

POMIAR GRADIENTU PIONOWEGO SIŁY CIĘŻKOŚCI DLA CELÓW POSZUKIWAŃ PŁYTKOLEŻĄCYCH STRUKTUR GEOLOGICZNYCH I BADANIA BUDOWY GÓROTWORU

UKD 550.831:[551.24+622.83](24.081/.082)

Pomiary anomalii siły ciężkości znajdują coraz szersze zastosowanie w poszukiwaniach geologicznych. Stały, szybki postęp w technice pomiarowej i interpretacji wyników, pozwala na zastosowanie tej metody w etapie szczegółowego rozpoznania geologicznego badanego obszaru. Bardzo wysoka dokładność dochodząca do $\pm 0,01$ mGala, z jaką wykonywane są obecnie względne pomiary siły ciężkości, pozwoliła na zastosowanie tej metody nie tylko do wykrywania struktur geologicznych, ale także do badania ich szczegółowej budowy. Dalszy postęp w tej dziedzinie doprowadził do opracowania w Akademii Górniczo-Hutniczej metody mikrogravimetrycznej (2—10, 12), służącej również do badania budowy geologicznej górotworu tak przed, jak i w trakcie jego eksploatacji. Metoda ta, ze względu na swoją skuteczność, znalazła szerokie zastosowanie w górnictwie, a nawet w budownictwie do wykrywania na terenach byłej podziemnej eksploatacji starych wyrobisk górniczych.

Nowe zadania i związana z nimi konieczność precyzyjnego wykrywania ciał zaburzających, płytkoleżących, takich jak małe formy tektoniczne i erozyjne oraz formy antropogeniczne zwróciły naszą uwagę na możliwości wykorzystania do tego celu pomiarów gradientu pionowego siły ciężkości.

Wartości gradientu pionowego siły ciężkości maleją odwrotnie proporcjonalnie do trzeciej potęgi odległości punktu pomiarowego od środka masy ciała zaburzającego. Stąd w porównaniu do wartości anomalii siły ciężkości, malejących odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu tej odległości, wartości gradientu pionowego są znacznie czulsze na występujące płytko i małych rozmiarów ciała zaburzające.

Tak więc z pola grawitacyjnego ośrodka geologicznego będącego superpozycją grawitacyjnego działania wszystkich jego niejednorodności w rozkładzie gęstości, na drodze pomiarów wartości gradientu pionowego siły ciężkości łatwiej wyodrębnić te jego składowe, które związane są z płytkoleżącymi ciałami zaburzającymi małych rozmiarów. Oznacza to również, że rozkład anomalii siły ciężkości uczulony jest na ciała zaburzające dużych rozmiarów i występujące głębiej w porównaniu do tych, o których była mowa.

Wyodrębnienie mikroanomalii siły ciężkości, których rozkład wywołany jest przez małe formy tektoniczne, erozyjne lub antropogeniczne, występujących na tle anomalii siły ciężkości jest z tego względu w znacznie większym stopniu ograniczone występowaniem poziomego gradientu anomalii siły ciężkości niż dokładnością pomiarów mikroanomalii.

WIEŻA POMIAROWA

Mimo korzyści, jakie daje pomiar gradientu pionowego siły ciężkości pozostawał dotychczas otwarty problem sposobu jego pomiaru. Jak wiadomo brak jest odpowiednich instrumentów, które pozwoliłyby mierzyć wartości wspomnianego gradientu bezpośrednio dla celów prospekcyjnych. Znane dotychczas były dwa rozwiązania praktyczne, oba opierające się o pomiary gravimetryczne wykonane na dwóch stanowiskach leżących na pewnej odległości w pionie nad sobą i mające za zadanie przybliżyć wykorzystanie pomiarów gradientu pionowego siły ciężkości dla celów poszukiwań geologicznych.

Pierwsze z nich opracowane zostało przez Thyssena-Bornemiszę i Stacklera (1956) i polegało na użyciu niezależnego trójnożu o wysokości 3,9 m wykonanego z rur, zakończonego u góry płaszczyzną pomiarową oraz drabiny zamocowanej na samochodzie ciężarowym.

