

MARIA CISAK
ANDRZEJ SAS
LUCJAN SIPORSKI

**FUNDAMENTALNY PUNKT
PODSTAWOWEJ OSNOWY GRAWIMETRYCZNEJ KRAJU
W BOROWEJ GÓRZE**

ZARYS TREŚCI: W artykule przedstawiono wyniki prac geodezyjno-grawimetrycznych mających na celu powiązanie fundamentalnego punktu absolutnego podstawowej osnowy grawimetrycznej kraju z 8 punktami grawimetrycznymi znajdującymi się na terenie Obserwatorium w Borowej Górze. W przyszłości punkty te będą służyły do wykonywania na nich jednoczesnych porównawczych wyznaczeń absolutnych kilkoma grawimetrami balistycznymi. Wyznaczenia takie mają na celu stałą kontrolę standardów grawimetrów balistycznych stanowiących wzorzec dla systemu IGSN 71.

1. WSTĘP

Obserwatorium Astronomiczno-Geodezyjne wchodzące w skład Zakładu Astronomii Geodezyjnej i Geodezji Satelitarnej Instytutu Geodezji i Kartografii w Borowej Górze od wielu lat realizuje szeroki program badań astronomiczno-geodezyjnych i geodynamicznych. Prowadzone są tutaj permanentne obserwacje satelitarną aparaturą GPS, rejestracje zmian pływowych przyspieszenia siły ciężkości oraz rejestracje zmian poziomu wód gruntowych. Obserwatorium prowadzi również astronomiczne obserwacje czasu lokalnego w programie badań zmian kierunku linii pionu metodą astrometryczną. Na terenie Obserwatorium znajdują się: punkt sieci EUREF (nr 0217), punkt wiekowy precyzyjnej osnowy wysokościowej, wiekowy punkt magnetyczny oraz fundamentalny punkt absolutny podstawowej osnowy grawimetrycznej kraju. Obserwatorium wyposażone jest w wiele dobrze zastabilizowanych stanowisk do pomiarów geodezyjnych, w tym także do pomiarów grawimetrycznych metodą absolutną.

Na fundamentalnym punkcie grawimetrycznym zlokalizowanym w piwnicy tzw. starego (przedwojennego) budynku i zastabilizowanym słupem betonowym o wymiarach górnej powierzchni 1x1m były kilkakrotnie wykonane wyznaczenia absolutne przyspieszenia siły ciężkości:

- w 1978 r. za pomocą grawimetru balistycznego GABL przez zespół Akademii Nauk b. ZSRR pod kierownictwem prof. J. D. Bułanże;
- w 1992 r. za pomocą dwóch grawimetrów balistycznych GM-4 i GM-5 przez zespół Instytutu „Metrologia” z Charkowa pod kierownictwem E. Zanimońskiego;
- w 1993 r. powtórne pomiary za pomocą tej samej aparatury i przez ten sam zespół z Charkowa;
- w 1995 r. w październiku za pomocą grawimetru balistycznego FG 5 nr 101 przez zespół Instytutu Zastosowań Geodezji we Frankfurcie n. Menem pod kierownictwem dr F. Falke;
- w 1995 r. w grudniu za pomocą grawimetru balistycznego JILAG 5 przez J. Mekinena z Fińskiego Instytutu Geodezyjnego w Helsinkach;
- w 1996 r. w lipcu za pomocą grawimetru balistycznego FG 5 nr 107 przez zespół amerykański pod kierownictwem D. Stizza.

Taka seria pomiarów stawia Obserwatorium w Borowej Górze w rzędzie nielicznych placówek naukowych, w których pomiary absolutne były wykonywane wielokrotnie różnymi typami grawimetrów balistycznych.

Oprócz punktu fundamentalnego, na terenie Obserwatorium znajduje się jeszcze 8 punktów grawimetrycznych o trwałej stabilizacji (bloki betonowe), na których jest możliwe wykonanie pomiarów absolutnych. Taki układ 9 punktów grawimetrycznych pozwala na jednoczesne wykonanie porównawczych wyznaczeń absolutnych kilkoma grawimetrami balistycznymi. Wyznaczenia porównawcze wykonywane w ramach międzynarodowych akcji pomiarowych są umieszczone w programie działalności Komisji Grawimetrycznej MAG i mają na celu stałą kontrolę standardów grawimetrów balistycznych stanowiących wzorzec dla systemu IGSN 71. Tak więc Obserwatorium Instytutu Geodezji i Kartografii w Borowej Górze oprócz znaczenia dla podstawowej osnowy grawimetrycznej kraju może odgrywać znaczącą rolę przy integracji z systemem IGSN 71 grawimetrycznych osnow podstawowych krajów Europy Wschodniej.

