

80-lecie Obserwatorium Geodezyjno-Geofizycznego Borowa Góra

STARE, ALE JARE



Z okazji jubileuszu 2 lipca obserwatorium zostało otwarte dla zwiedzających. Była okazja do zapoznania się zarówno z wartym milion złotych precyzyjnym grawimetrem A10, jak i zabytkowym, ale wciąż pracującym instrumentem przejściowym Zeissa z 1951 r. W czasie pikniku można też było porozmawiać z kierownictwem i pracownikami obserwatorium.

BEZ SPRZĘTU ANI RUSZ

Mówi **DR JAN CISAK**, kierownik Obserwatorium Geodezyjno-Geofizycznego Borowa Góra

GEODETA: Podobno obserwatorium jest nękane przez wyładowania atmosferyczne?

DR JAN CISAK: Rzeczywiście, dwa razy pioruny spowodowały poważne zniszczenia odbiorników GPS. W 2001 roku cały sprzęt na jednej ze stacji trzeba było wymienić, a trzy lata temu zostały uszkodzone odbiorniki Javad i spaliły się karty portów w komputerach. Na szczęście odbiorniki udało się naprawić. Teraz przy antenach GPS obu stacji (BOGO i BOGI) zbudowano instalację odgromową – po 4 pręty pełniące funkcję piorunochronów. Poza tym uruchomiliśmy sieć bezprzewodową do przesłania danych i porty w komputerach są już bezpieczne.

Jak zmienia się znaczenie obserwatorium w dobie pomiarów satelitarnych?

Moim zdaniem jest coraz większe. Na przykład jako jedni z pierwszych w Polsce (w 2002 r.) zastosowaliśmy instrument z możliwością odbioru sygnałów GLONASS. Dzięki temu nasza stacja BOGI pracuje w IGS, czyli międzynarodowej służbie GNSS. Druga stacja (BOGO) nie należy wprawdzie do IGS, ale działa od 1996 r w sieci EPN i ma bardzo długą serię obserwacyjną. Antena stacji BO-



Dr Jan Cisak

GO jest zainstalowana na kominie budynku, a antena BOGI na słupie punktu EUREF-POL 0217 – jednego z 11 pomierzonych w 1992 roku w ramach pierwszego dowiązania polskiej sieci do sieci europejskiej.

Pierwszy odbiornik na BOGO to był...?

Ashtech Z12, który działał ponad 10 lat. Dopiero w 2007 r. zastąpiliśmy go nowym urządzeniem firmy Javad. „Permanencja” tych pierwszych obserwacji polegała na tym, że dane były zbierane i zgrywane o określonej godzinie raz na dobę. Pani Halinka Wrzesińska wiozła dyskietkę na przystanek i dawała kierowcy autobusu, a pani Helenka Bieniewska w Warszawie odbierała ją i przynosiła do IGiK. Stamtąd transmisja szła już internetem do Frankfurtu i Grazu. Później, w ramach postępu,

w pracowni przy ul. Jasnej [dawna siedziba IGiK – red.] zainstalowaliśmy telefon połączony z komputerem. Nasz automat dzwonił tam i po uzyskaniu połączenia, które często się rwało, przysyłał dane. Dopiero od kiedy na terenie obserwatorium został zainstalowany internet, wszystko idzie gładko.

Czym zajmuje się obserwatorium poza pomiarami GNSS?

W pawilonie magnetycznym jest na stałe zainstalowany czujnik LEMI, który mierzy i rejestruje trzy składowe pola magnetycznego Ziemi. Rejestracja odbywa się w interwałach minutowych, a zapis do komputera raz na dobę. Później nasi specjaliści opracowują je łącznie z danymi z Belska. Badania te prowadzimy od niedawna i dlatego jest jeszcze za wcześnie na wyciąganie jakichś naukowych wniosków. Uzyskane dane mają natomiast znaczenie praktyczne, bo pozwalają wyznaczyć poprawki do pomiarów, które wykonujemy w terenie. Kolejny temat, którym się zajmujemy, to grawimetria.

Jakie grawimetry wykorzystujecie?

