

chilijskiej, potrzebnej m.in. do wyrobu nawozów i materiałów wybuchowych. Impulsem do rozwoju Antofagasty stało się trzęsienie ziemi i tsunami, które w 1887 r. zniszczyło ówczesne główne miasto Cobija (zlokalizowane nad Pacyfikiem, na północy, a dzisiaj liczące zaledwie kilka domów). Wielki udział w jego powstaniu mieli również Anglicy, a utworzone przez nich budowle, jak np. wieża zegarowa, podobna do Big Bena, świadczą o tym do dzisiaj.

W 1879 r. wybuchła tzw. wojna pacyficzna pomiędzy Boliwią i Peru z jednej strony, a Chile z drugiej. Bezpośrednim jej powodem było nałożenie przez Boliwię podatków (i to wstecz) na producentów nitratów z obszaru pomiędzy 23–24 stopniem szerokości geograficznej południowej. Podatki nałożono w celu uzyskania środków dla odbudowy zniszczonego przez tsunami i trzęsienie ziemi regionu. W wyniku wygranej Chile, Boliwia utraciła dostęp do morza zaś Peru powróciła Tarapaca.

Antofagasta, licząca dzisiaj ponad 300 tys. mieszkańców, położona jest w malowniczej okolicy, lecz niestety w bardzo niekorzystnych warunkach naturalnych. Od początku jej istnienia niemal wszystkie środki niezbędne do funkcjonowania miasta, w tym wodę i żywność, dostarczano drogą morską (największy port zachodniego wybrzeża Ameryki Pld.). Również dzisiaj wodę do miasta dostarczają rurociągi, z odległych o setki kilometrów Andów. Mimo tych trudności miasto tętni życiem.

Symboliczną bramą do miasta tworzy La Portada (ryc. 2). Ten pomnik przyrody to łuk skalny o wysokości 43 m, długości 70 m i szerokości 23 m, zbudowany z piaskowców muszlowych z fauną sprzed 235 mln lat. W podłożu występują ciemne skały magmowe – jurajskie andezyty (sprzed 135 mln lat), zaś cały rezerwat zajmuje powierzchnię powyżej 31 ha.

To nowoczesne miasto jest też ważnym ośrodkiem akademickim z Universidad Catolica del Norte (ryc. 3, 4). Na tamtejszym Wydziale Nauk Geologicznych miałem okazję prezentować nasze górnictwo oraz przedstawić polskie złoża rud miedzi i innych kopalin. Na tym uniwersytecie można studiować m.in. prawo, architekturę, budownictwo, inżynierię środowiska, metalurgię, zaś na drugim kampusie w Coquimbo (środkowe Chile) biologię morza, rolnictwo, medycynę, filozofię i teologię. Z uniwersytetem związany jest również Instytut Badań Archeologicznych oraz muzeum w San Pedro de Atacama, obserwatorium astronomiczne w Sierra Vicuña Mackenna, a także baza naukowa na Antarktydzie. Na terenach uniwersyteckich, oprócz wspaniałego muzeum geologicznego, znajdują się także ruiny zabytkowej boliwijskiej huty srebra – Huanchaca z 1873 r., w której wytapiano rudę ze złóż Oruro (ryc. 5). Ten świadek burzliwych niegdyś wydarzeń to dzisiaj miejsce rozrywek, nie tylko studentów, podczas różnych imprez, np. typu „światło i dźwięk”.

Podróż przez Atakamę na wschód, w stronę wulkanów i Andów, tylko pozornie mogła wydawać się monotonna. Krajobraz i ukształtowanie terenu stale się zmieniały, od równiny po góry. Skały na kamienistej pustyni zmieniały swoje barwy – od brunatnej do jasnoszarej (ryc. 6), jedynie wspaniały błękit nieba pozostawał niezmienny. Mijaliśmy liczne odkrywkowe kopalnie miedzi, m.in. Mantos Blancos, Lomas Bayas i Mina Gaby.

Główne drogi np. do Baquedano, czyli słynna nr 5 „panamericana”, były znakomitej jakości, lecz podrzędne też nie najgorsze. Ich nawierzchnię wykonana z bischofitu – chlorku magnezu, a wyrównana została przez przejeżdżające ciężarówki i może być niekiedy wzorem dla naszych drogowców (ryc. 7).

