Badania mineralogiczno-petrograficzne w północno-zachodniej części Sahary” (Heflik, 2005).

Jak już wcześniej zaznaczyłem, znaczna część terytorium Algierii została pokryta regionalnym zdjęciem aerogeofizycznym (magnetycznym i spektrometrycznym), wykonanym przez ekipę kanadyjską. Jego wyniki zostały opracowane w postaci map w skali 1 : 50 000 (mapy magnetyczne  $\Delta z$  i naturalnego promieniowania gamma U, Th i K). W ich tworzeniu i weryfikacji uczestniczył również polski geofizyk Stefan Tałuc. Rejon Damranu został objęty kilkoma profilami tego zdjęcia. I tu ciekawostka: występujące tu bazalty nie wykazały wzrostu wartości pola magnetycznego, natomiast inne właściwości wykazywały andezyty.

Podczas wykonywania naziemnych pomiarów terenowych dysponowaliśmy nowoczesnymi, jak na owe czasy, grawimetrami produkcji kanadyjskiej (firmy Sharpe) oraz aparaturą generatorową do pomiarów geoelektrycznych metodą polaryzacji wzbudzonej, elektrooporową i potencjałów spontanicznych o silnym źródle zasilania przy czasie ładowania 2s lub 4s. Jednak w suchych warunkach pustynnych prace metodą polaryzacji wzbudzonej oraz elektrooporową wymagają intensywnego polewania wodą miejsc pod elektrodami oraz gniazdowego ich uziemiania. Wodę dowoziły cysterny samochodowe z głębinowych ujęć zlokalizowanych w rejonie oazy Tabelbala odległej od Damranu o ok. 100 km. Były z tym wieczne problemy. Ponadto silniki spalinowe napędzające agregaty prądotwórcze oraz przetwornice prądu często przegrzewały się i ulegały awarii. Każdego dnia po zakończeniu pomiarów w terenie uzyskane wyniki podlegały wyliczeniom i obróbce (redukcja pomiarów grawimetrycznych, wyliczanie  $\Delta g$ , wykreślanie profili oraz konstrukcja map). Po dniu pracy, kiedy temperatury powietrza w cieniu przekraczały  $45^{\circ}\text{C}$ , było to bardzo pracochłonne dodatkowe zajęcie, które często przeciągało się do późnych godzin nocnych.

Z ramienia kierownictwa EREM w Bechar nadzór i kierownictwo nad prowadzonymi pracami sprawowali inż. Derbal i dr Ammar. Ten ostatni w krótkim czasie został dyrektorem oddziału, a następnie wygrał wybory do parlamentu krajowego Algierii.

Inżynier Derbal, sprawujący nadzór metodyczny ze strony zleceniodawcy, uważał, że miedź rodzima, względnie mineralizacja polimetaliczna, przy ich znacznej koncentracji w występujących na Damranie skałach wulkanicznych, powoduje wzrost gęstości zarejestrowany w pomiarach grawimetrycznych jako lokalny anomalny wzrost wartości siły ciężkości. Uzasadnieniem była różnica ciężaru objętościowego bazaltów wynosząca średnio  $3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  oraz wyższa wartość rud metali kolorowych przewyższająca ok.  $5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

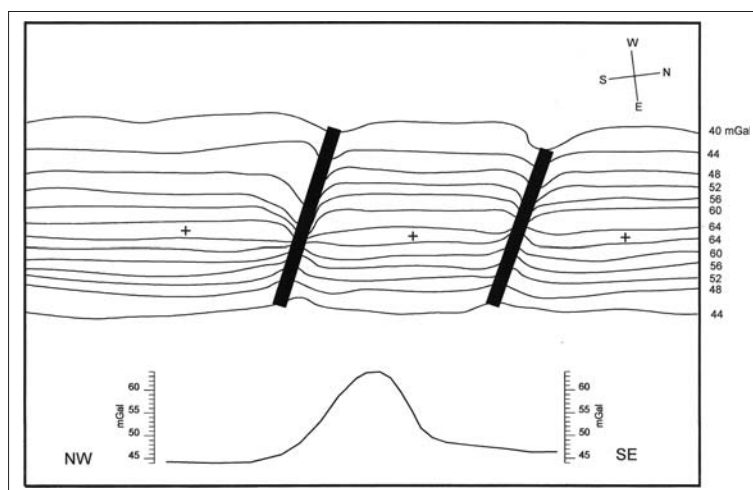
Interpretacja pomiarów grawimetrycznych wyliczone lokalne dodatnie anomalie  $\Delta g$ , wartości wyższych pochodnych i gradientów potencjału winny wskazywać miejsca prawdopodobnej mineralizacji.

