

PRACE GEODEZYJNE PODCZAS POLARNYCH WYPRAW NA SPITSBERGEN ORGANIZOWANYCH PRZEZ POLITECHNIKĘ WARSZAWSKĄ

A. Pachuta, J. Walo, A. Adamek, M. Rajner, M. Woźniak, K. Wężka
Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej

Wstęp

W 2002 roku dzięki inicjatywie prof. Kazimierza Czarneckiego – prezesa Stowarzyszenia Geodetów Polskich powstał Klub Studentów Geodezji i Kartografii, zrzeszający studentów z wszystkich uczelni w Polsce, studiujących na kierunku geodezja i kartografia. Pierwszym prezesem klubu został student Politechniki Warszawskiej Artur Adamek. Jedną z pierwszych inicjatyw Klubu było zorganizowanie w 2003 roku naukowej wyprawy na Spitsbergen. Podstawowym zadaniem tej wyprawy było wykonanie drugiej serii pomiarów na poligonie geodynamicznym założonym w 1988 roku.

Archipelag Svalbard (rys.1) o powierzchni. 92 000 km², z największą wyspą Spitsbergen, położony jest pomiędzy 80°48' a 76°28' szerokości geograficznej północnej, oraz pomiędzy 10°28' a 28°50' długości geograficznej wschodniej. Powierzchnia wyspy wynosi ok. 64000 km².

Historia udziału geodetów w badaniach Spitsbergenu sięga 1934 roku, kiedy to oficerowie Wojskowego Instytutu Geograficznego S.Zawadzki i S.Zagrajski wzięli udział w pionierskiej wyprawie. Poniżej przedstawiono chronologicznie najważniejsze wyprawy na Spitsbergen, w których brali udział geodeci związani z Wydziałem Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej

- 1934r. S.Zagrajski, S.Zawadzki – Wojskowy Instytut Geograficzny
- 1957r. Jerzy.Jasnorzeski, Jerzy.Fellman
- 1984r. Jan.Cisak, Szymon.Barna –Instytut Geofizyki PAN
- 1987r. Stanisław.Dąbrowski, Zdzisław.Kurczyński – Instytut Geofizyki PAN
- 1988r. Wyprawa studentów i pracowników Wydziału kierownik – Andrzej.Pachuta, opiekun naukowy – Ryszard Preuss, Artur Gustowski, Jarosław Kutyna, Dariusz Osuch, Piotr Wypych
- 2003 Ogólnopolska Studencka Wyprawa – 12 osób kierownik – Artur. Adamek, opiekun naukowy: Zdzisław.Kurczyński
- 2004 Wyprawa studentów i pracowników Wydziału GIK PW – kierownik Artur Adamek, opiekun naukowy: Marek Woźniak
- 2005 Wyprawa studentów i pracowników Wydziału GIK PW – kierownik Kinga Wężka, Zbigniew Malinowski, Marcin Rajner, opiekun naukowy: Janusz Walo
- 2006 Wyprawa studentów i pracowników Wydziału GIK PW – kierownik Kinga Wężka, Dominik Próchniewicz opiekun naukowy: Andrzej Pachuta

Wszystkie wyprawy z udziałem studentów za rejon swoich zainteresowań wybrały okolice fiordu Hornsund na południu wyspy. Nad fiordem tym znajduje się Polska Stacja Polarna należąca do Instytutu Geofizyki PAN. Tematyka badań i prac geodezyjnych wykonywanych przez uczestników wypraw organizowanych bądź współorganizowanych przez Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej obejmowała między innymi: badania ruchów lodowców, badania geodynamiczne wokół fiordu Hornsund, badania osiadań zbiorników na paliwo, wykonanie mapy sytuacyjno-wysokościowej okolic stacji Hornsund, analizę wyników obserwacji na założonej stacji permanentnej GPS.

Badania dynamiki lodowca Hansa

Spitsbergen charakteryzuje się wyjątkowo dużą zmiennością warunków atmosferycznych. Wpływają one istotnie na wyniki pomiarów, dlatego należy dostosować techniki pomiarowe do występujących tu warunków.