Przede wszystkim A10 (A – bo absolutny, natomiast 10 to dokładność w mikrogalach), który kosztował blisko milion złotych. Jest to najmłodsze dziecko firmy Micro-g LaCoste z USA o numerze seryjnym 20, a więc na świecie nie ma ich zbyt wiele. A10 jest właśnie przygotowywany do wyjazdu, bo nasz specjalista od absolutnych pomiarów grawimetrycznych dr Marcin Sękowski zabiera go na pomiar sieci grawimetrycznej w Finlandii. Zanim nabyliśmy ten instrument,



OBSERWATORIUM GEODEZYJNO-GEOFIZYCZNE BOROWA GÓRA

● Placówka znajduje się 34 km na północ od Warszawy. Jest częścią Zakładu Geodezji i Geodynamiki Instytutu Geodezji i Kartografii. Początkowo działalność placówki koncentrowała się na obserwacjach astrometrycznych. W miarę rozwoju techniki prowadzono najpierw fotograficzne, a następnie dopplerowskie obserwacje satelitów. W ostatniej dekadzie XX wieku uruchomiono dwie stacje permanentne EPN/IGS (BOGO i BOGI) oraz zapoczątkowano obserwacje przyspieszenia siły ciężkości i jego zmian w czasie. Od pierwszych lat XXI wieku prowadzone są ciągłe obserwacje składowych ziemskiego pola magnetycznego oraz obserwacje meteorologiczne.

● Obie stacje BOGO i BOGI są wyposażone w odbiorniki firmy Javad oraz anteny choke ring. Godzinne dane obserwacyjne są wysyłane do Centrów Obliczeniowych GNSS BKG i OLG. Stacja BOGI uczestniczy w projekcie EUREF-IP (strumień danych jest przesyłany protokołem NTRIP), jest również częścią systemu ASG-EUPOS, do którego przesyłane są strumieniem surowe dane obserwacyjne.

● Obserwacje geomagnetyczne rozpoczęto w 2002 r. W specjalnej piwnicy magnetycznej zainstalowano nowoczesny wariograf magnetyczny LEMI, który rejestruje wartości trzech składowych ziemskiego pola magnetycznego.

● W 2008 roku obserwatorium zostało wyposażone w przenośny grawimetr absolutny A10. Instrumentem regularnie wykonywane są pomiary przyspieszenia siły ciężkości na punktach laboratoryjnych i punkcie polowym lokalnej sieci grawimetrycznej obserwatorium. W placówce prowadzone są też obserwacje pływowe zmiany przyspieszenia siły ciężkości unowocześnionym w 2009 roku grawimetrem względnym LaCoste & Romberg G.

● Od 1982 roku w każdą pogodną noc systematycznie obserwowane są grupy gwiazd. Różnice UTO-UTC wyliczane są w odniesieniu do katalogów FK5 oraz Hipparcos.

● Na terenie obserwatorium znajduje się również baza łamana do atestacji dalmierzy oraz mikrosieć niwelacyjna oparta na punkcie fundamentalnym.

Na pierwszym planie pawilon instrumentu przejściowego, w głębi wieża do kalibracji instrumentów

korzystaliśmy z pomocy Finów, którzy 3-krotnie mierzyli nasze punkty na terenie obserwatorium.

A pomiary względne?

Koledzy szykują się właśnie do kalibracji naszych 4 grawimetrów względnych. Główny punkt osnowy grawimetrycznej kraju – będący jednocześnie jednym z punktów bazy kalibracyjnej – znajduje się na terenie obserwatorium. Koledzy już przeprowadzili pomiar między Józefosławiem a Borową Górą. Zmierzą też część bazy od Józefosławia do Radomia, a później z Borowej Góry do Chorzele i do Lamkówka. Jeden z grawimetrów względnych wykorzystujemy w obserwatorium do pomiaru pływów ziemskich, czyli zmian przyspieszenia spowodowanych wpływem Księżyca i Słońca. Obserwatorium leży w ciekawym miejscu, bo na skraju strefy Teisseyre'a-Tornquista, która biegnie od Szczecina do Rzeszowa. Jako ciekawostkę mogę dodać, że z naszych badań wynika, iż płyta euroazjatycka od 1996 roku przesunęła się o ponad 20 cm na północny wschód. Natomiast w samym systemie europejskim nie ma prawie żadnych zmian, bo płyta jest sztywna.

Czy prowadzicie jeszcze typowe pomiary astronomiczne?