Założenie to, mimo że poprawne teoretycznie, nie zawsze sprawdza się w praktyce. Może na to wpływać szereg przyczyn, m.in. morfologia terenu, zróżnicowanie gęstości podłoża skalnego, zuskokowanie, wylugowanie pewnych minerałów skalnych, pokrywa gipsowa itp. Nie zważając na powyższe, niektóre największe dodatnie lokalne anomalie  $\Delta g$  były przebadane jako potencjalnie rudonośne. W ich obrębie były lokalizowane profilowe pomiary metodą polaryzacji wzbudzonej (PW) z jednoczesnym pomiarem oporności elektrycznej podłoża skalnego. Profile wykonywano metodą środkowego gradientu przy rozstawach elektrod pomiarowych  $AB = 2000$  m. Odczyty wielkości polaryzacji na punktach pomiarowych obejmowały środkowy odcinek profilu wynoszący 1500 m, nie dochodząc do elektrod pomiarowych, unikając ich wpływu zniekształcającego mierzone wartości PW. Anomalne wartości PW były wyliczone ze stosunku ich wzrostu do tła krzywej średniej wyliczonej ze wszystkich pomiarów, wykonanych na danym rejonie.

Główną metodą geofizyczną, za pomocą której określono zasięg i zmiany w obrębie wulkanitów, była grawimetria. Stosunkowo wąski pas występowania wulkanitów, przy znacznej ich rozciągłości, a ponadto kształt wykresów profili  $\Delta g$ , osiągających w centrum anomalii znaczny wzrost wartości – zdają się wskazywać, że magma wyrzuciła tu rozległą dyslokację w podłożu prekambryjskim, wylewając się w kilku kolejnych cyklach erupcyjnych obejmujących bazalty, andezyty i ryolity. Ten prastary wulkan jest obecnie prawie całkowicie spenplenizowany.

Pewne zachowane formy tektoniczne, brak law poduszkowych zdają się wskazywać, że nie był to wulkan podmorski. Co do tego stwierdzenia występowały różne poglądy. Poza bazaltami występują tu andezyty, będące zapewne późniejszym przejawem działalności wulkanicznej, i ryolity, które są wciśnięte w strefy tektoniczne. Na obrzeżach wulkanitów, względnie pod ich skrajnymi pokrywami, nawiercono zmienione skały osadowe – najprawdopodobniej prekambryjskie. Andezytom towarzyszy słaba siarczkowa mineralizacja polimetaliczna. Ryolity zostały uznane jako płonne.

W czasie mego pobytu pomiary terenowe na Damranie były prowadzone do czerwca 1986 r. Zostały przerwane ze względu na upały i zbliżający się wakacyjny okres rekonwalescencji (urlopu), który był wydłużony w związku z rekompensatą za pracę na pustyni bez przerw świątecznych. W bazie w Bechar wraz z J. Derkaczem i współpracującym z nami geologiem algierskim Nordinem Sabri przystąpiliśmy do opracowania bogatego materiału geologicznego i interpretacji pomiarów geofizycznych. Dokumentację wynikową opracowaliśmy po powrocie z rekonwalescencji. Niestety kolejne wiercenia nie wykazały obecności złożowych koncentracji mineralizacji miedziowej. Decyzja o lokalizacji wierzeń zawsze leżała w gestii kierownictwa bazy Bechar. My byliśmy tylko konsultantami przedstawiającymi swoje opinie w tej sprawie.



Ryc. 6. Damrane: fragment szkicu rozkładu anomalii Bouguera z wykresem profilu  $\Delta g$  (wartości przybliżone)