Aby na terenie Obserwatorium w Borowej Górze mogły być w przyszłości prowadzone porównawcze wyznaczenia absolutne wykonywane w ramach międzynarodowych akcji, konieczne było wykonanie grawimetrycznych pomiarów względnych między znajdującymi się tu punktami, jak również określenie dla tych punktów wysokości h n.p.m. oraz wyznaczenie dla nich współrzędnych w różnych układach. Prace te wykonane były w ramach zadania o nazwie: „Wykonanie niezbędnych pomiarów geodezyjno-grawimetrycznych na fundamentalnym punkcie w Borowej Górze” realizowanego w ramach projektu zamawianego „Zintegrowanie krajowej osnowy grawimetrycznej z systemem UEGN”, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

2. GRAWIMETRYCZNE POMIARY WZGLĘDNE NA TERENIE OBSERWATORIUM W BOROWEJ GÓRZE

Jak wspomniano we wstępie, na terenie Obserwatorium w Borowej Górze oprócz punktu fundamentalnego podstawowej osnowy grawimetrycznej kraju, oznaczonego symbolem A-BG, znajduje się jeszcze 8 punktów grawimetrycznych o trwałej stabilizacji.

Punktami tymi są:

- trzy punkty G1, G2 i G3 zastabilizowane w 1996 r. w piwnicy „nowego” budynku Obserwatorium,
- niwelacyjny punkt fundamentalny Niw f,
- punkt nr 156 modernizowanej podstawowej osnowy grawimetrycznej kraju,
- punkt 0217 sieci EUREF,
- punkt BG03 zlokalizowany w pawilonie satelitarnym,
- punkt BG04 znajdujący się w piwnicy zegarowej Obserwatorium.

Lokalizacja wymienionych punktów grawimetrycznych zaznaczona jest na planie sytuacyjnym Obserwatorium w Borowej Górze (rys. 1).

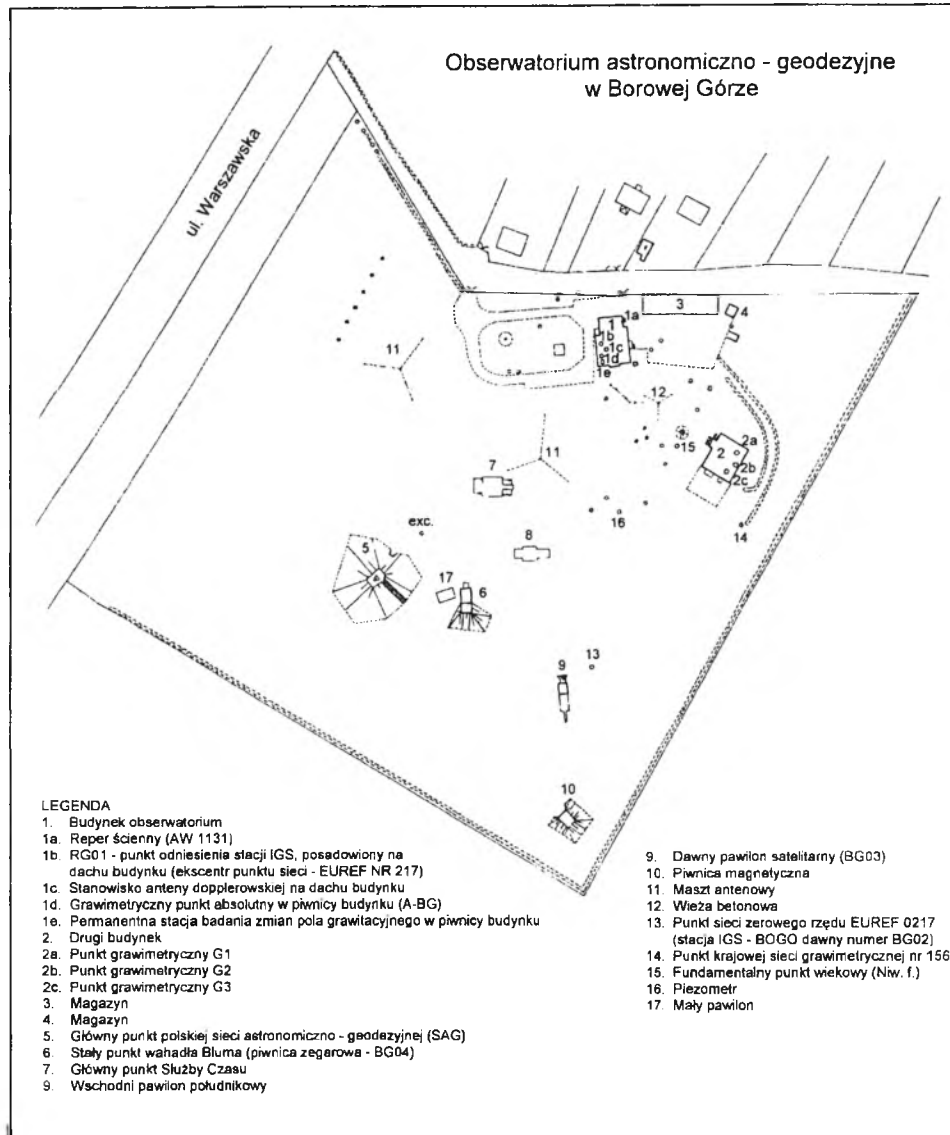
W celu wyznaczenia różnic wartości przyspieszenia siły ciężkości Δg pomiędzy tymi punktami zaprojektowano sieć składającą się z 8 trójkątów (rys. 2).

