

**dr inż. Andrzej Gałaś**

Zastępca kierownika  
Polskiej Wyprawy  
Naukowej do Peru,  
wulkanolog, specjalista  
w dziedzinie ocen  
oddziaływania  
na środowisko, sozolog.  
Zajmuje się  
wykorzystaniem  
i ochroną zasobów  
środowiska.

agalas@min-pan.krakow.pl

# O CALIĆ NAJGŁĘBSZY KANION

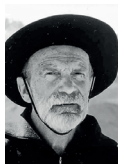


Badania polskich uczonych na obszarze  
Peru przyczyniły się do powstania  
geoparku Colca i Wulkany Andagua.

**dr hab.  
Tomasz Kalicki  
prof. UJK**

Geomorfolog,  
paleogeograf,  
geoarcheolog. Zajmuje  
się badaniami  
czwartorzędowej  
ewolucji dolin rzecznych  
oraz interakcją człowiek  
– środowisko.

tomaszkalicki@gmail.com

**prof. dr hab. inż.  
Andrzej Paulo**

Kierownik Polskiej  
Wyprawy Naukowej  
do Peru. Zajmuje się  
geologią stosowaną  
w gospodarce zasobami  
przyrody, posiada wielkie  
doświadczenie  
prowadzenia prac  
terenowych.

andrzej.paulo@interia.pl

**Andrzej Gałaś**

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi  
i Energią Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

**Tomasz Kalicki**

Instytut Geografii i Nauk o Środowisku,  
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

**Andrzej Paulo  
Slávka Gałaś**

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,  
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

**Melvin Benavente**

National University of San Agustín in Arequipa

**Adam Flakus**

Instytut Botaniki im. Władysława Szafera  
Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

**Krzysztof Gaidzik**

Wydział Nauk Przyrodniczych,  
Uniwersytet Śląski w Katowicach

**K**anion Colca jest drugim po Machu Picchu najczęściej odwiedzanym przez turystów miejscem w Peru. Masowa turystyka prowokuje rozwój gospodarczy, ale także ma negatywny wpływ na walory środowiska. W 2006 roku powołano Polską Wyprawę Naukową do Peru (PWNP), której głównym celem było przygotowanie podstaw naukowych do ustanowienia Parku Narodowego Kanionu Colca



ANDRZEJ GAŁAŚ



i Doliny Wulkanów. Inicjatorem byli pracownicy Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (AGH). PWNP to swoista autonomiczna platforma współpracy naukowej. Platforma cały czas funkcjonuje, a wynikiem jej działania są liczne prace naukowe. Uczestnicy reprezentują różnorodne specjalizacje, co pozwala prowadzić badania interdyscyplinarne: geologiczne (dotyczące wulkanizmu, tektoniki, geomorfologii, sedimentologii, złóż kopaliny i krasu) oraz środowiskowe (z obszaru planowania przestrzennego, ochrony środowiska, bio- i georóżnorodności).

Głównym celem badań geomorfologicznych i tektonicznych było rozpoznanie strukturalnych założeń i tektonicznej ewolucji kanionu Colca, a także określenie relacji między budową geologiczną i procesami

tektonicznymi a ruchami masowymi (przemieszczaniem, osuwaniem zwietrzliny i osadów w dół stoku) i wynikającymi z nich zagrożeniami.

Ważnym celem obecnie realizowanego przez pracowników Uniwersytetu Śląskiego (UŚ) projektu badawczego jest próba określenia aktywności tektonicznej oraz sejsmicznej w zlewni rzeki Colca, a także odtworzenie ewolucji kanionu i doliny rzeki Colca przez analizę krajobrazu. Częste trzęsienia ziemi występujące na tym obszarze, powierzchniowe ruchy masowe oraz erupcje wulkanów dowodzą aktywności strefy subdukcji, czyli miejsca, w którym płyta oceaniczna Nazca podsuwa się pod płytę kontynentalną Ameryki Południowej. Na takich obszarach aktywność tektoniczna jest głównym czynnikiem przyczyniającym się do powstania kontrastowej rzeźby terenu. Dzieje



#### dr inż. Slávka Gałaš

Inżynier ochrony środowiska. Zajmuje się racjonalnym gospodarowaniem zasobami środowiska.  
sgalas@agh.edu.pl



#### Melvin Benavente

Pełni obowiązki menedżera kultury mieszkańców Huambo i Colca oraz pracuje na rzecz rozwoju miasta Arequipa.  
mel@unsa.edu.pe