Drugie rozwiązanie techniczne, podane przez Kugaia, Abe i Yoshimurę (1960), polegało na skonstruowaniu platformy pomiarowej wieńczącej składane drabiny umocowane na samochodzie typu jeep. Platformę można było wysunąć na wysokość 5,15 m ponad powierzchnię terenu. Przed każdym pomiarem samochód należało umieścić na przenośnikach, tak aby jego koła nie dotykały powierzchni terenu.

Jak z powyższego wynika oba rozwiązania techniczne nie mogą być stosowane do szczegółowych pomiarów, gdyż wymagają wyposażenia zespołu w samochód. Pomiary mogą być wykonywane tylko w terenie równinnym, a niestabilność obu konstrukcji powoduje ich silne drgania nawet przy słabym wietrze. Ta ostatnia trudność ogranicza możliwość wykonywania pomiarów tylko do dni całkowicie bezwietrznych i powoduje znaczne błędy pomiarowe.

Ze względu na niewątpliwie korzyści, wynikające z zastosowania pomiarów wartości gradientu pionowego siły ciężkości w geologii i górnictwie w AGH podjęto budowę przenośnej lekkiej wieży pomiarowej, która mogłaby służyć do wykonywania pomiarów na dwóch stanowiskach leżących w pionie nad sobą. Wieża taka skonstruowana z rur aluminiowych i stalowych przedstawiona jest na ryc. 1. Posiada ona dwie duralowe płyty pomiarowe (górną i dolną) zaopatrzone w libelle i śruby do regulacji poziomu. Płyty pomiarowe umieszczone są w stałej odległości pionowej równej 3000 mm \pm 5 mm. Na płytach wycięte są rowki, pozwalające na takie ustawienie gravimetru, że jego oś pionowa leży zawsze w osi pionowej wieży.

Tak skonstruowana wieża pozwala na prowadzenie szczegółowych pomiarów gradientu pionowego siły ciężkości. Ciężar całej konstrukcji wynosi 87,9 kg, co pozwala bez trudu 3 osobom obsługi przenosić ją z punktu na punkt. Transport wieży w teren po jej demontażu, trwającym ok. 15 minut, odbywa się małym samochodem-furgonem. Całkowity montaż wieży nie trwa dłużej niż 20 minut.

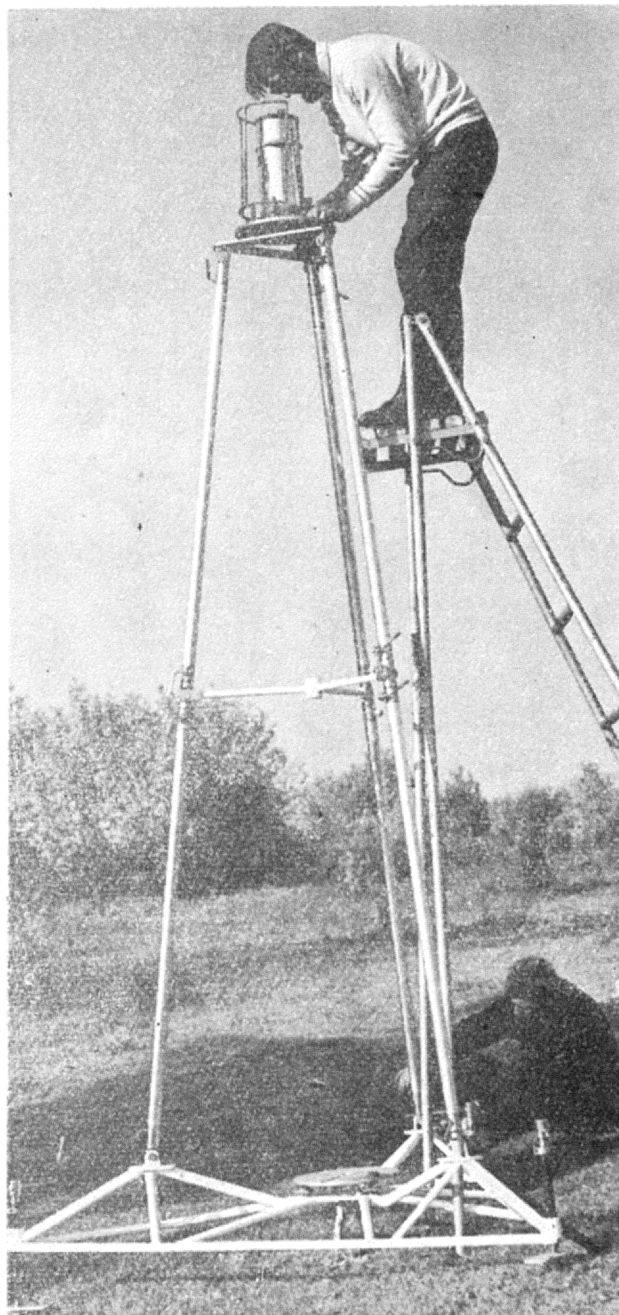
Konstrukcja łap podstawy wieży pozwala na ustawienie jej w sposób stateczny i pionowy niezależnie od ukształtowania terenu. Nisko położony środek ciężkości wieży zwiększa jej stateczność, co przy małej jej wysokości i odpowiednim układzie czyni ją prawie całkowicie odporną na drgania wywołane uderzeniami wiatru.