Po przebyciu gór Cordillera de Domeyko, nazwanych imieniem naszego wielkiego rodaka Ignacego Domeyki (przyjaciela Mickiewicza, ojca górnictwa Chile, niestety niezasłużenie słabiej znanego w Polsce), zmienił się krajobraz i barwy. Pojawiła się słona pustynia Salar de Atacama, zaś barwy skał stały się śnieżnobiałe (ryc. 8, 9). Salar – ten bezodpływowy zbiornik zasilany wodami spływającymi z Andów, stale łągującymi związki mineralne – jest jak gdyby wielką kopalnią soli. Sole te zawierają m.in. związki litu, a Chile jest jednym z największych ich producentów na świecie. Na zachodnim obrzeżeniu solniska znajduje się mała oaza Peine (2438 m n.p.m.) z pięknym kościółkiem św. Rocha z XVIII w. oraz... basenem kąpielowym. Znajdują się tutaj również resztki osady z czasów prekolumbijskich, bowiem Atakama wchodziła też w obszar dawnego imperium Inków.



Ryc. 4. Utrzymanie zieleni na terenie uniwersytetu, w pustynnych warunkach, jest możliwe jedynie dzięki wielkiemu wysiłkowi całej społeczności akademickiej. Zdaje się to także potwierdzać długim dziobem „ciało lotne” (chwilowo spacerujące)



Ryc. 5. Prorektor prof. Mario Pereira wraz z autorem, na tle ruin dawnej boliwijskiej huty srebra Huanchaca



Ryc. 6. Większość pustyni świata, w tym Atakama, nie jest pokryta piaskiem, jakby mogło się wydawać. Taki błękit nieba zdarza się jednak tylko tutaj



Ryc. 7. Drogi na Atacamie są podobne do naszych, lecz nie rozmiękają. Po lewej to nie jest fatamorgana ani skrzyżowanie z lotniskiem, lecz gotowy do startu samolot armii chilijskiej, zaś na horyzoncie Góry Domeyki



Ryc. 8. Z gór zjeżdżamy na słoną pustynię Salar de Atakama. Doskonała widoczność sprawia, że najbliższe góry zdają się być na wyciągnięcie dłoni, a to co najmniej 50 km. W dali ledwo widoczne andyjskie wulkany



Ryc. 9. Sprawdzanie GPS-em pozycji i wysokości (2286 m n.p.m.) na Salar de Atacama oraz testowanie zawartości soli w soli



Ryc. 10. Z sympatyczną strażniczką w rezerwacie flamingów Lagunas Miscanti y Miniques (4263 m n.p.m.)



Ryc. 11. Jezioro Miscanti z wulkanem Cerro Miniques (5910 m n.p.m.)



Ryc. 12. Kościół św. Piotra na rynku w San Pedro de Atakama (XVII w.)

Nasza droga wiodła coraz wyżej w Andy, poprzez małą osadę Socaire (3234 m n.p.m.) do narodowego rezerwatu flamingów, położonego nad jeziorami Lagunas Miscanti y Miniques (ryc. 10). Jeziora te zawdzięczają nazwę wulkanom Cerro Miscanti (5622 m n.p.m.) oraz Cerro Miniques (5910 m n.p.m.), przy czym niższy z wulkanów dał nazwę większemu z jezior (15 km²), a wyższy mniejszemu (1,5 km²). Lustro wody jeziora Miscanti znajduje się na wysokości 4200 m n.p.m. (ryc. 11), a jezioro Miniques jest położone 5 m niżej. Flamingów niestety nie widzieliśmy – zabrakło, podobnie jak brakowało na tej wysokości tlenu. Nie brakowało natomiast kaczek andyjskich oraz ptaków podobnych do mew, chyba gawiotów. Spotkaliśmy także grupę turystów z Austrii i Włoch, a więc niemalże rodaków, tyle że z UE.