#### dr hab. Adam Flakus, prof. IB PAN

Lichenolog. Bada różnorodność biologiczną i ewolucję tropikalnych grzybów lichenizujących oraz związanej z nimi mikrobioty.  
a.flakus@botany.pl



#### dr Krzysztof Gaidzik

Tektonik. Bada przeszłe i współczesne trzęsienia ziemi oraz powstałe w ich wyniku deformacje skorupy ziemskiej.  
krzysztof.gaidzik@us.edu.pl



Taraszy uprawne na osuwiskach w dolinie rzeki Colca





ANDRZEJ GALAS

Zejsście na dno kanionu Colca

się tak przez zróżnicowane tempo wypiętrzania tektonicznego, a przez to różne tempo erozji na obszarach znajdujących się w stosunkowo niewielkiej odległości od siebie. Tak żywe procesy tektoniczne powodują głębokie wcinanie się rzeki. Naukowcy z US prowadzą także analizę mineralizacji pierwotnej i wtórnej lawy wulkanicznej oraz badania zjawisk krasowych.

## Dolina Wulkanów

Krajobraz doliny Huambo

W dzisiejszym świecie nauki większość łatwo dostępnych wulkanów jest objęta stałym monitoringiem



ANDRZEJ GALAS

prowadzonym przez ośrodki naukowe. Zbliżając się do takiego wulkanu, na brzegach krateru jest zawieszona tabliczka z napisem „Wstęp wzbroniony, teren prywatny”. Dlatego znalezienie aktywnych i niezbadanych wulkanów jest prawie niemożliwe. Podczas wypraw do Doliny Wulkanów dokonano takiego niebanalnego odkrycia. Udokumentowano liczne małe wulkany rozrzucone na powierzchni około 10 tys. km<sup>2</sup>. Po badaniach prowadzonych w latach 2003–2017 opisano całą wulkaniczną grupę Andahua: 7 regionów występowania, 36 pól lawowych, 43 stożki piroklastyczne, 3 wulkany złożone i aż 103 kopuły lawowe lub szczeliny, z których wypływała lava. Są to niewielkie stożki o prostej budowie, które rzadko przekraczają wysokość 150 m. Nieliczni badacze, którzy zaglądali do Doliny Wulkanów, sugerowali, że zasilająca te wulkany magma nie wykazuje ewolucji na swojej drodze ku powierzchni – wypływając, nie zmienia swojego składu chemicznego.

Najczęściej grupę Andahua opisywano jako zasilaną ze stożków piroklastycznych. Wyniki badań terenowych pokazały, że pola lawowe grupy Andahua są zasilane głównie z kopuł lawowych lub szczelin. Studia poświęcone genezie tych wulkanów przyniosły wiele wątpliwości i niespodzianek. Podstawą w konstruowaniu modeli genetycznych wulkanów grupy Andahua były analizy geochemiczne i petrograficzne próbek, które pochodziły z wielu różnych wulkanów i pól lawowych. Magmy tam występujące przenikają przez urozmaicone podłoże, co powoduje zróżnicowanie ich składu chemicznego. W 2017 roku w pobranych próbkach lawy stwierdzono obecność kryształów granatów, co było zaskoczeniem, ponieważ na obszarze całych Andów do tej pory nie opisano tych minerałów w lawach współczesnych wulkanów. Przeprowadzone badania pozwoliły odtworzyć historię ich powstania. Magma, która przeciskała się ku powierzchni na pewnej głębokości natrafiła na skały siarczanowe – anhidryty, co spowodowało gwałtowny i wysokotemperaturowy proces wytapiania – piro-metamorfizm. Inkluzje siarki uwiecznione w kryształach wskazują, że towarzyszyły temu silne emanacje toksycznych związków tego pierwiastka. Z pewnością gazy wydostawały się na powierzchnię. Potok lawy, z którego pochodzą granaty, znajduje się na Lomas Uña Huajana, co w miejscowym języku keczua oznacza „miejsce płaczących dzieci”.