Przy dobrych warunkach atmosferycznych średni błąd kwadratowy pomiarów wynosił ± 3 E, zaś w niekorzystnych (wiatr, mróz i opady śniegu), w terenie górzystym pokrytym śniegiem, błąd ten wynosił ± 5 E. Jest on więc co najmniej dwa razy niższy od tego, jaki dotychczas udawało się uzyskać, stosując wcześniej opisane konstrukcje w maksymalnie dobrych warunkach atmosferycznych i równinnym terenie.

POPRAWKA TOPOGRAFICZNA GRADIENTU PIONOWEGO SIŁY CIĘŻKOŚCI

Rzeczywista dokładność pomiarów gradientu pionowego siły ciężkości zależy także od uwzględnienia grawitacyjnego wpływu nierówności powierzchni terenu na wynik pomiaru. Zagadnienie to szczegółowo opracowano (11) w związku z prowadzonymi pomiarami normalnych wartości gradientu pionowego siły ciężkości przy wykorzystaniu do tego celu odpowiednio wybranych wież triangulacyjnych (13).

Uwzględnienie poprawki topograficznej siły ciężkości dla punktu leżącego na pewnej wysokości nad powierzchnią terenu jest niezbędne, gdyż jej wartości nie maleją proporcjonalnie do kwadratu wysokości stanowiska pomiarowego i odległości od niego nierówności terenowej, lecz przechodzą przez pewne



Ryc. 1. Postęp techniczny w geofizyce, to również pomiar gradientu pionowego siły ciężkości.

Fig. 1. Technical progress in geophysics also means the measurement of vertical gradient of gravity.

ekstrema. Wartości tej poprawki dla punktów leżących nad powierzchnią terenu posiadają znak ujemny dla dodatnich deniwelacji powierzchni terenu nie przewyższających podwojonej wysokości górnego stanowiska pomiarowego. Poprawka topograficzna zmienia znak na dodatni, gdy wysokość nierówności terenu jest większa od wspomnianej.

Dla ujemnych deniwelacji powierzchni terenu poprawka ta jest zawsze dodatnia w punkcie pomiarowym leżącym na pewnej wysokości nad nią.

W celu dokładnego i szybkiego obliczania poprawki topograficznej gradientu pionowego siły ciężkości przy uwzględnieniu wysokości górnej płyty pomiarowej nad dolną równą 3,0 m i gdy ta ostatnia leży tuż nad powierzchnią terenu wykonano odpowied-

Ryc. 2. Krzywe poprawki topograficznej gradientu pionowego siły ciężkości obliczone dla rzeźby powierzchni terenu o wysokości h , zawartej w jednym z sektorów n pierścienia o promieniach $r_1 = 20$ m i $r_{1+1} = 50$ m. Krzywe obliczone zostały dla wysokości 3 m górnego stanowiska pomiarowego nad powierzchnią terenu, gęstości utworów powierzchniowych $\rho = 2,0$ g/cm³ i ilości sektorów $n = 8$.