Głównym zadaniem naszych ekspedycji polarnych na Spitsbergen było przeprowadzenie prac geodezyjnych zmierzających do określenia charakteru ruchu lodowca Hansa położonego w pobliżu stacji Hornsund.

Z dwunastu lodowców znajdujących się w rejonie fiordu Hornsund lodowiec Hansa (rys.2) położony jest w najbliższym sąsiedztwie Polskiej Stacji Polarnej PAN. Początek swój bierze od punktu o wysokości 515 m npm.

Lodowiec Hansa ma około 16 kilometrów długości i zajmuje powierzchnię 57 km². „Jezor” lodowca osiąga 2,5 kilometra szerokości i kończy się ciętym się czołem szerokości półtora kilometra. Boczne partie lodowca oparte są o brzegi doliny, a jego główny nurt spoczywa na dnie fiordu. Jest on średniej wielkości lodowcem Spitsbergenu.

Światowa Służba Monitoringu Lodowców (WGMS – World Glacier Monitoring Service) włączyła lodowiec Hansa do bazy danych obejmującej 60 wybranych lodowców. Lodowiec ten jest jednym z lepiej zbadanych i monitorowanych lodowców Arktyki

Tradycyjną metodą badania ruchu lodowca jest wyznaczanie zmian położenia charakterystycznych punktów lodowca, na których założone zostały specjalne drewniane tyczki zwane tyczkami ablacyjnymi. Wielkość ruchu tyczek utożsamia ruch powierzchniowy lodowca. Tyczki te (11 sztuk) rozmieszczone są równomiernie wzdłuż całego lodowca. Osadzone są głęboko w jego powierzchni, tak by mogły przetrwać co najmniej kilka sezonów. Ponieważ większa część lodowca należy do strefy ablacyjnej, tyczki z każdym rokiem wytapiają się. Wówczas zachodzi konieczność ich ponownego zatopienia w lodzie.

Pozycja tyczek wyznaczana była dotychczas bądź za pomocą tachimetru elektronicznego bądź odbiornikiem nawigacyjnym GPS – GARMIN 12 z błędem średnim szacowanym na ± 10 metrów. W poprzednich sezonach stosowana była już technologia GPS z wykorzystaniem geodezyjnych odbiorników (A.Bałut), ale podobnie jak przy pomiarach tachimetrem pomiar ten obejmował tylko 5 tyczek w dolnej części lodowca Hansa.

Wykonywane pomiary tyczek ablacyjnych rozmieszczonych wzdłuż profilu podłużnego wykonywano zarówno metodą szybką statyczną jak i metodą RTK. Dla metody RTK niezbędnym było założenie dodatkowych punktów bazowych. W naszych pracach wykorzystywane były odbiorniki GPS firm Trimble, Leica i Topcon.

Analiza pomiarów pozwoliła stwierdzić, że obserwuje się zmiany kierunków wektorów ruchu, które jak się sądzi wynikają z konfiguracji podłoża. Jeżeli przeważa ruch deformacyjny, utrzymuje się stały kierunek ruchu. Oprócz badań wzdłuż profilu podłużnego założono przekrój poprzeczny (rys.4) na wysokości czwartej tyczki ablacyjnej. W 2005 i 2006 roku trzykrotnie wykonano pomiary metodą RTK na założonych specjalnie nowych krótkich tyczkach ablacyjnych.

Na podstawie wyznaczonych przemieszczeń (rys.5) określono prędkość lodowca dochodzącą do 10 centymetrów na dobę. Na lodowcu Hansa wytyczono w 2006 roku dodatkowo te punkty metodą RTK, na których rok wcześniej wykonano pierwszą serię pomiarów. Wyznaczone powtórnie wysokości pozwoliły określić zmianę grubości lodowca na przekroju czwartym, dochodzącą do 2 metrów (rys.6), co może świadczyć o tendencji zmiany objętości lodu.