Tak, Maciek Moskwiński pracuje na instrumentie przejściowym i w każdą

pogodną noc jest przy instrumentach. To jest ciekawe zagadnienie, bo system satelitarny nie jest związany z pionem, z geoidą. Natomiast obserwacje astrometryczne poprzez poziomowanie instrumentu są z nimi związane. Zaobserwowane zmiany wskazują więc m.in. na odchylenia pionu.

Czyli GNSS, magnetyzm, grawimetria, astronomia i coś jeszcze?

Jeszcze niwelacja. Na terenie obserwatorium znajduje się fundamentalny punkt osnowy niwelacyjnej I klasy oraz dwie stacje meteorologiczne. Tak szeroki zakres prowadzonych badań i obserwacji powinien pozwolić na włączenie obserwatorium do European Combined Geodetic Network. Wykonaliśmy już pierwsze kroki w tym kierunku, ale trzeba spełnić wiele warunków. Na razie naszymi atutami są stacje permanentne GNSS i grawimetr absolutny.

Czego życzyć obserwatorium z okazji 80-lecia?

Dobrze byłoby wyposażać je w nowe dwuczęstotliwościowe odbiorniki GNSS z możliwością odbioru sygnału Galileo. Chcemy dalej rozwijać laboratorium grawimetryczne, wyposażając je w nowe instrumenty i sprzęt konieczny do utrzymywania grawimetrów, a przede wszystkim grawi-

metru A10 w stanie gotowości do pomiarów. Chcielibyśmy dalej rozwijać stosunki z instytucjami decydującymi o unowocześnianiu osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych w Polsce. Mamy nadzieję, że wkrótce wyjaśnią się różnice wysokości na punkcie BOGI (około 40 cm) i obie stacje BOGO i BOGI wejdą do zbioru punktów fundamentalnych realizujących w Polsce europejski układ odniesienia w systemie ETRS89. Oczywiście wiele tych życzeń można spełnić, jeżeli będzie odpowiednie finansowanie i młoda kadra w obserwatorium. ■

SZCZYPTA HISTORII

Początki Obserwatorium Geodezyjno-Geofizycznego Borowa Góra sięgają roku 1929, kiedy to w odradzającym się państwie polskim tworzone jednolity układ geodezyjny. Pierwsze wyznaczenie różnicy długości astronomicznej pomiędzy Borową Górą i Obserwatorium Astronomicznym w Paryżu wykonano w 1929 r. W 1930 r. wyznaczono szerokość astronomiczną punktu oraz azymut astronomiczny Borowa Góra - Modlin. Ten fakt przyjmowany jest za początek Obserwatorium Geodezyjno-Geofizycznego Borowa Góra. Układ Borowa Góra powstał w wyniku przyłożenia elipsoidy Bessela 1841 do geoidy w Borowej Górze. Orientacji elipsoidy dokonano z wykorzystaniem azymutu na wieżę w Modlinie. Przyjęto współrzędne punktu przyłożenia (szerokość i długość geodezyjną) wynikające z pomiarów astronomicznych ($\phi = 52^{\circ}28'32,85''$, $\lambda = 21^{\circ}02'12,12''$).

- 1937 - powstaje budynek obserwatorium
- 1939-1944 - zniszczenia wojenne (żwirrownia)
- 1945 - obserwatorium zostaje przejęte przez GUPK
- 1952 - wyremontowany budynek przekazano GINB (obecnie IGiK)
- 1956 - początek prowadzenia służby czasu
- 1972-1977 - zdjęcia satelitów wykonywane kamerą AFU75
- 1978 - pierwszy absolutny pomiar przyspieszenia siły ciężkości
- 1986-1991 - udział w licznych kampaniach dopplerowskich
- 1995 - początek ciągłych pomiarów zmian pływowych
- 1996 - powstanie permanentnej stacji BOGO i jej udział w EPN
- 2002 - powstanie permanentnej stacji BOGI i jej udział w EPN i IGS
- 2002 - uruchomienie permanentnych rejestracji składowych pola magnetycznego Ziemi
- 2006 - udział stacji BOGO i BOGI w ASG-PL
- 2008 - stacja BOGI zostaje włączona do sieci ASG-EUPOS

ŹRÓDŁO: IGiK



Maciej Moskwiński każdą pogodną noc spędza przy instrumencie przejściowym

OSTATNI TAKI PUNKT

Mówi **MGR INŻ. MACIEJ MOSKWIŃSKI** z Zakładu Geodezji i Geodynamiki IGiK

GEODETA: Ile nocy spędza pan rocznie przy instrumencie?

