

## **„SALARY AMERYKI POŁUDNIOWEJ” – SPRAWOZDANIE Z WYPRAWY NAUKOWEJ PSGS**

**“Salars of South America” –  
report of PSMA scientific expedition**

**Kazimierz URBAŃCZYK**

*Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Górnictwa Surowców Chemicznych „Chemkop”;  
ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków; e-mail: urbanc@chemkop.pl*

Wyprawa „Salary Ameryki Południowej” odbyła się w dniach 24.08–17.09.2011 roku. Salary to miejsca, w których można zobaczyć, jak współcześnie powstają złoża soli. Dla osób związanych z geologią soli i eksploatacją jej złóż są to obserwacje bezcenne. Wyprawa miała też, obok celu ściśle naukowego, aspekt turystyczny.

### **TRASA WYPRAWY (Fig. 1)**

Lima – Paracas i okolice (Reserva Nacional de Paracas – wyspy ptasie Islas Ballestas, klif wybrzeża Pacyfiku i pustynie przybrzeżne) – Nasca i okolice (przelot nad słynnymi geoglify oraz zwiedzenie Cementerio Arqueológico de Chauchilla) – Arequipa – Kanion Colca – Arequipa (z postojami m.in. w Reserva Salinas y Aguada Blanca, na przełęczy Patapampa 4900 m n.p.m., noclegiem w Chivay, Yanque, Maca, Cruz del Condor) – Cuzco i okolice (Sacsayhuaman, Puka-pukara, Tambomachay) – Machu Picchu (ze zwiedzeniem po drodze twierdz Pisac i Ollantaytambo, noclegiem w Aguas Calientes) – Cuzco – Kasani (granica Peru/Boliwia) – Copacabana (z przepłynięciem jeziora Titicaca i przejściem wzdłuż Isla del Sol) – La Paz i okolice (wejście na Chacaltaya 5431 m n.p.m., zwiedzenie Valle de la Luna w Mallasa) – Potosi (zwiedzenie dawnych kopalń srebra) – Uyuni – przejazd autami terenowymi przez Salar de Uyuni i Altiplano z Reserva Nacional de Fauna Andina Eduardo Avaroa, wzdłuż słonych jezior i pól geotermalnych Sol de Mañana do Portezuelo del Cajón (posterunek graniczny Boliwia/Chile) – San Pedro de Atacama i okolice (gejzery El Tatio, Salar Atacama, Cordillera de la Sal z Valle de la Muerte i Valle de la Luna lub kopalnia miedzi Mina Chuquicamata) – Iquique – kopalnie soli Sociedad Punta de Lobos (port solny w Patillos i odkrywka na Salarze Grande, saletyery i wymarłe miasto Humberstone). W Iquique zakończyła się wspólna część wyprawy, większość uczestników przejechała następnie do Santiago de Chile.



**Fig. 1.** Mapka – najważniejsze miejsca na trasie wyprawy PSGS (Mapy Google)

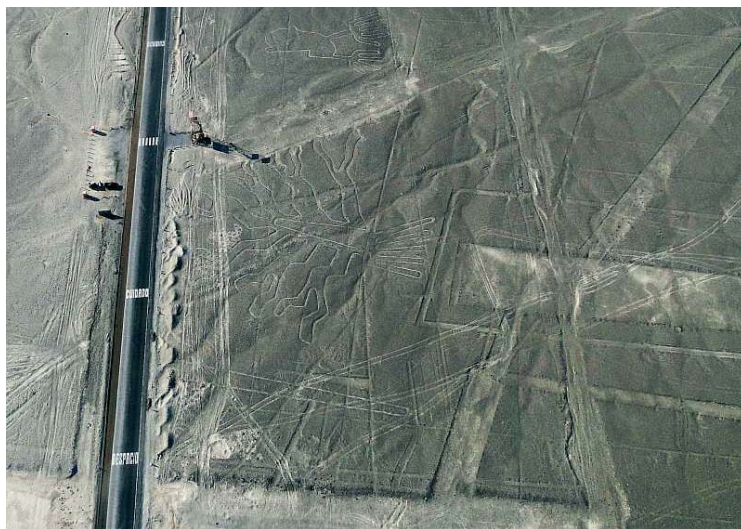
**Fig. 1.** Map indicating selected sites on the route of the PSGS expedition (Google Maps)