Poligon geodynamiczny

W 1988 roku założono wokół fiordu Hornsund osnowę składającą się z 7 punktów rozmieszczonych po obu brzegach fiordu (rys.7). Maksymalna odległość między punktami wynosi 20 km. W 1988 roku wykonano klasyczne pomiary geodezyjne (odległości dalmierzem Wild Di20, kąty teodolitem Wild T2. Podczas ostatnich wypraw (2003,2005,2006) powtórzono pomiary stosując technologię GPS – metodę statyczną. Pomiary poszczególnych cięciw trwały w 2006 roku około 12 godzin. Do badań lokalnych ruchów skorupy ziemi bardzo cenną analizą byłoby wyznaczenie zmian współrzędnych poszczególnych punktów między danymi epokami pomiarowymi. Istnieje jednak problem jednolitego układu odniesienia, który umożliwiłby takie porównanie. Współrzędne punktów sieci mierzonych w 2005 wyznaczono

dowiązując je do trzech stacji odniesienia: Ny Alesund (Norwegia), Tromso (Norwegia), Hoefn (Islandia). W ten sposób uzyskano współrzędne w układzie ITRF00. Jednak bardzo duże odległości do stacji odniesienia (od 200 do 1000 km) uniemożliwiły dokładne wyznaczenie współrzędnych punktów sieci w układzie globalnym. W 2006 mierzona sieć dowiązana została do punktu ASTR, którego współrzędne wyznaczono wcześniej w układzie ITRF na epokę 2000,00. Na podstawie współrzędnych geocentrycznych wyznaczono odległości skośne (centr – centr) między punktami sieci dla epok pomiarowych 2003, 2005 i 2006. Porównanie tych odległości wydaje się najlepszym sposobem analizy mierzonej sieci pod kątem lokalnych ruchów skorupy ziemskiej, gdyż nie są one obarczone niejednorodnością nawiązania do globalnego układu odniesienia.

Stacja permanentna

Opracowanie zawiera wstępną analizę wyników obserwacji satelitarnych GPS zbieranych w 2006 roku przez stację permanentną założoną w październiku 2005 roku w pobliżu Polskiej Stacji Polarnej Zakładu Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk. Antena ustawiona została w miejscu punktu astronomicznego, na którym doc. Jerzy Jasnorzewski (1959r) i dr Jan Cisek (1984r) wyznaczyli szerokość i długość z pomiarów astronomicznych (CISAK I DĄBROWSKI, 1990). Lokalizację anteny stacji permanentnej przedstawiają fotografie na rysunku 8.

Do opracowania obserwacji satelitarnych wykorzystane zostało oprogramowanie Bernese v. 4.2 z zastosowaniem tej samej strategii opracowania dla każdego dnia obserwacyjnego. Obliczenia zostały wykonane w serwisie obliczeniowym OGPSP (<http://ogpsp.gik.pw.edu.pl> , LIWOSZ, 2005).

Opracowane zostały obserwacje z roku 2006 w interwale tygodniowym – w sumie 52 doby (DOY 006 – 362). Jako stacje odniesienia przyjęto trzy stacje pracujące w ramach sieci IGS, a mianowicie: TROMSO (TROM), NY ALESUND (NYAL) i KIRUNA (KIRU). Rysunek 9 przedstawia wzajemne usytuowanie stacji. Obserwacje wykorzystane do wyznaczenia współrzędnych stacji wykonywane były z interwałem 30 sekundowym, co dało 2880 epok pomiarowych na dobę dla jednego punktu – dla czterech stacji: 11520 epok obserwacyjnych na dobę.

Analizując wyznaczenie współrzędnych stacji ASTRO należy podkreślić dość dużą dokładność wyznaczenia i spójność wyników mimo znacznych odległości do stacji nawiązania. Błędy średnie wyznaczenia współrzędnych dla danych dób obserwacyjnych w znacznej większości przypadków nie przekroczyły wartości 1mm. Spójność wewnętrzna (krótkookresowa) dla współrzędnych X i Y również była na poziomie ok. 1mm, dla współrzędnej Z – na poziomie ok. 8mm. Większą niespójność wewnętrzną wykazują wyznaczenia dla początkowych (DOY 6-62) i końcowych (DOY 300-362) dni roku – dla X i Y: 5-8mm, dla Z: do 4cm (zwłaszcza wyznaczenia w odniesieniu do stacji w KIRU i TROMSO). Jednak na podstawie tylko jednorocznej analizy zebranych danych nie można mówić jeszcze o zjawisku okresowym, a także podawać choćby hipotetycznych przyczyn powstania tego zjawiska.