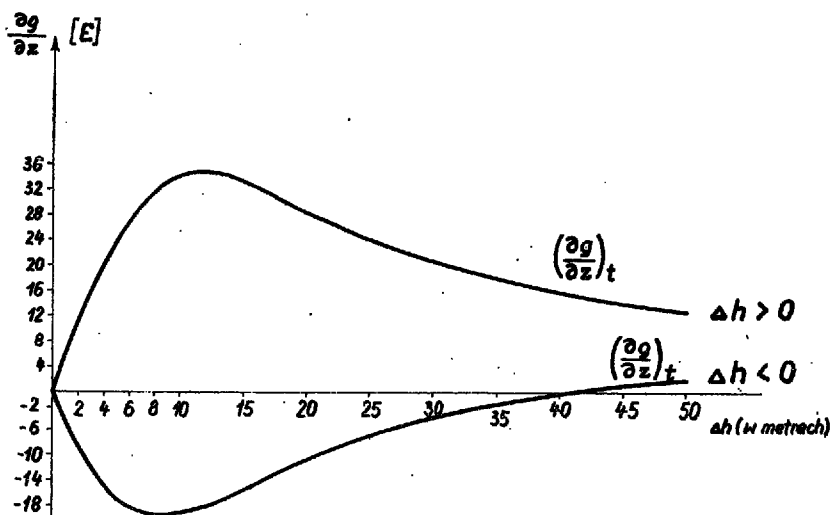


Fig. 2. Curves of topographic correction of vertical gradient of gravity, calculated for a morphological surface of height h , found within one of the sectors n of a circle with the radii $r_1 = 20$ m and $r_{1+1} = 50$ m. The curves have been calculated for the height of

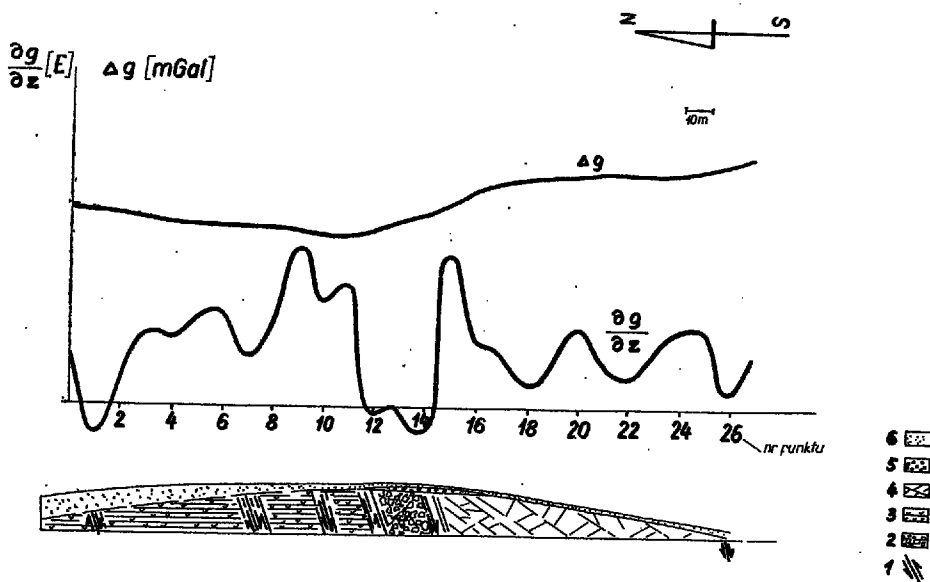
3 m of the upper measuring site above the terrain surface; the density of the surface formations amounting to $\rho = 2,0$ g/cm³, and the amount of the sectors $n = 8$.

Ryc. 3. Rozkład gradientu siły ciężkości i mikroanomali siły ciężkości w rejonie wzgórza Dulowej.

1 — płaszczyna uskoku, 2 — brekcja szczelinowo-tektoniczna, 3 — tuf porfiryrowy (perm), 4 — wapień skaliste (jura), 5 — żwir wapienny (miocen), 6 — piaski (czwartorzęd).

Fig. 3. Distribution of gradient of gravity and that of microanomaly of gravity in the region of Dulowa hill.