## WYNIKI I OCENA BADAŃ GEOFIZYCZNYCH NA DAMRANIE

### Grawimetria

Podstawowe znaczenie w rozpoznaniu geologii wulkanitów na obiekcie Damrane, tylko w nieznacznym stopniu odsłoniętych spod pokrywy piasków, gipsów i rumoszu skalnego, miały pomiary grawimetryczne. Mapa grawimetryczna anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera dokładnie odzwierciedlała lokalizację wulkanitów i ich wewnętrzne zróżnicowanie. Wyliczone pochodne siły ciężkości i gradientu pionowego pozwoliły na uszczegółowienie obrazu wewnętrznej struktury górotworu. Obliczenia wartości pochodnych bez udziału programów komputerowych było zajęciem wysoce pracochłonnym. W ich efekcie na mapach grawimetrycznych zostały uwidocznione dwie olbrzymie strefy tektoniczne o kierunku NW–SE, tnące w poprzek wulkanyty. Szerokość tych stref dochodzi do ok. dwóch kilometrów. W strefie północnej już wcześniej stwierdzono występowanie miedzi rodzimej, tworzącej mniej lub bardziej bogatą inkrustację. Na przedłużeniu drugiej strefy (południowej), na obszarze o nazwie Rachmani, występuje mineralizacja węglanami miedzi w obrębie kontaktujących z wulkanitami prekambryjskich skał osadowych.

Mineralizację tę próbowali wcześniej rozpoznać i udokumentować geolodzy rosyjscy, lokalizując tu liczne płytkie wiercenia. Jednak nie udokumentowali koncentracji złożowych. Obie strefy tektoniczne zaznaczyły swą obecność na powierzchni terenu dużą ilością zabarwionych na intensywny kolor niebieskich okruchów skalnych typu zeolitowego, łudząco przypominających turkusy (fosforany miedzi).

### Pomiary geoelektryczne

Profilowe pomiary elektrooporowe (wykonywane równoległe z polaryzacją wzbudzoną) w związku ze znacznym zróżnicowaniem oporności elektrycznej skał podłoża, posłużyły do uszczegółowienia mapy geologicznej. Pomiary potencjałów spontanicznych (PS) wykonywane metodą gradientu i wzajemnie niepowiązane nie wniosły nowych informacji do rozpoznania mineralizacji siarczkowej.



Ryc. 7. Urządzenie wiertnicze

Metodą polaryzacji wzbudzonej, która umożliwia wykrycie i lokalizację mineralizacji o przewodnictwie elektronowym, zarejestrowano na Damranie rozległą strefę anomalną (wysokich wartości współczynnika polaryzacji  $\eta_k$ ) w południowo-wschodniej części badanego obszaru wulkanitów, w bliskim kontakcie bazaltów z podłożem osadowym. Została ona prześledzona na szeregu profilach, wyznaczając jej rozciągłość na ok. 4 km.

Oceniając zasięg głębokościowy metody PW, przy rozstawach elektrod zasilających  $AB = 2000$  m, uważaliśmy, że wywołujący tę anomalię przewodnik elektronowy winien zalegać na głębokości nie większej niż 400–500 m. Niestety podczas wykonywania wiercenia kontrolnego, zakończonego na głębokości 400 m, ciała anomalnego nie stwierdzono. Występujące w spagowych partiach rdzenia wiertniczego liczne tlenki żelaza mogły być wskaźnikami utleniania się siarczków zalegających głębiej.

Posiadane przez EREM samojezdne aparaty wiertnicze produkcji radzieckiej typu URB ograniczały się do wiercen na głębokość ok. 400–450 m, co uwzględniając występujące w podłożu zwarte skały wulkaniczne, było dużym osiągnięciem. Głębiej i szybciej niż ekipy algierskie wiercił jedynie polski wiertnik Walenty Wysocki.

### Magnetyka

Jak zaznaczyłem wcześniej wykonane na Damranie zdjęcie magnetyczne wykazało słabe zróżnicowanie wartości natężenia pola magnetycznego  $\Delta T$  nad bazaltami.

Wartość ta wzrastała i różnicowała się w andezytach, co wiązano ze znacznym udziałem w cieście skalnym minerałów femicznych. Ponieważ występująca lokalnie w andezytach mineralizacja siarczkowa nie zawierała pirotynu, pomiary magnetyczne nie rejestrowały jej obecności.

Do naziemnych pomiarów magnetycznych używano nowoczesnych magnetometrów firmy Scintrex. Badania wykonywano za pomocą dwóch magnetometrów, z których jeden – mobilny – był wykorzystywany do pomiaru wartości pola na wytyczonych profilach, zaś drugi, stacjonarny, rejestrował dzienne wariacje ziemskiego pola magnetycznego, które po obróbce służyły do właściwego wyliczenia wartości  $\Delta T$  na pomierzonych profilach. Opracowane mapy wartości  $\Delta T$  uwiadczyły zróżnicowanie skał podłoża i były wykorzystane w trakcie opracowywania mapy geologicznej wulkanitów Damranu.