Analizując uzyskane wyznaczenia pod kątem zmian długookresowych, można zauważyć trendy w zmianach współrzędnych. Zwłaszcza współrzędna X wykazuje prawie liniowy trend zmniejszając swoją wartość o ok. 20mm w skali roku. Współrzędna Y wykazuje również nieznaczny trend liniowy, zwiększając swoją wartość o ok. 4mm w skali roku, jednak jest to na tyle mała wartość zmiany że przy stosunkowo krótkim okresie wyznaczeń nie można jednoznacznie stwierdzić występowania tego trendu. Dla współrzędnej Z zauważyć można wyraźne zmniejszenie wartości na początku roku i zwiększenie na końcu. Są to zmiany wyraźne ale może nakładać się na nie również zmniejszenie wewnętrznej spójności pomiarów opisanych powyżej na początku i końcu roku.

Zaobserwowane trendy w zmianach współrzędnych mogą mieć swoje źródło w niedoskonałości modeli wykorzystanych przy wyznaczaniu składowych wektorów (modelu ruchu płyt, jonosfery) a także w lokalnych ruchach skorupy ziemskiej, jednak dokładne wykrycie przyczyn ich powstania wymaga dokładnej analizy danych z dłuższego okresu obserwacji.

Literatura

1. Adamek A., Geodezja ekstremalna // Magazyn Geoinformacyjny "Geodeta", nr 12/2004.
2. Cisak J., Dąbrowski S. Polish geodetic and cartographic studies in the Arctic and Antarctic regions // Polish Polar Research, 11, 3–4, 1990.
3. Czarnecki K., Geodezja Współczesna w zarysie // Wydawnictwo Wiedza i Życie, Warszawa, 1994.
4. Jania J., Glacjologia // Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1997.
5. Kurczyński Z., Studenci przemierzają Arktykę // Magazyn Geoinformacyjny "Geodeta" nr 10/2003.
6. Pachuta A., Pierwsza wyprawa Wydz. GiK PW na Spitsbergen // Przegląd Geodezyjny 1989, No 4–5 (18–21), Warszawa, 1989.
7. Pachuta A., Pachuta K., Adamek A., Walo J., Woźniak M., Kurczyński Z., (2005): Zastosowanie metody GPS w badaniach polarnych na Spitsbergenie // Materiały z konferencji "Geodeticzne sieci a przestrzowne informacje", Podbanske, 24–26 października 2005.
8. Pałubski A., Wyrównanie i analiza sieci punktów dla otoczenia fiordu Hornsund // Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2003.

Геодезичні роботи під час Полярної експедиції на Шпіцберген, організованої Варшавською політехнікою

А. Пахута, Я. Вало, А. Адамек, М. Райнер, М. Возняк, К. Вежка

Проаналізовано результати визначень переміщень земної кори на Шпіцбергені членами експедиції Варшавської політехніки з використанням GPS-вимірювань у 2005–2006 рр.

Геодезические работы во время Полярной экспедиции на Шпицберген, организованной Варшавской политехникой

А. Пахута, Я. Вало, А. Адамек, М. Райнер, М. Возняк, К. Вежка

Проанализированы результаты определений смещений земной кори на Шпицбергене членами экспедиции Варшавской политехникой с использованием GPS-измерений в 2005–2006 гг.

Geodetic works during polar measurements on Spitsbergen implemented by Warsaw Polytechnic University

A. Pachuta, J. Valo, A. Adamek, M. Rajner, M. Voznjak, K. Veghka

There was done the analysis of results of determinations of Earth crust displacements on the Spitsbergen implemented by expedition from Warsaw Polytechnic University using GPS-measurements of 2005–2006.