1 — fault plane, 2 — crevasse-tectonic breccia, 3 — porphyry tuff (Permian), 4 — rocky limestones (Jurassic), 5 — limestone gravel (Miocene), 6 — sands (Quaternary).



nie wykresy. Na ryc. 2 przedstawione zostały krzywe zmian poprawki gradientu pionowego siły ciężkości dla dodatnich i ujemnych deniwelacji powierzchni terenu sektorów leżących w odległości od 20 do 50 m, a więc w trzecim promieniu Łukawczenki.

Wykresy takie sporządzone zostały dla pierścieni diagramu Łukawczenki zawartych w odległości do 1 km od stanowiska pomiarowego.

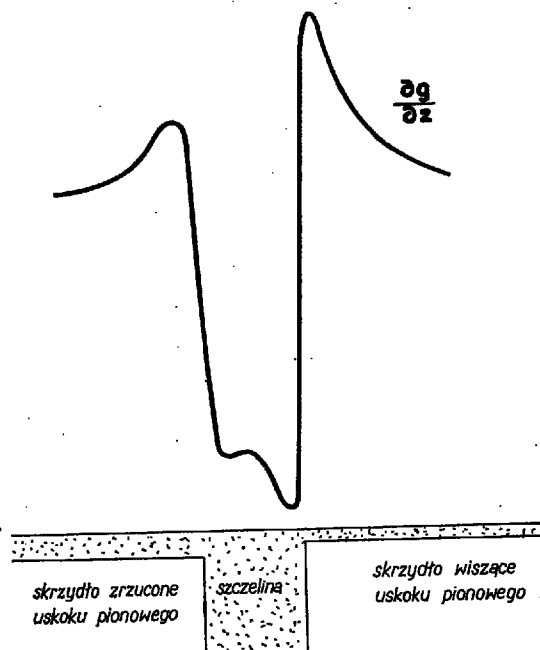
PIERWSZE PRACE DOŚWIADCZALNE

Pierwsze doświadczalne pomiary gradientu pionowego siły ciężkości przy zastosowaniu do tego celu grawimetru Sharpe'a i opisanej wieży wykonane zostały przy współpracy Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych w rejonie Dulowej k. Krakowa w listopadzie 1969 r. Rejon ten jest częścią obszaru będącego przedmiotem wieloletnich badań geologicznych prowadzonych przez Bogacza (1). Z tego też względu doświadczalny profil pomiarowy zlokalizowany został, dzięki jego uprzejmej pomocy, prostopadle do rozciągłości płaszczyny znanego uskoku. W profilu wykonano pomiary mikroanomali siły ciężkości, jak również gradientu pionowego siły ciężkości.

Wyniki pomiarów przedstawiono na ryc. 3, na której podano także przekrój geologiczny w profilu badań. Przekrój ten wykonano przy uwzględnieniu informacji geologicznych oraz pomiarów gradientu pionowego siły ciężkości.

Przed przystąpieniem do wykonania doświadczalnych prac geofizycznych stwierdzono z całą pewnością istnienie uskoku zaznaczonego w środkowej części przekroju geologicznego bez zwrócenia uwagi na istnienie szerokiej szczeliny uskokowej wypełnionej brekcją tektoniczną. W zasadzie, takich samych informacji dostarcza rozkład mikroanomali siły ciężkości wskazujący na istnienie tego uskoku. Dopiero wykonane pomiary gradientu pionowego siły ciężkości dostarczają znacznie szczegółowszych informacji dotyczących budowy geologicznej danego terenu.

Kształt krzywej gradientu w centralnej części profilu wskazuje na istnienie szczeliny uskokowej wypełnionej brekcją szczelinowo-tektoniczną. Mniejszy ciężar objętościowy tej brekcji w stosunku do utworów budujących skrzydła uskoku zaznacza się odpowiadającym jej charakterystycznym minimum krzywej gradientu oraz maksimum w pobliżu brze-



Ryc. 4. Teoretyczny rozkład gradientu pionowego siły ciężkości nad uskokiem pionowym posiadającym rozwartą szczelinę płaszczyzny uskoku.