Dalsza trasa prowadziła na szczęście w dół, więc można było lepiej oddychać, a odetchnęliśmy zupełnie dopiero w podcieniach rynku w stolicy regionu San Pedro de Atakama. Tędy przechodził i przez jakiś czas zamieszkiwał, prawdopodobnie ok. 1540 r., hiszpański zdobywca Pedro de Valdivia. Miejscowość ta, którą obraliśmy za miejsce noclegowe, położona jest na północnym obrzeżeniu salaru, na wysokości 2440 m n.p.m. W tej oazie, ważnym punkcie zarówno na trasie do Argentyny, jak i Boliwii oraz do okolicznych osobliwości przyrody, budynek wznoszono z cegły suszonej na słońcu i są one zazwyczaj parterowe. Taki jest również budynek, wspomniany już uprzednio, muzeum archeologicznego im. Gustavo Le Paige (belgijskiego jezuita), w którym zgromadzono ciekawe zbiory, ilustrujące kulturę regionu zamieszkałego przez Indian Atacameños, a także z czasów panowania Inków i najazdów hiszpańskich konkwistadorów.

Jedną z największych tutejszych atrakcji jest niewątpliwie Księżycowa Dolina – Valle de La Luna, którą należy zwiedzać najlepiej późno, przed zachodem słońca. Wtedy to bowiem fantastyczne formy skalne, zawdzięczające swoją postać erozji, są najlepiej widoczne (ryc. 13). Można tu zobaczyć m.in. tzw. amfiteatr, skomponowane ze żwiru, ilów, soli i bloków skalnych postacie zwane Trzema Mariami, a w oddali andyjski wulkan Licancabur. Można zwiedzić również nieczynną kopalnię soli i tzw. wielką wydmę, bodajże jedyne nagromadzenie piasku, które zapamiętałem w Atakamy, lecz jakże różne od naszego bałtyckiego (ryc. 14). Widok Księżycowej Doliny w świetle zachodzącego słońca jest wspaniały, lecz znacznie lepszy w świetle księżyca.

Inną znakomitą atrakcją geoturystyczną, dla której warto było ponosić trudy podróży, są położone nieco ponad 90 km na północ od San Pedro de Atacama, tuż przy granicy z Boliwią, gejzery El Tatio (ryc. 15). Znajdują się one na płaskowyżu Altiplano, w polu hydrotermalnym o powierzchni 30 km², na wysokości 4300 m n.p.m. Naliczono tutaj 40 gejzerów, 85 fumaroli (gorące gazy i pary wulkaniczne), 62 gorące źródła i pięć wulkanów błotnych. Gejzery wykazują największą aktywność pomiędzy 6 i 7 rano, wtedy to fontanny pary osiągają ponad 10 m wysokości, natomiast temperatura powietrza jest ujemna (nawet -10 °C). Aby je zobaczyć, trzeba wyjechać z San Pedro de Atacama, koniecznie samochodem terenowym, co najmniej o 3 w nocy. Niby nie jest to wielki problem, ale nabiera on „innego wymiaru” gdy, podobnie jak inni turyści w liczącej ponad 50 aut kawalkadzie, w podróż do gejzerów wybiera się bezpośrednio po zakończonej po północy kolacji, uświetnionej wspaniałą muzyką



Ryc. 13. Księżycowa Dolina – Valle de La Luna



Ryc. 14. Na wiekiej wydmie w Księżycowej Dolinie

andyjskich Indian. Gejzery El Tatio należy zwiedzać z największą rozważą, bowiem wulkaniczny „grunt” nie jest zbyt stabilny i zdarzały się przypadki jego zapadnięcia i oparzeń turystów.

Gdy gejzery wyraźnie zmniejszyły swoją aktywność, wyruszyliśmy w drogę do Chuquicamata. Po drodze zwiedziliśmy wioskę Chiu Chiu, o wielkim znaczeniu dla historii regionu i znaną już 1000 lat p.n.e. Tą pustynną oazę zamieszkuje obecnie 322 mieszkańców. Znajduje się ona na szlaku Inków, tutaj również przebywali hiszpańscy konkwistadorzy Diego de Almagro i Pedro de Valdivia zaś jej największą atrakcją jest zbudowany w 1675 r. kościółek św. Franciszka (ryc. 16). Jego dach zbudowano z powiązanych rzemykami desek, ale nie są to zwykłe deski, skąd bowiem na pustyni wziąć drzewo? Zamiast drewna użyto specjalnie preparowanych kaktusów, prawdopodobnie w soli.