Magnetometry firmy Scintrex miały również wbudowaną aparaturę do pomiarów radiofalowych. Niestety, tej metody na Damranie nie zastosowano. Mogła ona posłużyć do precyzyjnej lokalizacji dyslokacji i stref tektonicznych. Przyczyny, dla których jej nie użyto, były niejasne. Prawdopodobnie zaginęły kryształki, a być może przy zakupie aparatury pominięto przeszkolenie operatora.

W pierwszej połowie października 1986 r. przedstawiliśmy w Bechar przed kolegium dyrekcyjnym oddziału i licznym gronem geologów i geofizyków algierskich i polskich wspólny raport z wyników wykonanych dotychczas na Damranie prac geologicznych i geofizycznych oraz rezultaty wierceń. Sprawozdanie zostało pozytywnie ocenione i przyjęte bez poprawek. Kilka tygodni później podobna prezentacja odbyła się w Boumerdes. Uczestniczyła w niej dyrekcja EREM oraz specjaliści rosyjscy. Wystąpienie nasze, tzn. J. Derkacza i moje, przy współudziale inż. Sabri, przekładała na francuski tłumaczka zatrudniona w Geopolu. Niestety, nazwiska jej nie zapamiętałem. Również i tu raport został przyjęty.

Prace poszukiwawcze na Damranie prowadzono jeszcze przez jakiś czas po moim wyjeździe, jednak złoża miedzi, pomimo dużego nakładu wykonanych badań, nie wykryto.

### UWAGI I WNIOSKI DOTYCZĄCE PRAC NA PUSTYNI ORAZ NA DAMRANIE

W pierwszej części niniejszego artykułu omówiłem realizowane na Damranie prace poszukiwawcze prowadzone przez okres kilku lat. Rozpoczęte przez M. Preidl i S. Kurka, kontynuowane były przez J. Bareję, S. Rulskiego oraz J. Derkacza, przy współudziale specjalistów algierskich. Nie wspomnę o polskich geodetach i wiertaczach.

Prace na pustyni dla Europejczyka są dużym wyzwaniem zdrowotnym. Okres adaptacji do tych warunków, przynajmniej mój, trwał ponad pół roku. Ubytek elektrolitów przy temperaturach przekraczających w lecie  $45^{\circ}\text{C}$  w cieniu czyni człowieka słabym i zagubionym w tym morzu piasków. Drugą ważną sprawą jest przystosowanie się do specyfiki i trybu pracy środowiska arabskiego.

Jeśli chodzi o geofizyczne prace poszukiwawcze na Damranie, to mam następujące uwagi. W Polsce wulkanitów mamy niewiele, trochę andezytów, bazaltów i żył skał wylewnych. Nie mamy dużych pokryw i towarzyszącej im bogatej mineralizacji. Stąd też moje doświadczenia w tej materii, a myślę, że również moich poprzedników było oparte na wiadomościach pochodzących z literatury, a następnie ciężkiej codziennej pracy na otwartej pustyni saharijskiej.



Ryc. 8. Autor artykułu (pierwszy z prawej) wraz z ekipą pracowników arabskich



Ryc. 9. Polscy specjaliści przed barakiem biurowym oddziału EREM. W pierwszym rzędzie od lewej: J. Bareja, M. Studencki, S. Rulski; w drugim – M. Bittmar, Z. Buła, B. Wyjsprych (?), A. Grabowski, A. Zdanowski, NN, B. Miecznik, O. Juskowiak. Bechar, 1986. Fot. z arch. autora

Jak z perspektywy czasu i zdobytych tam doświadczeń oceniam wykonane na Damranie prace poszukiwawcze? Co należało zmienić lub zastosować?