### Peru – zabytki prekolumbijskie

Nie ma miejsca na ich wyliczenie. Trudno powiedzieć, co wywarło na nas większe wrażenie: ogromnych rozmiarów geoglify z Nasca oglądane z samolotu (Fig. 2), zbocza gór zamienione w uprawne tarasy (Fig. 3) czy megalityczne budowle Inków (Sacsayhuaman), miasta na szczytach gór (Pisac, Ollantaytambo i najstojniejsze z nich – Machu Picchu) (Fig. 4), do których budulec sprowadzano nieraz z sąsiednich gór, nie używając kół, a obrabiano nie znając żelaza.

### Boliwia, Chacaltaya (5431 m n.p.m.)

Karkołomny był dojazd pod schronisko. Pokonanie ostatnich 130 metrów wysokości, aby dojść na wierzchołek (Fig. 5), wymagało blisko godziny, z uwagi na rozrzedzone powietrze.



**Fig. 2.** Nasca, Peru – dobrze widoczne geoglify „drzewo” i „ręce”, widać też szosę, która przechodzi przez płaskowyż, niszcząc niektóre geoglify (fot. B. Urbańczyk)

**Fig. 2.** Nasca, Peru – clearly visible the geoglyphs: “tree” and “hands” as well as a highway, which cut through the plateau, destroying some of the geoglyphs (phot. B. Urbańczyk)



**Fig. 3.** Ollantaytambo, Peru – stoki górskie poniżej twierdzy zamienione przez Inków w tarasy uprawne (fot. B. Urbańczyk)

**Fig. 3.** Ollantaytambo, Peru – mountain slopes below the fortress were transformed by the Incas into cultivated terraces (phot. B. Urbańczyk)



**Fig. 4.** Polskie proporce nad Machu Picchu, Peru (fot. B. Urbańczyk)

**Fig. 4.** Polish pennants over Machu Picchu, Peru (phot. B. Urbańczyk)



**Fig. 5.** Na szczycie Chacaltaya 5431 m n.p.m., Boliwia (fot. J. Żarczyński)

**Fig. 5.** At the top of the Chacaltaya 5431 m a.s.l., Bolivia (phot. J. Żarczyński)

### Boliwia, Potosi, dawne kopalnie srebra

We wnętrzu Cerro Rico de Potosi (4829 m n.p.m.), górującego nad jednym z najwyższych położonych miast świata – Potosi, odkryto żyłę srebra kilkumetrowej miąższości jeszcze w czasach Inków. Hiszpanie rozwinęły eksploatację, zaganiając do kopalń całe wioski indiańskie, później przywożono z Afryki niewolników murzyńskich. Od czasów konkwisty wydobyto z kopalń Potosi ok. 46 tys. ton srebra. Potosi stało się w XVII w. największym miastem świata, w 1672 r. liczyło ok. 200 tys. mieszkańców. Miało 68 kościołów. Po wyeksploatowaniu żyły srebra wydobywano jeszcze rudy cynku, ołowiu i innych metali. Kopalnie zostały ostatecznie zamknięte w 1985 r. Jednak górnicy wywalczyli prawo wydobywania rud metali na własną rękę. Dziś pracuje ich tam ok. 15 tys. w bardzo prymitywnych i niebezpiecznych warunkach.

Uczestnicy wyprawy zwiedzili jeden z poziomów czynnej kopalni, która liczy ich siedem. Turyści zwyczajowo obdarowują górników prezentami, na które składają się liście koki, paczka papierosów, alkohol oraz laski dynamitu (Fig. 6). Pokazano nam też ceremonie górnicze, mające zapewnić przychyłność diabła władającego podziemiami.