Pomiar różnic przyspieszenia siły ciężkości Δg na przęsłach tej sieci grawimetrycznej wykonano zespołem trzech grawimetrów firmy LaCoste&Romberg model G o numerach 42, 1078 i 1084.

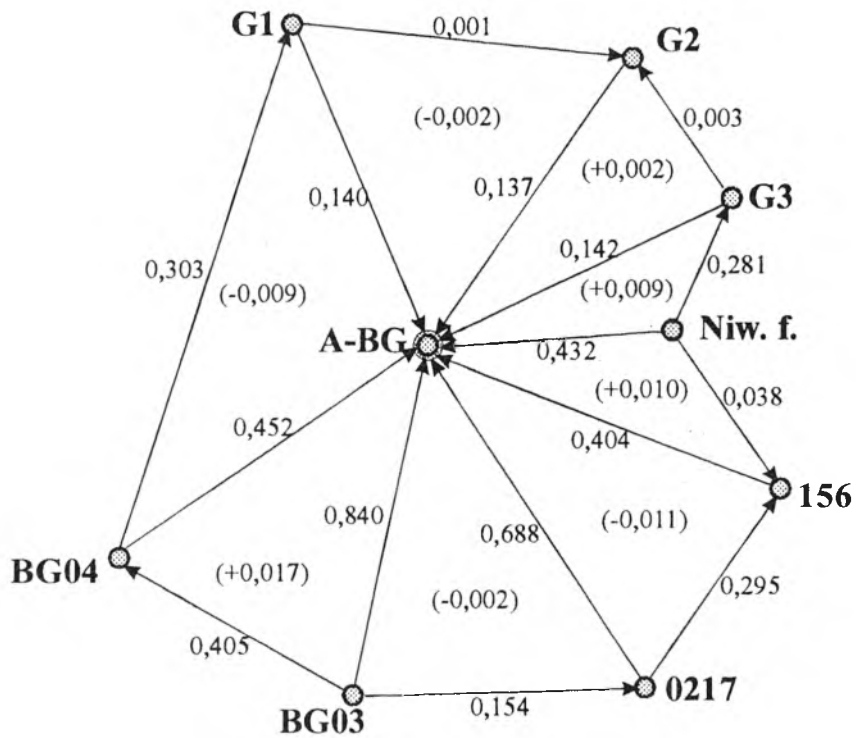
Obserwacje na punktach sieci wykonywano wg schematu A-B, B-A, A-B, identycznie jak na punktach modernizowanej osnowy podstawowej. Do obliczeń wartości Δg wprowadzono poprawki luno-solarne liczone wg algorytmu Longmana. Współczynnik sprężystości skorupy ziemskiej przyjęto równy 1,17 (zgodnie z sugestią prof. T. Chojnickiego). Przeprowadzenie pomiarów według ww. schematu pozwoliło na uzyskanie każdym instrumentem po trzy niezależne wartości Δg na przęsle. Obliczenia wartości różnic przyspieszenia siły ciężkości Δg na przęsłach sieci wykonano za pomocą programów opracowanych w Zakładzie Geodezji Fizycznej IGiK.