MACIEJ MOSKWIŃSKI: W ubiegłym roku zebrało się ich 90. Śledzę prognozę pogody i przyjeżdżam wtedy, kiedy jest czyste niebo. Temperatura nie ma znaczenia, w tym roku prowadziłem obserwacje nawet przy -19°C .

Do czego służy instrument przejściowy?

Do obserwacji czasu przejść gwiazd przez południk. Instrument przejściowy to właściwie teodolit, tylko przystosowany do obserwacji astronomicznych. Przed wojną wyznaczano nim długość i szerokość astronomiczną, później zastąpił go uniwersalny Wild T4. Instrument Zeissa, na którym pracuję, ma prawie 60 lat, z czego przez większość czasu wyniki były wysyłane do centrów obliczeniowych i służyły do wyznaczania zmian prędkości ruchu obrotowego Ziemi i chwilowego położenia bieguna. Teraz do tych wyznaczeń wykorzystuje się głównie obserwacje GNSS. Instrument przejściowy daje większe błędy, ale prowadzone nim obecnie obserwacje pozwalają wyznaczyć zmiany kierunku pionu.

Na czym polega takie wyznaczenie?

Wyniki z instrumentu przejściowego, który jest poziomowany za pomocą libeli, są związane z kierunkiem linii pionu. Jeżeli z powodu wpływów Słońca lub Księżycy kierunek ten zmienia się i oś pionowa instrumentu przejściowego pochyli się na przykład w kierunku wschodnim, to gwiazdę będziemy obserwowali nieco wcześniej. Natomiast techniki GNSS są związane z samymi współrzędnymi. Kierunek linii pionu nie wpływa na wyniki obserwacji GNSS, a więc nie można go z nich wyznaczyć.

Jak odbywa się pomiar?

Moment przejścia przez południk określamy w dwóch położeniach lunety. Dawniej obserwowano się wizualnie, a teraz przejście gwiazdy przez siatkę szczeliny powoduje w fotopowielaczu powstanie prądu, który jest wzmacniany, a sygnał jest dalej przekazywany do budynku, gdzie są urządzenia rejestrujące i zegar.

Zgodnie z programem każdego pogodnego wieczoru obserwuję dwie grupy liczące po 10 gwiazd. Zaczynam po zachodzie Słońca, jak już się zupełnie ściemni, teraz np. o 23. Na podstawie momentów przejścia gwiazd z każdej grupy wyzna-

cza się różnice między jednostajnym czasem atomowym a czasem związanym z ruchem obrotowym Ziemi.

Jakiego rzędu są te różnice?

W granicach setnych części sekundy, rocznie nawet 2-3 setne.

Gwiazdy są obserwowane mniej więcej na tej samej odległości zenitalnej?

W granicach 10° od zenitu. Dla każdej z użyciem pomocniczych kół i noniuszy ustawiam inną odległość zenitalną.

Z jakiego okresu są zgromadzone dane z tego instrumentu?

W 1965 roku zaczęto wysyłać wyniki do centrów obliczeniowych, które obsługiwały kilkadziesiąt takich stacji jak nasza. Po modernizacji sposobu rejestracji mamy poprawne jednorodne wyniki od 1986 roku, czyli z 25 lat. To ostatni taki punkt w Polsce, a na świecie też jest ich coraz mniej. ■