**Fig. 6.** Udajemy się na zwiedzanie kopalni srebra w Potosi, Boliwia. W rękach trzymamy „dary dla górników” (fot. J. Żarczyński)

**Fig. 6.** Prepared to visit the silver mine in Potosí, Bolivia. “Gifts to miners” in our hands (phot. J. Żarczyński)

### Boliwia, Salar de Uyuni

Salar de Uyuni to największe jezioro solne na świecie. Leży 3656 m n.p.m., liczy 10 582 km<sup>2</sup>, ma orientacyjne rozmiary 160 km × 135 km. Największa odległość od brzegu

do brzegu wynosi ok. 200 km! Salar jest pozostałością ogromnego plejstocenijskiego śród-  
lądowego morza, którego poziom był wyższy o 45 m od dzisiejszego poziomu jeziora Titi-  
caca i które obejmowało większą część płaskowyżu Altiplano u stóp łańcucha andyjskich  
wulkanów, sięgając od jeziora Titicaca po solniska na pograniczu z Chile. Opady w porze  
suchej mieszczą się tu zwykle w granicach 1–3 mm/miesiąc. W porze deszczowej (od grud-  
nia do kwietnia) są o kilka milimetrów wyższe, z wyjątkiem stycznia, w którym zdarza się,  
że spadnie „aż” 80 mm. Pada za to w wyższych partiach gór i potoki płynące z gór zalewają  
salar. W porze suchej woda z jeziora odparowuje, pozostawiając warstewkę soli. I tak  
w ciągu tysięcy lat utworzyły się ogromne złoża soli. Zasoby solne Salaru de Uyuni okreś-  
lane są na ok. 10 mld ton, roczna eksploatacja jest rzędu 25 tys. ton.

Solanka zalegająca pod powierzchnią kry solnej zawiera, zwłaszcza w rejonach brzeż-  
nych, duże ilości litu i magnezu. Zasoby litu w salarach Uyuni i Coipasa oceniane są na  
5,4 mln ton, co stanowi połowę światowych zasobów. W latach 80. ubiegłego wieku korp-  
poracje oparte głównie na kapitale amerykańskim przystąpiły do ich eksploatacji, ale po sil-  
nych protestach lokalnej ludności, eksploatacji zaniechano w latach 90. Rząd boliwijski  
próbuje wznowić eksploatację, tym razem bez udziału obcego kapitału.

Słona woda zalewająca salar wyrównuje jego powierzchnię. Podaje się, że deniwela-  
cje mieszczą się w granicach 41 cm. Satelity korzystają z tego, by skalibrować swe wyso-  
kościomierze. Dzięki płaskiej powierzchni salar jest wykorzystywany przede wszystkim do  
celów komunikacyjnych, oczywiście w porze suchej (Fig. 7).



**Fig. 7.** Salar de Uyuni – wyprawa PSGS, przykucnęli nasi kierowcy (fot. J. Żarczyński)

**Fig. 7.** Salar de Uyuni – in front of the PSGS expedition, our drivers crouched down (phot. J. Żarczyński)

Na salarze znajduje się kilka wysp. Na jednej z nich, Isla Incahuasi, odkryto ślady dawnych kultur przedinkaskich, w związku z czym powstała tam niewielka baza infrastrukturalna. Jak większość grup zwiedzających salar, tak i wyprawa PSGS urządziła tam postój, połączony z wejściem na wierzchołek wyspy. Charakterystyczną roślinnością są na niej kaktusy *Echinopsis atacamensis pasacana*. Rosną one dość powoli, roczne przyrosty wynoszą ok. 1 cm. Na tej podstawie wiek najstarszego i najwyższego kaktusa oceniono na 1,2 tys. lat. Tak stare okazy są jednak wyjątkowe, większość wygląda na kilkusetletnie. Na wyspie można też znaleźć liczne bomby wulkaniczne, które wyrzucił wulkan Tanupa wznoszący się na półwyspie w północnej części salaru.

Lokalną osobliwością jest wycinanie z powierzchni salaru cegieł solnych (Fig. 8). Służą one do budowy budynków. W jednym z nich, w hotelu solnym w Chivica, wyprawa nocowała w bardzo egzotycznych warunkach. Cały budynek z wyjątkiem dachu wykonany był z solnych cegieł, także wyposażenie wnętrza – stoły, siedzenia, łóżka. Spąg był też wysypany solą (Fig. 9). Następną noc uczestnicy ekspedycji spędzili w schronisku koło Laguna Colorado – najwyżej położonym punkcie noclegowym wyprawy (ok. 4200 m n.p.m.). Był to zarazem kolejny nocleg w spartańskich warunkach: dwie „kozy” do ogrzania się podczas kolacji i prąd z generatora włączanego na dwie godziny, dwie toalety i jedna umywalka na cały obiekt. W nocy temperatura na zewnątrz spadała do  $-9^{\circ}\text{C}$ , a w pokojach do  $-1^{\circ}\text{C}$ .