Należy nadmienić, że wartość Δg pomiędzy punktami G1 - G2 i G2 - G3 zostały obliczone jako funkcja różnicy wysokości między nimi i gradientu pionowego przyspieszenia siły ciężkości. Punkty G1, G2 i G3 znajdują się bowiem w tym samym pomieszczeniu praktycznie na tej samej wysokości i błąd pomiaru Δg przekroczyłby mierzoną wartość.



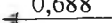

Jako ostateczną wartość pomierzoną Δg na przęsle przyjęto wartość średnią z jego pomiaru trzema grawimetrami. Uzyskane w ten sposób wartości Δg na poszczególnych przęsłach zostały zaznaczone na rys. 2. Na szkicu tym podano także sumy wartości Δg stanowiące zamknięcia poszczególnych figur sieci.



*Rys. 1. Plan sytuacyjny terenu
Obserwatorium Astronomiczno-Geodezyjnego
w Borowej Górze*



Legenda:

-  - punkt pomiarów absolutnych,
-  - punkt pomiarów względnych,
-  0,688 - Δg pomierzone (mGal),
-  (-0,009) - suma Δg w figurze (mGal).

Rys. 2. Szkic sieci grawimetrycznej na terenie Obserwatorium Astronomiczno-Geodezyjnego w Borowej Górze

W odniesieniu do punktu fundamentalnego A-BG dokonano wyrównania tej sieci, uzyskując wartości różnic przyspieszenia Δg pomiędzy wszystkimi punktami sieci a punktem odniesienia.

3. WYZNACZENIE WYSOKOŚCI PUNKTÓW SIECI GRAWIMETRYCZNEJ NA TERENIE OBSERWATORIUM W BOROWEJ GÓRZE

W celu wyznaczenia wysokości h n.p.m. punktów grawimetrycznych zaprojektowano sieć przewyżseń Δh . Pomiar różnic wysokości między punktami grawimetrycznymi wykonano metodą niwelacji technicznej. Pomierzone wartości Δh przęseł są podane na rys. 3. Na szkicu tym wykazano także sumy wartości Δh w poszczególnych figurach jako ich zamknięcie.

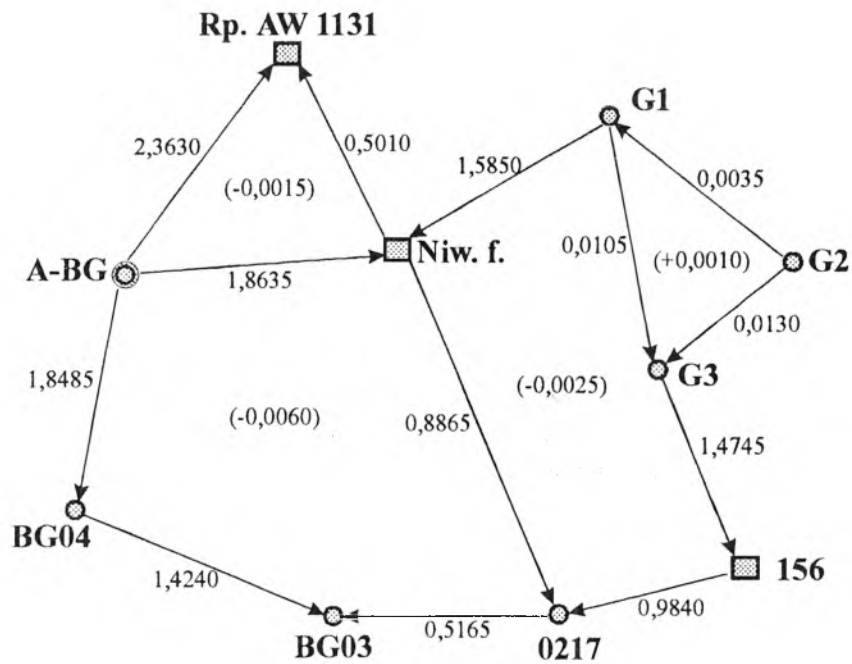
Na podstawie wysokości trzech punktów stałych, tj.: reperu AW 1131 umieszczonego w ścianie budynku Obserwatorium, niwelacyjnego punktu fundamentalnego Niw. f. oraz punktu nr 156 krajowej osnowy grawimetrycznej dokonano wyrównania tej sieci przewyżseń. Należy zaznaczyć, że wysokość punktu grawimetrycznego nr 156 przyjęta w wyrównaniu jako punkt stały została wyznaczona metodą niwelacji precyzyjnej.