PIKNIK W OBSERWATORIUM

Na jubileuszowe spotkanie z okazji 80-lecia zorganizowane 2 lipca na terenie obserwatorium przybyli przedstawiciele GUGiK na czele z dyrektorem Departamentu Geodezji, Kartografii i Systemów Informacji Geograficznej Jerzym Zielińskim (na fot. z prawej przy punkcie „Borowa Góra”), burmistrz Sierocka Sylwester Sokolnicki, doc. dr hab. Marek Jarosiński z PIG, dyrektor Instytutu Fizyki PAN prof. Robert Gałgźka, wiceprezes SGP Jan Łopaciuk, prezes ZO SGP Zdzisław Dworakowski, przedstawiciele obserwatoriów w Lamkówwku, Józefostawiu i Borowcu, a także pracownicy IGiK. Gospodarzami pikniku byli dyrektor IGiK dr Marek Baranowski oraz kierujący obserwatorium dr Jan Cisek. Pracownicy Zakładu Geodezji i Geodynamiki oprowadzali zainteresowanych gości po obiektach obserwatorium, można było obejrzeć nie tylko punkt „Borowa Góra”, odbiorniki GNSS i rubidowe zegary, ale także dowiedzieć się, nad czym obecnie pracuje się w obserwatorium.

JP



Dr Marcin Sękowski szuka grawimetra A10 do pomiarów w Finlandii

PIERWSZY TAKI GRAWIMETR

Mówi **DR MARCIN SĘKOWSKI** z Zakładu Geodezji i Geodynamiki IGiK

GEODETA: Jak działa grawimetr absolutny?

DR MARCIN SĘKOWSKI: Instrument A10 składa się z dwóch podstawowych części, ustawionych jedna na drugiej. W sporym uproszczeniu, w części górnej jest komora próżniowa, w której małe zwierciadło poddawane jest swobodnemu spadkowi pod wpływem siły ciężkości. W dolnej jest interferometr laserowy i rubidowy zegar atomowy, które służą do pomiaru położenia tego zwierciadła w czasie, względem drugiego, nieruchomego zwierciadła, które również znajduje się w dolnej części grawimetru. W efekcie określa się, jak przyspiesza ten spadający obiekt. Oczywiście, wszystko odbywa się w bardzo wysokiej próżni. Ciśnienie w komorze spadkowej wynosi około jednej stutysięcznej milibara. Pompa jonowa zainstalowana w grawimetrze cały czas wysysa pojedyncze jony z komory, nawet wtedy, kiedy grawimetr nie pracuje. Wysokie napięcie, rzędu 4 kV, powoduje jonizację atomów, które są ściągane przez elektrody i wyprowadzane na zewnątrz. Grawimetr jest wrażliwy na wysoką temperaturę. Gdybym w czasie upału trzymał go w samochodzie, to pompa jonowa przestałaby działać.

W jakim zakresie temperatur można wykonywać pomiary?

Według instrukcji do +35° C, ale nie pracowałem nim w takiej temperaturze. Zdarzyło mi się natomiast na samym początku, z braku doświadczenia, doprowadzić do sytuacji, że instrument przestał działać z powodu przegrzania. Grawimetr jest bowiem bardzo delikatnym urządzeniem, wystarczy podmuch wiatru, żeby miało to swój obraz w wynikach. Dlatego za każdym razem, kiedy zaczynamy prace w terenie, nad instrumentem stawiamy namiot. Wtedy, przy słonecznej pogodzie, na zewnątrz było 20 stopni, ale pod namiotem zrobiło się natychmiast 50 i pompa jonowa odmówiła posłuszeństwa. W efekcie straciliśmy próżnię, co oznaczało konieczność powrotu do laboratorium, podłączenia tzw. turbopompy, czyli silnej pompy molekularnej, która mechanicznie wyciąga gaz ze środka. Dopiero po tej operacji można było ponownie włączyć pompę jonową.

Jak długo trwa pomiar na punkcie?

Cała procedura zajmuje około półtorej godziny. W tym czasie pomiar wykonujemy dwukrotnie, zmieniając położenie grawimetru, żeby wyeliminować potencjalny błąd grubo. Instrument musi być



Uczestnicy spotkania jubileuszowego w obserwatorium Borowa Góra

ustawiony dokładnie w pionie, żeby interferometr mierzył drogę spadającego zwierciadła. Jeden pomiar trwa 24 minuty. Spadek obiektu odbywa się co sekundę, a jest ich w serii 120 dla jednej długości fali lasera interferometru i 120 dla drugiej (taka konstrukcja interferometru pozwala zminimalizować wpływ temperatury). Taki zestaw pomiarów powtarzamy 4-krotnie, po czym następuje zmiana położenia i kolejne 24 minuty pomiaru. Cały zestaw wymaga zasilania napięciem 12 V, rejestracja danych odbywa się bezpośrednio w komputerze.