**Fig. 8.** Na Salarze Uyuni, Boliwia – widać jego idealnie płaską powierzchnię. Napis ułożony z solnych cegieł wycinanych z powierzchni salaru, używanych do budowy „solnych hoteli” (fot. J. Żarczyński)

**Fig. 8.** Salar de Uyuni, Bolivia – one can see its perfectly flat surface. The letters are arranged of salt bricks, cut from the salar surface. Such bricks are used for the construction of the “salt hotels” (phot. J. Żarczyński)



**Fig. 9.** W hotelu solnym przy Salarze Uyuni, Boliwia (fot. J. Żarczyński)

**Fig. 9.** At the salt hotel on the Salar de Uyuni, Bolivia (phot. J. Żarczyński)

W czasie przejazdu przez Altiplano uczestnicy wyprawy obserwowali fumarole unoszące się z wulkanów w głównym łańcuchu Andów, po zachodniej stronie Altiplano (Volcán Ollagüe, Volcán Putana). Pyły wulkaniczne roznoszone przez wiatr po okolicy przyczyniły się do wyrównania terenu.

### **Boliwia, Sol de Mañana – Chile, El Tatio**

Pole geotermalne Sol de Mañana leży po boliwijskiej stronie Andów, na wysokości 4850 m n.p.m. Liczne kratery wyrzucają słupy pary, ale też para wydobywa się niemal ze wszystkich spękań gruntu. W niektórych bulgoce błoto, czuć siarkowodor. Najwyższy „gejzer” jest sztucznym obiektem (Fig. 10), pozostałością z odwiertu, wykonanego w ramach prób wykorzystania energii geotermalnej.

Pole gejzerowe El Tatio znajduje się na wysokości ok. 4300 m n.p.m. po chilijskiej stronie Andów. Liczy ono ok. 80 gejzerów, jednak przeciętne erupcje wody nie przekraczają metra. Natomiast niezliczone fumarole strzelają efektownymi słupami pary. Wokół licznych kraterów uformowały się wapienne stożki (Fig. 11). Również na progach skalnych, przez które spływa woda z gorących źródeł, widać charakterystyczne formy trawertynowe.

### **Chile, Salar de Atacama**

Jakże odmiennie od Salaru de Uyuni prezentuje się Salar de Atacama. Położony jest na pustyni Atacama, stanowiącej najsuchszy obszar świata. Suma rocznych opadów wynosi tutaj poniżej 1 mm, niektóre stacje meteorologiczne nie zarejestrowały opadu nigdy. Tak niewielkie opady są przyczyną tego, że w holocenie nie powstały w tym rejonie lodowce, mimo że niektóre szczyty sięgają powyżej 6800 m n.p.m.





**Fig. 10.** Przy „gejzerze” Sol de Mañana, Boliwia (fot. J. Żarczyński)

**Fig. 10.** By the “geyser” Sol de Mañana, Bolivia (phot. J. Żarczyński)



**Fig. 11.** Pole gejzerowe El Tatio, Chile. Wokół minigejzerów tworzą się stożki martwicy wapiennej (fot. A. Kunstman)

**Fig. 11.** Geyser field El Tatio, Chile. Cones of calcareous sinter have formed around mini-geysers (phot. A. Kunstman)

Powierzchnia salaru wynosi niecałe 2400 km<sup>2</sup>, orientacyjne rozmiary 100 km × 80 km. Leży on pomiędzy głównym łańcuchem Andów a Kordylierą Domeyki, średnio na wysokości ok. 2300 m n.p.m. Salar nie jest zalewany wodą, jednak przedostają się do niego wysoko zmineralizowane wody podziemne zasilające słone jeziora na jego obszarze, z których woda przesiąka na resztę terenu. Zależnie od rejonu na powierzchni salaru wytrąca się sól kamienna, sole magnezowo-potasowe lub boraks, podobnie jak w lagunach boliwijskiego Altiplano. Wytrącająca się sól miesza się z pyłem niesionym przez wiatr, w efekcie powierzchnię salaru pokrywają więc wykwity solno-pyłowe o wysokiej porowatości, z daleka wyglądające jak zorana ziemia, są one jednak twarde i ostre (Fig. 12).