## Kanion Colca

W zlewni rzeki Colca występuje wiele różnorodnych form terenu. Pierwotnie górna część zlewni, powyżej kanionu, była obszarem bezodpływowym, a spływająca woda w pliocenie utworzyła ogromne jezioro wypełniane tufitami i lokalnie spływającymi do niego potokami lawowymi. Wypełniały one również sam kanion, tworząc jeziora zaporowe. Takie zjawiska wystę-





ANDRZEJ GALAŚ

Stożki piroklastyczne  
w Dolinie Wulkanów

powwały też w Dolinie Wulkanów, gdzie lawy w kilku etapach wypełniły dolinę. W wyniku tego rzeka Andagua płynie podlawowymi kanałami, tworząc wodospady wypływające spod ziemi. Wyjątkowo malowniczy jest wodospad niedaleko miejscowości Andagua oraz odcinek łączący jeziora zaporowe koło Chachas i Ayo. Dopiero w czwartorzędzie nastąpił kaptaż, czyli przeciągnięcie górnej części zlewni rzeki Colca do zlewiska Pacyfiku. Nastąpiło to wskutek rozcięcia wododziału między obszarem bezodpływowym jeziora i Oceanem Spokojnym przez erozję wsteczną cieków pacyficznego (Pracolcę płynącą obecnym kanionem Colca). Tempo erozji wgłębnej było bardzo duże, a w tufitach dawnego jeziora zostały wycięte malownicze kaniony. Datowania wskazują, że doszło do tego w młodszym czwartorzędzie, około 100 tys. lat temu.

Przyroda ożywiona stanowi nieodzowny komponent krajobrazu kanionu Colca i Doliny Wulkanów, jest to kilkaset gatunków roślin oraz ponad 100 gatunków zwierząt. Jednakże jedną z częściej spotykanych, a zarazem najsłabiej zbadanych grup organizmów na tym obszarze są porosty. Porosty, czyli grzyby lichenizujące, wchodzące w symbiozę z zielenicami i cyjanobakteriami, stanowią ważną składową różnorodności biologicznej kanionu Colca. Ich liczne występowanie jest wynikiem położenia kanionu na dużych wysokościach oraz panującego tam suchego klimatu zwrotnikowego. Sprzyja temu również obecność luźnych zbiorowisk trawiastych i niskich zarośli wysokogórskich, występowanie płatów nieporośniętej gleby oraz licznych odsłoneń skalnych. Przeprowadzone badania terenowe wykazały, że duży udział w krajobrazie kanionu mają rośliny pionierskie i kryptogamy (czyli organizmy roślinne lub podobne do roślin, np. grzy-

by, ale rozmnażające się przez zarodniki, nietworzące kwiatów ani nasion). Elementem najbardziej zwracającym uwagę są porosty związane z obecnością skał pochodzenia wulkanicznego, bogato reprezentowane na obszarze kanionu.

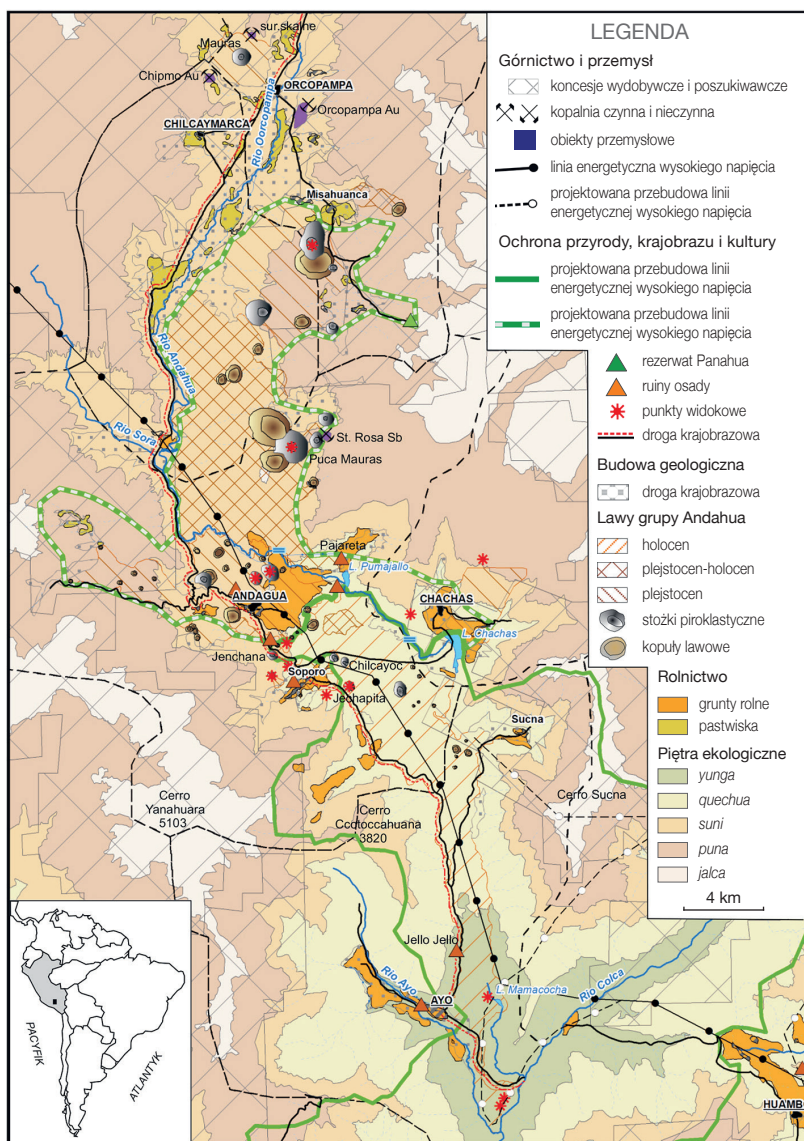
W miejscach z ubogą roślinnością można spotkać z kolei porosty siedlisk naziemnych. Tworzą one łącznie z mszakami, cyjanobakteriami, glonami i grzybami mikroskopijnymi biologiczną skorupę glebową, która stanowi, szczególnie w obszarach suchych, ważny czynnik stabilizujący glebę. Obszar ten wciąż wymaga kompleksowych badań lichenologicznych, by pełniej

