

Badania geodynamiczne Spitsbergenu



Studenci przemierzają Arktykę

ZDZISŁAW KURCZYŃSKI

Od połowy sierpnia przez miesiąc działała na Spitsbergenie (w rejonie fiordu Hornsund i Polskiej Stacji Polarnej PAN) studencka wyprawa naukowa, nad którą patronat medialny objął GEODET A. Jaki był cel wyjazdu? Jak przebiegały prace w tak nietypowych warunkach? Co udało się zrealizować?

Wyprowa na Spitsbergen doszła w ogóle do skutku dzięki determinacji kilku „zakreconych” osób, sponsorów i grona życzliwych ludzi. Zorganizowana została przez młodzież zrzeszoną w Ogólnopolskim Klubie Studentów Geodezji, przy wsparciu dr. inż. Andrzeja Pachuty z Politechniki Warszawskiej. W skład grupy weszło dwanaścioro studentów (po trzy osoby z Politechniki Warszawskiej, Akademii Górniczo-Hutniczej z Krakowa i Akademii Rolniczej z Wrocławia) oraz dwóch pracowników firmy T. Nadowski, którzy pomogli w organizacji wyprawy. Opiekunem naukowym był autor tej relacji, wcześniej uczestnik X Wyprawy Po-

larnej PAN na Spitsbergen 1987/88. Koszty wyprawy pokryły uczelnie i sponsorzy, których udało się przekonać do tego projektu. Wyjazd taki jest przedsięwzięciem złożonym logistycznie, dlatego zaczęto się do niego przygotowywać już wiosną ubiegłego roku. Dzięki przychylności kierownictwa Zakładu Badań Polarnych Instytutu Geofizyki PAN oraz obecnej załogi Polskiej Stacji Polarnej możliwe było „podłączenie się” do XXVI Wyprawy Polarnej PAN na Spitsbergen 2003/2004. Oznaczało to m.in. przewyciężenie trudności z transportem, zakwaterowaniem na miejscu czy przemieszczaniem się wodą i łądem. Ale i tak problemów

do rozwiązania pozostało wiele (np. zakup i transport broni myśliwskiej, której posiadanie jest warunkiem uzyskania pozwolenia na przebywanie w tym rejonie).

● Podróż w nieznanne

W końcu jednak następuje moment wyjazdu. 3 sierpnia dwóch z nas (z ciężkim bagażem) wypływa z Gdyni statkiem Horyzont II. Po 7 dniach rejsu docierają oni do Longyearbyen. Pozostali startują samolotem z Warszawy dopiero 14 sierpnia. Plan lotów mamy bardzo napięty, z około godzinnymi przerwami w Kopenhadze i Oslo. Mimo krytycznej sytuacji z przeładunkiem i odprawami celnymi niezbędnego sprzętu, wszystko dobrze się kończy. W Longyearbyen lądujemy zaraz po północy. Jest jasno i pochmurno – przecież to strefa dnia polarnego. Ta norweska osada górnicza (ponad 78° N) ma najbardziej na północ wysunięte lotnisko pasażerskie na świecie. Jego osobliwością jest sztucznie mrożona płyta pas startowego (w przeciwnym razie „pływałaby” ona w rozmrózonym latem na głębokość kilku decymetrów wiecznej zmarzliny).

W porcie czeka już na nas Horyzont II. Wypływamy następnego dnia wieczorem. Długa, łagodna oceaniczna fala „kołysze” do snu. Ale nie wszystkich usypia, a dla niektórych okazuje się bolesnym doświadczeniem. Poza tym trwa przecież dzień polarny. Nad ranem docieramy do celu – fiordu Hornsund i położonej na jego północnym brzegu Stacji Polarnej PAN.

● Dobry początek

Kierownikiem obecnej XXVI Wyprawy Polarnej PAN jest dr Krzysztof Migala z Uniwersytetu Wrocławskiego, mój dobry znajomy. Jako uczestnicy kolejnych wypraw PAN spotkaliśmy się tu w 1988 r. przy zmianie ekip zimujących. To dużo znaczy, tym bardziej że nasza wyprawa zdana jest na pomoc obecnej w Stacji grupy. W kraju przed wyjazdem niczego nam nie obiecywano. Teraz okazuje się, że możemy liczyć na pełne wsparcie. Zamiast zakwaterowania w namiotach dostajemy dwa duże pokoje. Jest prysznic, WC, telefon satelitarny, poczta elektroniczna i telewizja. Można normalnie spać, wygodnie pracować i wypoczywać. Gdzie jest ta „groza polarna”, której się tak obawialiśmy, a której jednocześnie tak bardzo oczekujemy?