Chuquicamata przywitała nas temperaturą właściwą dla Atakamy, czyli gdzieś prawie 40 °C. Dobrze, że biuro działu geologicznego kopalni było klimatyzowane. Uzyskaliśmy podstawowe informacje o złożu, sposobach i wielkości wydobycia oraz przeróbce rudy miedzi z Chuqui, jak ją nazywają zdrobniale Chilijczycy. Jest ona także często przedstawiana jako „jądro anomalii planetarnej”, zaś w pobliżu znajdują się jeszcze inne odkrywki – Południowa i Radomiro Tomic. Wielkość złoża i odkrywkowej kopalni (ryc. 17–21) upoważnia do takiego stwierdzenia, lecz dla geologa właściwie każde złożo, jakiegokolwiek kopaliny, jest anomalią. Mając odpowiednią wiedzę, można przedzwy czy później taką anomalię przewidzieć i odkryć.

Chuqui, własność chilijskiego koncernu Codelco, jest zlokalizowana w tzw. strefie występowania porfirów miedzionośnych, o przebiegu równoległym do wybrzeża Pacyfiku. Strefa ta powstała w wyniku subdukcji (podciągania) płyty oceanicznej Nazca pod płytę kontynentalną Ameryki Płd. Szerokość tej strefy wynosi kilkadziesiąt kilometrów i znajduje się ona w odległości ok. 100 km od wybrzeża. Rozciąga się na ponad 1000 km, od obszaru Peru do rejonu na południe od Santiago de Chile. Mineralizacja miedzią (i molibdenem) w Chuqui nastąpiła na przełomie eocenu i oligocenu, ok. 33–37 mln lat temu. Zawartość miedzi w rudzie zmienia się od 0,8 do 1,3% (średnio 1,03%), zaś molibdenu od 0,02 do 0,06%; stwierdzono także srebro, trochę złota i pewne ilości arsenu. Zasoby miedzi szacowane są na 34 mln t w przeliczeniu na czysty metal. Główne minerały siarczkowe miedzi to: chalkozyn, kowelin, bornit i chalkopiryt, arsenu – enargit, zaś molibdenu – molibdenit. Główne tlenki miedzi to atakamit i chryzokola. Odkrywkę przecina niemal na połowę uskoki zachodni – Falla Oeste (ryc. 17), o przebiegu południkowym. Część zachodnia jest płonna, sterylna i wulkaniczne porfiry nie są zmineralizowane metalami.

Rozmiary kopalni odkrywkowej są imponujące: długość 4,5 km, szerokość 3,5 km, natomiast jej głębokość w chwili zwiedzania osiągnęła już 880 m. Można spotkać w świecie większe odkrywki, lecz głębszej aniżeli Chuquicamata nigdzie! W przyszłości przewiduje się także podjęcie eksploatacji podziemnej, a nastąpi to, gdy odkrywka sięgnie głębokości większej aniżeli 950 m.

Imponujące są również dane o wielkości produkcji: dziennie wydobywa się 192 tys. t rudy oraz 360 tys. t skały płonnej, zaś roczna produkcja miedzi dochodzi do 600 tys. t metalicznej Cu (dla porów-



Ryc. 15. Gejzery El Tatio



Ryc. 16. Wnętrze kościoła św. Franciszka w Chiu Chiu



Ryc. 17. Największa odkrywka świata, kopalnia Chuquicamata, z lotu ptaka (dzięki uprzejmości chilijskiego koncernu miedziowego Codelco). Podczas naszego pobytu głębokość eksploatacji sięgnęła już 880 m



Ryc. 18. Kopalnia odkrywkowa widziana z platformy widokowej (2808 m n.p.m.). Widok w kierunku północnym



Ryc. 19. Transport skał samochodami



Ryc. 20. Samochody jedynie z daleka przypominają zabawki



Ryc. 21. Ruda miedzi dostarczana jest do zakładu przerobczego

niania w Polsce w 2007 r. wydobyto niespełna 32 mln t rudy miedzi i wyprodukowano 586 tys. t Cu). Taka wielkość wydobycia wymaga oczywiście odpowiednich środków do jej przemieszczania z kopalni do zakładu przerobczego (ryc. 19–21). Oprócz kołowego transportu rudy do zakładu przeróbki, używa się także taśmociągów. Znajdują się one w podziemnej sztolni transportowej, zlokalizowanej po wschodniej stronie odkrywki. Ruda dostarczana jest do zakładu przerobczego taśmami po uprzednim jej rozdrobnieniu w kruszarkach i zmieleniu w młynach.