4. WYZNACZENIE WSPÓŁRZĘDNYCH GEODEZYJNYCH I PŁASKICH X I Y PUNKTÓW GRAWIMETRYCZNYCH NA TERENIE OBSERWATORIUM W BOROWEJ GÓRZE




Współrzędne geodezyjne B i L w układzie ETRF 89 i JSAG dla części punktów grawimetrycznych, tj. punktów znajdujących się na odkrytym terenie, wyznaczono przy zastosowaniu techniki GPS odbiornikami firmy Ashtech metodą statyczną i wyrównano programem FILLNET. Współrzędne płaskie X i Y w układzie „1942” uzyskano przeliczając wyrównane współrzędne B, L w układzie JSAG na płaszczyznę w odwzorowaniu Gaussa-Krügera.

Techniką GPS były wyznaczone współrzędne 4 punktów:

- punkt nr 156 krajowej osnowy grawimetrycznej,
- punkt nr 0217 sieci EUREF,
- punkt BG03 w pawilonie satelitarnym z rozsuwanym dachem,
- punkt BG04 znajdujący się w piwnicy zegarowej.



Legenda:

-  - punkt pomiarów absolutnych,
-  - wysokościowy punkt odniesienia,
-  - punkt pomiarów względnych,
- $\overrightarrow{1,8635}$ - Δh pomierzone (m),
- (+0,0010) - suma Δh w figurze (m).

Rys. 3. Szkic sieci przewyżzeń pomiędzy punktami grawimetrycznymi na terenie Obserwatorium Astronomiczno-Geodezyjnego w Borowej Górze

W wypadku tego ostatniego punktu istniała możliwość „wyniesienia” środka słupa grawimetrycznego na powierzchnię kopca, pod którym znajduje się piwnica zegarowa. Do tego celu wykorzystano istniejące w stropie pawilonu dwa otwory wentylacyjne, przez które wprowadzono pion, a następnie pomierzono odległości między nimi a środkiem płyty. Odkładając te odległości od wylotów otworów wentylacyjnych na powierzchni kopca wyznaczono punkt odpowiadający położeniu środka płyty grawimetrycznej i określono jego współrzędne za pomocą aparatury GPS.

W celu wyznaczenia współrzędnych pozostałych 5 punktów (4 zlokalizowanych w piwnicach budynków i niwelacyjnego punktu wiekowego Niw. f.) założono odpowiednią sieć kątowno-liniową.

Wyrównanie tej sieci przeprowadzono opierając się na punktach, których współrzędne wyznaczone były metodą GPS.

Wyniki wyrównania oraz wartości współrzędnych płaskich X i Y punktów grawimetrycznych podane są w układzie „42”.

5. WYNIKI

W tabeli przedstawiono wyniki pomiarów geodezyjno-grawimetrycznych przeprowadzonych na terenie Obserwatorium w Borowej Górze.

L.p.	Oznaczenie punktu	Δg [mGal]	h [m]	Współrzędne (układ „42”)	
				X [m]	Y [m]
1	A-BG	pkt odniesienia	106,368	5 747 603,58	5 471 367,36
2	G1	-0,141	106,648	569,70	410,28
3	G2	-0,139	106,645	566,95	410,46
4	G3	-0,146	106,658	565,90	407,85
5	Niw. f.	-0,431	108,232	572,43	389,43
6	156	-0,398	108,134	545,12	410,52
7	EUREF 0217	-0,691	109,119	501,45	359,41
8	BG03	-0,845	109,636	492,51	350,45
9	BG04	-0,446	108,214	516,23	316,18

Rezultaty tych pomiarów będą wykorzystywane przy wprowadzaniu redukcji do wyników porównawczych wyznaczeń absolutnych wykonywanych jednocześnie grupą grawimetrów balistycznych, aby mogły one być ze sobą porównywalne. Podobne pomiary geodezyjno-grawimetryczne były przeprowadzone na punktach grawimetrycznych w Obserwatorium w Sévres pod Paryżem, na których organizowane są okresowo kampanie porównawcze grawimetrów balistycznych.