Od razu zostajemy włączeni w rutynowy rytm życia Stacji. Składają się na to całodobowe dyżury, pomoc w przygotowaniu posiłków, prace porządkowe itp. W Stacji przebywa 16 osób. Ośmiu to „zimownicy”, którzy przybyli na początku lipca i opuszczają wyspę za rok. Pozostali to „letnicy” prowadzący prace związane z modernizacją budynku bazy, wymianą agregatów prądotwórczych oraz instalacją nowych zbiorników na paliwo. Ci do domów wrócą wrześnieowym rejssem statku zaopatrzeniowego.

● Pierwsze wrażenia

Trafiamy na wyjątkową pogodę. Wokół wysokie góry, lodowce i oślepiające słońce. Konieczne są ciemne okulary, migawki aparatów fotograficznych pracują na krótkich czasach i tak przez całą dobę. Prawie nie ma wiatru (to tutaj niezwykle). Po fiordzie pływają góry lodowe o fantastycznych kształtach. Co jakiś czas słychać niski, potężny grzmot. To „cieli” się lodowiec Hansa – z jego czoła odrywają się bryły lodu wielkości kilkunastopiętrowego bloku mieszkalnego. Sejsmometry rozstawione w pobliżu Stacji za każdym razem rejestrują lekkie lokalne trzęsienie ziemi. W powietrzu chmary ptaków, sensację wzbudza podchodzące blisko stado reniferów. Wszyscy chcieliby zobaczyć niedźwiedzia polarnego, ale na to są małe szanse. Przezroczystość powietrza i brak punktów odniesienia sprawiają, że ocena od-

ległości jest niewiarygodna. Łańcuchy górskie są na wyciągnięcie ręki. Lodowiec po przeciwnej stronie fiordu wydaje się odległy nie bardziej niż o kilometr-półtora, tymczasem fiord ma w tym miejscu ponad 10 km szerokości. Z najwyższego w okolicy szczytu Fugleberget widać tak daleko, jak pozwala zakrzywienie Ziemi. Ale czas wziąć się do roboty.

● Do pracy, rodacy!

Wyprawa studencka postawiła sobie kilka celów naukowych. Najważniejsze to powtórny pomiar poligonu geodynamicznego założonego 15 lat temu na obszarze fiordu Hornsund oraz fotogrametryczna rejestracja zasięgu czoła lodowca Hansa i porównanie go ze stanami wcześniejszymi. Oprócz tych zadań wyprawa zobowiązała się – wykonała prace geodezyjne na rzecz Stacji:

- pomoc przy pomiarze położenia tyczek ablacyjnych na lodowcu Hansa i Werenskiolda,
- geodezyjna sytuacyjno-wysokościowa inwentaryzacja nowych zbiorników paliwowych i rurociągu paliwowego,
- sytuacyjno-wysokościowa inwentaryzacja zabudowań bazy,
- pierwsza niwelacja poduszek betonowych stanowiących fundament nowych zbiorników paliwowych (kolejne pomiary pozwolą na wyznaczenie ich ewentualnego osiadania);
- pomiar azymutu geograficznego mir stanowiącego odniesienie pomiarów magnetycznych permanentnie prowadzonych w Stacji.

● Poligon po raz pierwszy...