Jezioro zaporowe  
w Dolinie Wulkanów



ANDRZEJ GALAŚ





spektywą. Na tym obszarze działają kopalnie złota, są również rozwijane inne formy działalności gospodarczej. Ochrona przyrody mogłaby przystopować inwestycje górnicze. Idea geoparku na tym obszarze bardzo powoli zyskiwała przychylność Peruwianczyków. Pierwszymi sprzymierzeńcami byli geolodzy z Instytutu INGEMMET – dzięki współpracy z nimi oraz organizacji licznych konferencji naukowych idea zaczęła nabierać realnych kształtów. W 2011 roku wykonano waloryzację funkcjonalno-krajobrazową kanionu Colca i Doliny Wulkanów. Zidentyfikowano poszczególne formy użytkowania i zagospodarowania obszaru, piętra ekologiczne, obszary ochrony przyrody krajobrazu i dziedzictwa kulturowego oraz obiekty degradujące krajobraz. Następnie przeprowadzono ocenę komponentów środowiska, określono przydatność i możliwości wykorzystania obszarów dla różnych potrzeb. Dla wszystkich rodzajów funkcji społeczno-gospodarczych występujących na obszarze parku narodowego określono istniejące i potencjalne konflikty środowiskowe. W 2015 roku odbyło się w Arequipa I Sympozjum Geoparków, na którym podkreślono, że georóżnorodność obszaru zasługuje na ochronę. Na zakończenie obrad podjęto uchwałę o projekcie geoparku. Od 2019 roku na liście geoparków UNESCO znajduje się geopark Colca i Wulkany Andagua.

Dla mieszkańców regionu Colca zaskakujący był upór i konsekwencja polskich badaczy oraz niezwykła chęć przezwyciężenia problemów. To sprawiło, że w dowód wdzięczności za włożoną pracę i przekazanie swojej wiedzy Peruwianczycy darzą Polaków szacunkiem i traktują jak należących do wielkiej rodziny Colca. ■

Autrzy składają gorące podziękowania wszystkim naukowcom i studentom, którzy uczestniczyli w Polskiej Wyprawie Naukowej do Peru. Dziękujemy za Wasz wysiłek, poświęcony czas i znakomitą atmosferę pracy.



Mapa geosrodowiskowa Doliny Wulkanów

poznać bogactwo występujących tam porostów oraz umożliwić ochronę unikatowej przyrody ożywionej tego najgłębszego kanionu na świecie.

## Geopark UNESCO

W pamięci mieszkańców Peru na zawsze zapisał się 1981 rok, kiedy wyprawa polskich studentów z AGH, Canoandes '79, po raz pierwszy przepłynęła kanion Colca, zdobywając każdy metr jego wzburzonych wód i prezentując światu ten cud natury. Odkrycie Polaków rozbudziło zainteresowanie regionem Colca i jego mieszkańcami. Ta konkwista przyniosła dalsze skutki w postaci kolejnych polskich wypraw, których celem było poznanie i zachowanie bogactwa przyrodniczego i kulturowego regionu Colca.

Dla środowiska naukowego w Peru idea założenia parku narodowego w kanionie Colca i Doliny Wulkanów początkowo wcale nie była ciekawą per-

Chmura popiołu podczas erupcji wulkanu Sabancaya

Chcesz wiedzieć więcej?

Publikacje PWNP można znaleźć na stronie: [home.agh.edu.pl/~pwnp/publikacje](http://home.agh.edu.pl/~pwnp/publikacje)