Należy zaznaczyć, że na 4 punktach grawimetrycznych zlokalizowanych w pomieszczeniach laboratoryjnych Obserwatorium w Borowej Górze mogą być wykonywane pomiary porównawcze aparaturą balistyczną typu FG 5 lub JILAG. Na pozostałych punktach można będzie wykonywać wyznaczenia porównawcze aparaturą polową.

Przeprowadzone na terenie Obserwatorium pomiary geodezyjne - wyznaczenie wysokości h n.p.m. i określenie współrzędnych X i Y można uznać za ostateczne. Wyniki grawimetrycznych pomiarów względnych należy jednak potraktować jako wstępne. Otrzymane wartości różnic przyspieszenia siły ciężkości pomiędzy poszczególnymi punktami będą wprowadzane jako poprawki redukcyjne do wartości „ g ” uzyskanych aparaturą absolutną podczas pomiarów porównawczych. Dokładność ich wyznaczenia musi być zatem bardzo wysoka. Pomiary te będą więc wielokrotnie powtórzone.

*Recenzował: prof. dr hab. inż. Andrzej Sas-Uhrzynowski
Przyjęto do opublikowania we wrześniu 1997 roku*

*MARIA CISAK
ANDRZEJ SAS
LUCJAN SIPORSKI*

FUNDAMENTAL POINT
OF THE BASIC GRAVIMETRIC CONTROL NETWORK IN
POLAND LOCATED IN BOROWA GÓRA

S u m m a r y

Fundamental point of basic gravimetric control network in Poland is located at the Observatory in Borowa Góra. Within last twenty years this point was used several times for determining absolute acceleration of gravity, utilising various ballistic instruments. Besides fundamental point there are eight gravimetric points with permanent stabilisation within the area of the Observatory; they can be also used for making absolute measurements. Such an arrangement of gravimetric points within the Observatory allows for simultaneous, comparative absolute determinations, using several ballistic gravimeters. These determinations are part of the activity of the MAĞ Gravimetric Commission; they serve for permanent check of gravimetric standards at the IGSN 71 system. In order to perform such works at the Observatory in Borowa Góra, it was necessary to make relative gravimetric measurements between gravimetric points and to determine their heights above sea level, as well as X , Y plane coordinates.

Results of the measurements will be used for making reductions to the absolute determinations, conducted simultaneously with several ballistic gravimeters, so they could be comparable.

Translation: Zbigniew Bochenek

*МАРИЯ ЦИСАК
АНДЖЕЙ САС
ЛЮЦИАН СИПОРСКИ*

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ ПУНКТ
БАЗОВОЙ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ СТРАНЫ
В БОРОВОЙ ГУРЕ

Р е з ю м е

На территории обсерватории в Боровой Гуре находится фундаментальный пункт базовой гравиметрической основы страны. На этом пункте в течение последних двадцати лет были многократно определены различной баллистической аппаратурой абсолютные ускорения силы тяжести. Кроме фундаментального пункта на территории обсерватории находятся ещё восемь гравиметрических пунктов со стабильным закреплением, на которых можно производить абсолютные измерения. Такая система гравиметрических пунктов на территории обсерватории даёт возможность производить одновременно сравнительные абсолютные определения несколькими баллистическими гравиметрами. Такие определения входят в программу деятельности Гравиметрической комиссии МАГ и имеют целью постоянный контроль гравиметрических стандартов, являющихся образцом для системы IGSN 71. Чтобы такие работы могли проводиться на территории обсерватории в Боровой Гуре, необходимо было выполнение относительных гравиметрических измерений между гравиметрическими пунктами, а также определение для этих пунктов высоты h над уровнем моря и вычисление для них плоских координат X и Y . Результаты этих измерений будут использованы для введения редукции к результатам абсолютных определений, выполненных одновременно группой баллистических гравиметров, чтобы можно было их между собой сравнить.

Перевод: Róża Tolstikowa