Zdjęcie grawimetryczne było tu niezbędne. W jego efekcie udało się prześledzić strukturę i zróżnicowanie litologiczne tego wulkanu. Uważam jednak, że było zbyt szczegółowe, z całą pewnością mogło być realizowane przy mniejszym zagęszczeniu profili i większym kroku pomiarowym. Detalizacja prac winna obejmować obszary uznane za perspektywiczne, wytypowane pod lokalizację wierceń. Obróbka pomiarów grawimetrycznych bez posiadania komputera i programów interpretacyjnych była bardzo pracochłonna i niepełna. Uważam również, że w dwóch wykrytych dominujących stref tektonicznych należało zintensyfikować prace poszukiwawcze i wykonać wiercenia. Dziwi mnie, że uszło to uwadze geologów algierskich i rosyjskich, tym bardziej że w północnej strefie tektonicznej w bazaltach występowała miedź rodzima, a na przedłużeniu drugiej – południowej, na polu Rachmani, stwierdzono znaczną i rozległą mineralizację węglanami miedzi. Głębokie strefy tektoniczne i towarzyszące im rozłamy oraz rozluźnienie skał ułatwiają krążenie roztworów hydrotermalnych i przemian metasomatycznych, a w ich efekcie wytrącania się metali.

Dzięki pomiarom metodą polaryzacji wzbudzonej zlokalizowano rozległą strefę anomalną, której źródło nie zostało do końca wyjaśnione. Prawdopodobnie jest ona wywołana siarczkową mineralizacją polimetaliczną w strefie kontaktu wulkanitów z prekambryjskimi skałami osadowymi. Metoda ta w warunkach pustynnych wymaga dużego nakładu pracy i przygotowania uziemienia elektrod poprzez zwilżanie wodą punktów pomiarowych.

Wyniki pomiarów magnetycznych poprzez zróżnicowanie pola  $\Delta T$  pozwoliły na wydzielenie w wulkanitach odmian skalnych (bazalty, andezyty, ryolity, dacyty) różniących się podatnością magnetyczną.

Dużym zaniedbaniem kierownictwa EREM i doradców rosyjskich było niewprowadzenie do poszukiwań rudnych całej gamy aparatów elektromagnetycznych, bardzo mobilnych w warunkach pustynnych. Zarówno w wariancie profilowym, jak i sondowań, mogły one służyć do lokalizacji złóż rudnych zarówno płytkich, jak i głębiej położonych. W warunkach pustynnych ich przydatność byłaby nieoceniona.

## PODSUMOWANIE

Wiele lat upłynęło od czasu prac polskich geologów i geofizyków na pustynnym wulkanie Damrane. Myślę, że to, co powyżej opisałem, uzupełnią wspomnienia J. Barei, W. Heflika oraz innych autorów, zamieszczone w publikacji „Polscy geolodzy na pięciu kontynentach” (Śliżewski i in., 2005). Prezentowane zdjęcia przybliżą czytelnikowi pustynny rejon Damranu.

W pierwszym okresie pobytu w Algierii wiadomości o oczekujących mnie wyzwaniach i geologii terenów do których zamierzano mnie skierować, o złożach tam występujących i ludziach, uzyskałem od pracujących tam już wcześniej osób – geofizyka Lecha Stefaniaka oraz innych kolegów (uwidocznieni na załączonym zdjęciu). Natomiast szczegółowe informacje o złożach miedzi w Algierii otrzymałem od zatrudnionego w EREM geologa francuskiego M. Kirtona. W raporcie sporządzonym dla oddziału poszukiwawczego EREM, opisał on w obszernym naukowym opracowaniu różne typy złóż miedzi występujące w Algierii, uwzględniając w tym informacje wcześniejsze z okresu administracji francuskiej. Obu tym współtowarzyszom pracy, jak i pozostałym kolegom, z którymi dzieliłem trudy pobytu na pustyni, jestem do dziś wdzięczny.

Autor dziękuje Recenzentowi za wszystkie cenne uwagi, a także Redakcji Przeglądu Geologicznego za pomoc w przygotowaniu artykułu do druku.

## LITERATURA

- BAREJA J.W. 2005 – Sahara [W:] Śliżewski W., Salski W. & Werner Z. (red.), Polscy geolodzy na pięciu kontynentach. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 171–184.  
HEFLIK W. 2005 – Badania mineralogiczno-petrograficzne w północno-zachodniej części Sahary [W:] Śliżewski W., Salski W. & Werner Z. (red.), Polscy geolodzy na pięciu kontynentach. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 192–195.  
ŚLIŻEWSKI W., SALSKI W. & WERNER Z. (red.) 2005 – Polscy geolodzy na pięciu kontynentach. Państw. Inst. Geol., Warszawa.  
WIELKI ATLAS ŚWIATA 2005 – Afryka Północna, 92. Wyd. Demart, Warszawa.

Praca wpłynęła do redakcji 4.04.2016 r.  
Akceptowano do druku 20.04.2016 r.