Końcowe produkty wytwarzane w Chuqui, po przeróbce rudy i jej wytopie, to: koncentrat miedzi w formie granulatu o zawartości 34% Cu, siarczek i trójtlenek molibdenu, miedź katodowa 99,999% Cu, szlam o zawartości 27% srebra i 0,25% złota oraz miedź anodowa 99,7% Cu.

W drodze powrotnej do Antofagasta zwiedziliśmy opuszczone miasto saletrzane Chacabuco. Produkowano tutaj rocznie 180 tys. t saletry i 900 kwintali jodu, zaś surowiec do ich produkcji był pozyskiwany w kopalniach odkrywkowych, gdzie wydobywano płytko zalegające osady, nazywane caliche. Miasto zbudowano w latach 1922–1924 i funkcjonowało do 1940 r. (było jednak wykorzystywane później do więzienia przeciwników Pinocheta). Zamieszkiwało je 7 tys. mieszkańców, z czego 1700 było zatrudnionych przy produkcji. Miasto posiadało wszystko, co niezbędne do funkcjonowania, w tym



Ryc. 22. Zwrotnik Koziorożca na drodze do Antofagasta – Baquedano

oczywiście domy mieszkalne, sklepy, szkoły, skwery, place zabaw dla dzieci, kościoł, obiekty użyteczności publicznej, sportowe, teatr-filharmonię, bibliotekę. W obiegu miasta funkcjonował nawet specjalny, „saletrzany” pieniądz. Dzisiaj pozostały jedynie ruiny, w których hula wiatr. Miasto jest obecnie restaurowane z racji uznania go za obiekt dziedzictwa kulturowego Chile.

Chwili postoju w drodze powrotnej wymagało też przekroczenie Zwrotnika Koziorożca. Jego przebieg został przez Rotary Club zaznaczony kamiennym obeliskiem. Wskazania naszego GPS-u potwierdzają, że zrobiono to we właściwym miejscu (ryc. 22).

Wyprawa, którą mogliśmy zrealizować dzięki uprzejmości Uniwersytetu Católica del Norte oraz prof. Belisario Gallardo z Uniwersytetu La Serena, dobiegła końca. Tych rozlicznych krajobrazów i widoków, które można było podziwiać na niezwyklej pustyni Atakama, nie da się zapomnieć. Dotyczy to szczególnie jedynego w swoim rodzaju błękitu nieba oraz niezwykle przejrzystego powietrza.



Śląskie Towarzystwo Wiertnicze Spółka z o.o.
41-922 Radzionków, ul. Strzelców Bytomskich 100
tel./fax.: (032) 289-67-39; (032) 289-82-15
www.dalbis.com.pl, e-mail: info@dalbis.com.pl

Usługi wiertnicze

- Wiercenia pionowe oraz poziome – z powierzchni oraz wyrobisk górniczych,
- Budowa studni,
- Wiercenia hydrogeologiczne – poszukiwawcze i rozpoznawcze wraz z obsługą geologiczną,
- Wiercenia otworów inżynierskich dla odwadniania, wentylacji, podszaszania pustek, itp.,
- Wiercenia otworów wielkośrednicowych (do średnicy 2,0 m).

Usługi geotechniczne

- Palowanie (do średnicy 0,5 m),
- Iniekcje cementowe i środkami chemicznymi,
- Kotwienie,
- Zabezpieczanie skarp, zboczy oraz nasypów,
- Wypełnianie pustek poeksploatacyjnych,
- Odwodnienia.

Oferujemy kompleksowe wykonawstwo robót w/g projektów zleconych lub własnych z zastosowaniem nowoczesnych technologii robót wiertniczych i z wykorzystaniem własnego sprzętu.