**Fig. 12.** Salar de Atacama, Chile – widać jego powierzchnię, przypominającą świeżo zaoraną ziemię (fot. A. Kunstman)

**Fig. 12.** Salar de Atacama, Chile – one can see its surface, resembling freshly ploughed soil (phot. A. Kunstman)

Salar de Atacama zawiera 27% światowych zasobów litu. Tutejsze kopalnie dostarczają 30% światowej produkcji tego cennego pierwiastka.

### **Chile, kopalnia miedzi Chuquicamata**

Wyprawa prowadziła również do odkrywkowej kopalni miedzi w Chuquicamata. Mina Chuquicamata jest odkrywką o rozmiarach 3.8 km × 3 km. Siega do głębokości 850 m, co daje jej drugie miejsce w świecie (Fig. 13). Do końca 2007 roku otrzymano z niej 29 mln ton miedzi. Kopalnia jest także liczącym się dostawcą molibdenu.



**Fig. 13.** Kopalnia Chuquicamata, Chile – odkrywka głębokości 850 m (fot. W. Wojnar)

**Fig. 13.** Mine Chuquicamata, Chile – open pit 850 m deep (phot. W. Wojnar)

Kopalnię mogło zwiedzić jedynie pięć osób z naszego grona. Po sierpniowym zawale w kopalni San Jose (akcja ratownicza wciąż była w toku), władze górnicze zaostrzyły rygory, w efekcie kopalnia Chuquicamata ograniczyła liczbę zwiedzających.

### **Chile, kopalnia soli SPL**

Dzięki rekomendacjom polskiej filii firmy ESCO – K+S Polska Sp. z o.o. wyprawa gościła w kopalni Sociedad Punta de Lobos (SPL). Kopalnia SPL wchodzi w skład grupy ESCO. Pod opieką pracownika kopalni, señora Alejandro Fuentes, można było zapoznać się w pełni z jej działalnością.

Pokazano nam, od lądu i od morza port solny kopalni w Patillos. Są tam dwa pirsy z liniami taśmociągowymi umożliwiające załadunek soli wprost na statek. Obie linie ładunkowe są w stanie rocznie załadować na statki ok. 12 mln ton soli.

Kopalnia eksploatuje Salar Grande, znany też pod nazwą Tarapaca Salt Flat. Miąższość pokładu soli dochodzi do 150 m, w rejonie eksploatowanym ma ok. 60 m. Kiedy tworzył się pokład soli, musiały tu przez długi czas panować warunki podobne, jak na Salarze de Uyuni. Osadzała się sól kamienna wysokiej czystości (dolne 40 m eksploatowanej warstwy złoża). W późniejszym okresie warunki uległy zmianie, upodabniając się do panujących na Salarze de Atacama. Górne 20 m jest zailone, a powierzchnia terenu przypomina powierzchnię Salaru de Atacama.



**Fig. 14.** Kopalnia SPL, Chile – eksploatacja soli w odkrywce „Kainit” (fot. B. Urbańczyk)

**Fig. 14.** SPL mine, Chile – salt exploitation from the pit “Kainit” (phot. B. Urbańczyk)

Kopalnia obecnie eksploatuje metodą strzałową dwie odkrywki, sześcioma poziomami po 10 metrów. Na pierwszej odkrywce uczestnicy wyprawy mogli obserwować, jak przebiega wytyczanie i odwiercanie otworów strzałowych na poziomie piątym. Z kolei na drugiej odkrywce pokazano nam załadunek na olbrzymie wywrotki odstrzelonego pasa na poziomie drugim (Fig. 14). Umożliwiono nam również zwiedzenie linii przeróbki, złożonej z dwóch stopni kruszarek bębnowych i dwóch wież przesiewających. Końcowy produkt – odsiana, czysta sól o określonej granulacji – jest tu przechowywany pod gołym niebem, w kopcach, co jest możliwe dzięki temu, że opady są tu rzadkością.

Eksploatacja jest niesłychanie tania, a możliwość zwiększenia produkcji nieograniczona, główny składnik ceny tutejszej soli to koszt transportu morzem. Można powiedzieć, że Europa ma szczęście, że kopalnia ta nie jest blisko wybrzeża Atlantyku. Inaczej nasze kopalnie soli nie wytrzymałyby konkurencji z solą z chilijskich odkrywek.