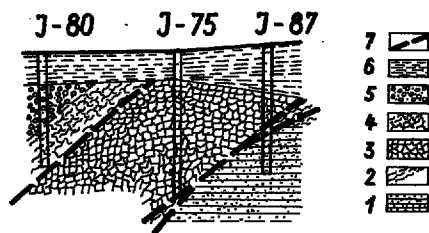
Fig. 4. Theoretical distribution of vertical gradient of gravity above a vertical fault with a gaping fissure of its plane.

gów szczeliny. Dowód, że taki rozkład gradientu odpowiada istnieniu brekcji szczelinowo-uskokowej przedstawiony jest na ryc. 4, gdzie modelowi teoretycznemu takiej struktury odpowiada właśnie wspomniany rozkład krzywej gradientu pionowego siły ciężkości.

Badania Bogacza (1) prowadzone na podstawie wkopów przebiegających płaszczyzną innego uskoku na wzgórzu Debruzka w Filipowicach stwierdzają istnienie szerokiej szczeliny uskokowej wypełnionej brekcją szczelinowo-tektoniczną (ryc. 5). Wobec bliskości położenia obu wzgórz należy ze względu na podobne przesłanki geologiczne uznać za prawie pewne istnienie wypełnionej brekcją szczeliny uskoku przecinającego wzgórze Dulowej. Ponadto rozkład gradientu pionowego siły ciężkości w analizowanym profilu wskazuje na istnienie kilku innych uskoków przecinających wzgórze Dulowej.

Pomiary gradientu pionowego siły ciężkości prowadzone były pod koniec listopada 1969 r. w niezwykle ciężkich warunkach atmosferycznych. Teren pokryty był grubą warstwą śniegu, temperatura powietrza wahała się w granicach -8°C do -14°C , padał śnieg i wiał silny wiatr. W tych warunkach uzyskana została bardzo wysoka dokładność pomiarów, gdyż średni błąd kwadratowy tych pomiarów wynosił ± 5 E. Nadmienić należy, że omawiane pomiary wykonano w terenie górzystym. Na obszarze tym występują pasma wzgórz poprzecinanych stromymi dolinami; jednym z takich wzgórz o stromym zboczu południowym jest wzgórze Dulowej. Nie ulega więc wątpliwości, iż taka morfologia terenu utrudniała prowadzenie badań ze względów technicznych i z powodu wpływu składowej pionowej siły przyciągania zróżnicowanej powierzchni terenu na punkty pomiarowe.

Pokonanie pierwszej z wymienionych trudności było możliwe dzięki właściwej konstrukcji wieży pomiarowej. Drugą trudność wyeliminowano przez obliczenie poprawki topograficznej gradientu pionowego siły ciężkości w wyżej omówiony sposób. Jej do-



Ryc. 5. Przekrój geologiczny przez uskoczek na wzgórzu Debruzka w Filipowicach wg K. Bogacza, 1967.

Skrzydło wiszące uskoku: 1 — piaskowiec z Filipowic (karbon górny). Brekcja szczelinowo-tektoniczna: 2 — ilny pstry, 3 — brekcja wapieni triasowych, 4 — brekcja wapieni i margli gąbkowych oksfordu. Skrzydło zrzucone: 5 — brekcja tektoniczna wapieni skalistych. Czwartorzęd: 6 — glina lessowa, 7 — powierzchnia uskoku, J — 80, J — 75, J — 87 — szybki.

Fig. 5. Geological section across a fault on the hill of Debruzka at Filipowice, according to K. Bogacz, 1967.

Hanging wall of fault: 1 — Filipowice sandstones (Upper Carboniferous). Crevasse-tectonic breccia: 2 — variegated clays, 3 — Triassic limestone breccia, 4 — Oxfordian limestone and sponge marl breccia. Downthrown wall: 5 — tectonic breccia of rocky limestones. Quaternary: 6 — loess loam, 7 — fault plane, J — 80, J — 75, J — 87 — test pits.