Jaka jest faktyczna dokładność instrumentu?

Precyzja pomiaru określona przez producenta wynosi 10 mikrogali (gal to jest cm/s^2 , czyli mikrogal to jest 10^{-8} wartości normalnego przyspieszenia ziemskiego). Powtarzalność naszych wyników jest rzędu 5 mikrogali. Dla porównania dodam, że podniesienie obiektu o metr zmniejsza przyspieszenie ziemskie o 300 mikrogali (z racji zwiększenia odległości od środka Ziemi). To jedyny polowy grawimetr absolutny o takiej dokładności w Polsce. Na Politechnice Warszawskiej jest jeszcze jeden grawimetr absolutny (FG5), nominalnie dwukrotnie dokładniejszy, ale laboratoryjny. Tamten waży około 500 kg, podczas gdy nasz nie przekracza 100 kg ze wszystkimi urządzeniami pomocniczymi (dwie zasadnicze części ważą po 20 kg).

A co będzie pan robił w Finlandii?

To, co powinniśmy zrobić w Polsce (śmiech). Finowie postanowili całą swo-

ją sieć grawimetryczną przemierzyć ponownie, dlatego że dawniej używano mniej dokładnych grawimetrów względnych, które dodatkowo na dużych odległościach dają duży błąd z powodu dryftu. Poza tym pomiary względne są bardzo kosztowne, bo za każdym razem trzeba pojechać na punkt pomiarowy i wrócić na punkt dowiązania. Przesła sieci są kilkusetkilometrowe, a więc niewiele można w ciągu jednego dnia zdziałać. Z grawimetrem absolutnym jest wygodniej, taniej i dużo dokładniej. Takie właśnie pomiary będziemy wykonywali w Finlandii. Niemcy też są w tym zakresie bardzo zaawansowani, zresztą taki jest ogólny trend na świecie.

Ale może polska sieć jest wystarczająco dokładna?

Co miesiąc wykonujemy pomiary na trzech punktach na terenie obserwatorium. Dwa z nich, wewnątrz budynku, były wcześniej pomierzone grawimetrami absolutnymi FG5 (i tym politechnicznym, i fińskim) i mimo że teoretycznie mamy mniej dokładny instrument, wszystkie uzyskane dotąd wyniki są zgodne. Jednak średnia wartość przyspieszenia wyznaczonego grawimetrem A10 dla punktu polskiej sieci grawimetrycznej znajdującego się na terenie Obserwatorium Borowa Góra różni się od wartości katalogowej GUGiK o ponad 40 mikrogali. Podobne różnice stwierdzono na innych punktach sieci. A państwowa sieć grawimetryczna ma dokładność określoną na 10 mikrogali!

To wskazuje na konieczność weryfikacji całej polskiej sieci grawimetrycznej, a nasz A10 to jedyne urządzenie, które na tym poziomie dokładności jest w stanie to zrobić.

Czy ta rozbieżność pomiarów z katalogiem nie może być wynikiem zmian przyspieszenia, które zaszły od czasu wykonania poprzednich pomiarów?

Jest to mało prawdopodobne, zmiany mogą być sezonowe, związane z wodą gruntową. Na razie nie obserwujemy takich cyklicznych zmian, ale półtora roku to za mało, żeby wyciągać wnioski. Ta różnica 40 mikrogali jest stała i duża. Wygląda na błąd wynikający z wyrównania sieci.

Jaki byłby koszt pomiaru całej sieci krajowej i czy można by go przeprowadzić jednym instrumentem?

Nie robiłem takiej analizy, ale na pewno w grę wchodzi miliony złotych, bo do pomierzenia jest kilkaset punktów. I jednym instrumentem byłoby to dość trudne do wykonania. W Finlandii sytuacja jest trochę inna, bo sieć jest wielorzędowa i na razie tylko sieć rzędu zerowego są mierzone grawimetrami absolutnymi. Dzięki temu, że są tylko 22 takie grawimetry na świecie, jesteśmy zapraszani do współpracy nie tylko przez Finów, ale również przez Niemców, Duńczyków czy Norwegów. Co z tego wyjdzie, zobaczymy.

Rozmawiała KATARZYNA PAKUŁA-KWIECIŃSKA
Zdjęcia JERZY PRZYWARA