Poligon geodynamiczny (założony w celu badania ruchów skorupy w rejonach fiordu) został zastabilizowany i pomierzony latem 1988 r. przez uczestników I Studenckiej Wyprawy Wydziału Geodezji i Kartografii PW. Bazuje on na projekcie pracowników Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, opracowanym na podstawie mapy uskoku tektonicznych wokół fiordu Hornsund. Punkty poligonu zostały zaprojektowane w odmiennych strukturach geologicznych, na obszarze o rozpiętości równoleżnikowej 21 km, co do którego zachodzi podejrzenie, że jest nadal aktywny geologicznie. Przy ich wyborze wzięto także pod uwagę możliwość dotarcia drogą wodną oraz uzyskania schronienia w otaczających fiord domkach traperskich. Osnowę tworzy 8 punktów zastabilizowanych na wychodniach twardych skał. Zatopione w nich metalowe tuleje o średnicy 25 mm umożliwiają wymuszone centrowanie. Boki poligonu precyzyjnie pomierzono dal-



Przed zabudowaniami stacji. Z prawej punkt geodezyjny



Od lewej stoją: dr Zdzisław Kurczyński, Michał Sagan, Mariusz Adamczak, Marta Boroń, Marcin Cysewski, Ewa Wielgosz, Leszek Szymala, Szymon Wajda, Adam Domagała, Andrzej Pałubski, kuca Artur Adamek. Poniżej: „klasyczne” pomiary tachimetrem przy rozbudowie stacji





Przemieszczanie się między punktami poligonu

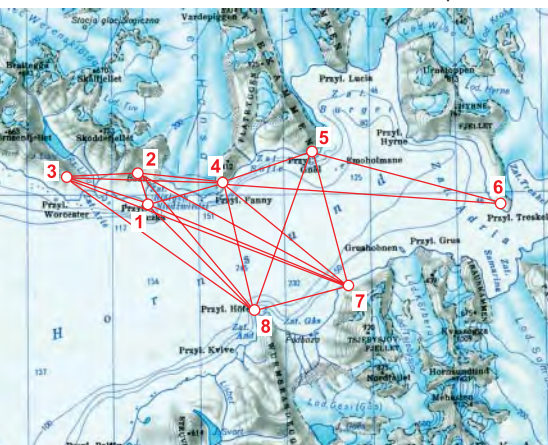


W domku traperskim nad brzegiem fiordu – już po pracy



Lodowiec Fugla, dopływ lodowca Hansa
Poniżej: Szkic poligonu geodynamicznego; czerwone linie oznaczają boki pomiarzone w 1988 r.

Na stronie obok: Pomiar GPS na punkcie nr 1



mierzem Wild Di20, a kąty teodolitem Wild T2. Wyrównanie sieci przeprowadzono w układzie lokalnym na płaszczyźnie. Błąd pomiaru długości nie przekroczył 10 mm, a średni błąd współrzędnych po wyrównaniu był rzędu 3 mm. Tylko punkt nr 6 z powodu niekorzystnego wcięcia zdecydowanie odstawał – błąd jego współrzędnych wyniósł prawie 6 cm.

● ...i po raz drugi

Zadaniem naszej wyprawy był powtórny pomiar sieci, który mógłby potwierdzić hipotezę o poziomych ruchach powierzchni w rejonie fiordu. Zdecydowaliśmy się na wykorzystanie techniki GPS, choć sieć – projektowana i zakładana z myślą o pomiarach klasycznych – nie jest optymalna z punktu widzenia potrzeb pomiarów satelitarnych (część horyzontu przesłaniają góry). Za takim posunięciem przemawiał dodatkowo plan założenia w okolicy Stacji permanentnego punktu GPS.

Największy niepokój budził jednak brak opisów topograficznych punktów. Jak w tundrze, na przestrzeni wielu kilometrów, odnaleźć tulejki zatopione w skałach? Rozwiązaniem byłoby odnalezienie dwóch punktów, ich pomiar, a następnie transformacja całej sieci do układu WGS-84. Zlokalizowanie punktów nr 1 i 2 (obok Stacji) okazało się nadspodziewanie łatwe. Byliśmy przygotowani na odszukiwanie pozostałych stanowisk z wykorzystaniem techniki RTK. W tym celu na jednym z punktów zainstalowano antenę radiową z radiomodemem dużej mocy Satellin e 3AS Epic. Okazało się jednak, że tulejki zostały zastabilizowane na tak charakterystycznych skałach i zachowały się w tak doskonałym stanie, że wystarczył turystyczny odbiornik GPS do zgrubnej lokalizacji.

Ponieważ założono subcentymetrową dokładność wyznaczania punktów sieci, zdecydowaliśmy się na pomiary statyczne. Używaliśmy dwóch odbiorników GPS Trimble 5700 z antenami bazowymi Zefir Geodetic i dwóch Trimble 4700 z antenami Microcentered. Szczególnie te pierwsze sprawdziły się w trudnych warunkach, głównie dzięki wymiennym kartom pamięci Compact Flash o dużej pojemności i możliwości zasilania z trzech źródeł (baterie wewnętrzne, firmowe baterie zewnętrzne i akumulatory). W niskiej temperaturze, przy długich sesjach, słabym punktem okazały się akumulatory. Rozwiązaniem były baterie słoneczne (mieliśmy ich dwie) i dodatkowe zewnętrzne akumulatory (8 sztuk).

Zrealizowaliśmy 6 sesji pomiarowych (po 2 doby nieprzerwanych obserwacji z częstotliwością 10 sekund każda) zużyciem wszyst-

kich odbiorników. Priorytet miały punkty o numerach 7 i 8 (po drugiej stronie fiordu); na słabo wyznaczonym punkcie nr 6 ostatecznie nie wykonaliśmy pomiarów. Do ostatniej sesji pomiarowej włączaliśmy punkt położony w okolicy Stacji, używany w dotychczasowych pomiarach geodezyjnych GPS. Pozwoli to przetransformować punkty poligonu do istniejącej i używanej sieci geodezyjnej.

W pomiarach stosowano maskę horyzontu 10°. Przyjęto, że na tej szerokości geograficznej pozwoli to uzyskać założoną, subcentymetrową dokładność. Byliśmy sprętoowo przygotowani do wymuszonego centrowania anten nad punktami. Jednak obawiając się fałszujących odbić sygnałów od skał, ostatecznie zdecydowaliśmy się na tradycyjne statywy i optyczne centrowanie anten nad punktami.

W warunkach arktycznych trudno jest rozplanować zadanie w czasie, gdyż trzeba dostosowywać się do bardzo szybkich zmian warunków. Tak więc o harmonogramie sesji pomiarowych, oprócz względów technicznych, decydowała pogoda, stan falowania oceanu i wynikające z tego ograniczenia w transporcie wodnym. Przez pierwsze dwa tygodnie aura nam sprzyjała. Później powróciła do „normy”: wiatr, deszcz i mgła.

Jedną z pierwszych sesji pomiarowych została praktycznie utracona z powodu uszkodzenia kabla antenowego, prawdopodobnie przegrzanie przez lisa polarnego. Kluczowe znaczenie dla obsługi odbiorników miało sprawne przemieszczanie się po fiordzie. W warunkach silnego zamglenia nieocenione były „ręczne” GPS-y, które pozwalały pływać po ściśle zadanej trasie, z ominięciem groźnych szkierów w pasie przybrzeżnym. Bez takiego wsparcia byłoby to niemożliwe, a w sytuacji przymusowej wiązałyby się z poważnym ryzykiem.

Zgromadzone dane przenoszono na wymiennych kartach pamięci lub zgrzewano na laptopa. Między sesjami pomiarowymi uczestnicy przemieszczali się na poszczególne punkty, a w czasie sesji mieszkali w okolicznych domkach traperskich, często dewastowanych przez niedźwiedzie. Przeciekające dachy, dziurawe ściany, dymiące piecyki (o ile w ogóle są) – to norma. Ale to właśnie przebywanie w takich warunkach pozwala „poczuć” prawdziwą Arktykę. Jednak dopiero wiadomość o spotkaniu niedźwiedzia w okolicy punktu nr 5 wszystkich zelektryzowała. Konieczne okazało się użycie broni, aby go odstraszyć. Takich incydentów odnotowaliśmy jeszcze kilka.

W ostatnich dniach pobytu nastąpiło załamanie pogody, co utrudniło realizację dodatkowych zadań.



Do kraju wracamy samolotem z Longyearbyen, ale najpierw trzeba się tam dostać. Zgodnie z planem wykorzystujemy w tym celu jacht „Eltanin”, tak mały, że do transportu grupy musi zrobić dwa kursy. Warunki pływania – jak na Arktykę – normalne.

● Wstępne wyniki

Dane po sesjach pomiarowych (łącznie ponad 700 MB) były zgrywane do komputera i poddawane wstępnemu opracowaniu. Na miejscu nie było czasu ani dostępu do komputera odpowiedniej mocy, aby dokonać końcowego wyrównania poligonu. Wstępne opracowanie, polegające na rozwiązaniu poszczególnych wektorów w poligonie, miało na celu potwierdzenie, że dana sesja pomiarowa nie wymaga powtórzenia. Już ta wstępna analiza, zrealizowana na miejscu firmowym oprogramowaniem, pozwalała na sformułowanie kilku spostrzeżeń:

■ Liczba obserwowanych satelitów choć wystarczająca (średnio 5-8), to przy niekorzystnej geometrii przekłada się na duży współczynnik PDOP (4-6, typowo w Polsce 2-3). Wynika to z dużej szerokości geograficznej powodującej, że satelity poruszają się na małych wysokościach nad horyzontem.

■ Stosunkowo często satelity były przesłaniane przez otaczające góry (położenie punktów poligonu nie było projektowane a potrzeby techniki GPS).

■ Notowano dużą liczbę przerwania transmisji. Znaczący wpływ ma na to prawdopodobnie stan jonosfery, bardzo aktywnej na tych szerokościach geograficznych.

■ Z obawy przed odbiciami sygnału od skał zrezygnowano z wymuszonego centrowania anten tuż nad skalnym podłożem, na rzecz tradycyjnych statywów. Takie mocowanie narażało jednak anteny na drgania przy silnym wietrze. W przyszłości należałoby ten problem rozwiązać inaczej.

Te trudności nie były zaskoczeniem, przeciwnie, brano je pod uwagę przy planowaniu sesji pomiarowych, a w tym czasie ich trwania i częstotliwości pomiaru. Wstępna analiza wykazała, że pomierzone wektory zostały rozwiązane poprawnie, z błędem w granicach 8-12 mm. Daje to podstawy do oczekiwania ostatecznego wyznaczenia współrzędnych punktów poligonu na poziomie poniżej centymetra. W najbliższym czasie zostaną opublikowane końcowe wyniki, a porównanie ich z pomiarami z lat poprzednich umożliwi wyciągnięcie wniosków dotyczących ewentualnych ruchów płyt tek-

tonicznych, ich wielkości i kierunku. Wyniki będą bardzo ciekawe, gdyż istnieje hipoteza – dotąd niepotwierdzona – że obszar położony na południe od fiordu Hornsund jest wyspą połączoną ze Spitsbergenem spływającymi we wschodniej części lodowcami. Więcej o wyprawie na stronie: www.sgp.geodezja.org.pl/studenci/

Uczestnicy wyprawy dziękują sponsorom za wsparcie finansowe. Główni sponsorzy: Intergraph Polska, Instrumenty Geodezyjne T. Nadowski s. j., Astor Sp. z o.o., Trimble GmbH, BOGRES Sp. z o.o. Pozostali sponsorzy: NAWIGA-Krzysztof Makowski, Eurosystem Sp. z o.o., ESRI Polska, Małopolska Grupa Geodezyjno-Projektowa Sp. z o.o., Magazyn Geoinformacyjny GEODETA, DRYVIT Sp. z o.o., Impexgeo, Kancelaria NCWR, Coder, Sz. T. Dobroski, PHU Polkart, Oddziały SGP – Kalisz, Poznań, Lublin, Kraków, Wrocław. Sprzęt zapewniły firmy: Instrumenty Geodezyjne T. Nadowski Sp. z o.o., Eurosystem Sp. z o.o., Astor Sp. z o.o., ADAMPOL S.C. i Hewlett-Packard Polska. Wyprawa nie doszłaby do skutku bez pomocy i wsparcia: Instytutu Geofizyki PAN, G UGiK, Politechniki Warszawskiej, A R we Wrocławiu, AGH w Krakowie, Zarządu Głównego SGPJGiK w Warszawie, Andrzeja Pachuty, Zdzisława Kurczyńskiego, Urzędu Marszałkowskiego Województwa Małopolskiego, Fundacji Studentów i Absolwentów AGH, RUSAK Logistics i sporego grona życzliwych osób.