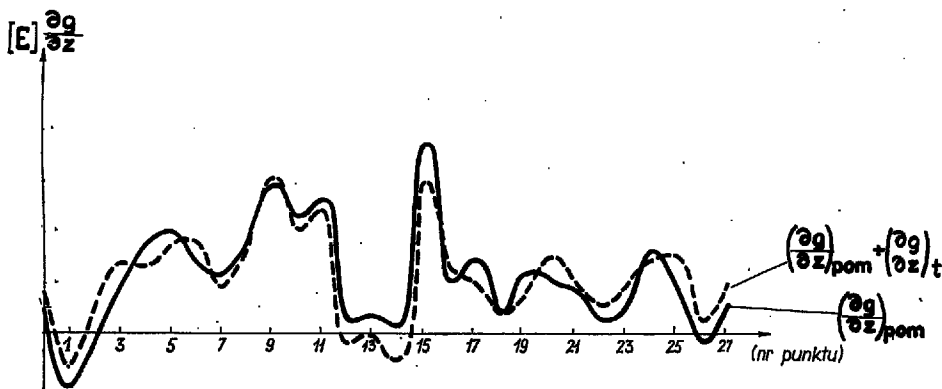
kładne obliczenie stało się też możliwe dzięki pomocy Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych, które oddało do naszej dyspozycji również zespół geodezyjny. Zespół ten metodą niwelacji bardzo dokładnie, zgodnie z potrzebami, wyznaczył wysokości terenu wokół każdego punktu pomiarowego w promieniu do 100 m. Poprawka topograficzna dla dalszych odległości uwzględniona została na podstawie wysokości powierzchni terenu odczytanych z map topograficznych.

O grawitacyjnym wpływie rzeźby powierzchni terenu na pomierzone wartości gradientu pionowego siły ciężkości można się zorientować na podstawie ryc. 6, gdzie uwidoczniona jest krzywa pomierzona oraz krzywa pomierzona i skorygowana o wartości poprawki topograficznej gradientu pionowego siły ciężkości.

Drugi przykład zastosowania odnosi się do poszukiwania starych wyrobisk górniczych. Badania tego typu prowadzone były przez nas z pozytywnym skutkiem w różnych częściach Polski. Na ryc. 7 przedstawiono krzywą rozkładu anomalii gradientu pionowego siły ciężkości w profilu prostopadłym do rozciągłości dwu znanych chodników górniczych wybranych z początkiem obecnego stulecia w rejonie Olkusza. Oba chodniki są drożne do dzisiaj, występują na głębokości około 12 m i każdy z nich posiada 1,8 m szerokości i 2,0 m wysokości. Pomiary wykonane w tym profilu były punktem wyjścia do poszukiwania wspomnianych chodników w tej części byłego pola górniczego, w której ich przebieg nie jest znany wskutek zaginięcia starych map górniczych, a bezpośrednia ich penetracja jest niemożliwa lub niebezpieczna.

Jak łatwo zauważyć na ryc. 7 oba chodniki zaznaczają się ostrymi minimumami krzywej gradientu pionowego siły ciężkości precyzyjnie lokalizującymi ich położenie. Minimum te posiadają amplitudę około -190 E, średni błąd kwadratowy pomiarów wynosi w tym profilu $\pm 3,5$ E.

Zadziwiającym faktem jest duża amplituda minimumów krzywej gradientu pionowego siły ciężkości związanych z istnieniem obu chodników. Wykonane obliczenia krzywej teoretycznej rozkładu gradientu pionowego siły ciężkości nad takim chodnikiem przy przyjęciu jego parametrów i różnicy gęstości równej $-2,0$ g/cm³ wskazują, iż ekstremum ujemne tej krzywej osiąga wartość -5 E lub -6 E, zależnie od tego czy chodnik aproksymowany jest poziomym walcem o przekroju poprzecznym kołowym lub prostokątnym.

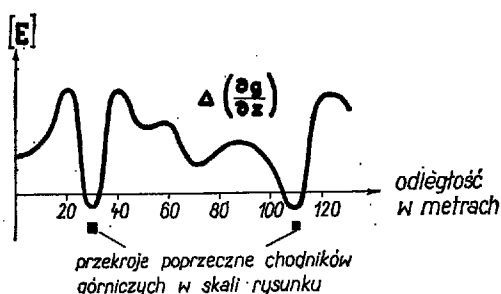


Ryc. 6. Rozkład gradientu pionowego siły ciężkości na wzgórzu Dulowej.

— pomierzone wartości gradientu pionowego siły ciężkości, - - - pomierzone wartości gradientu pionowego siły ciężkości skorygowane o wartości poprawki topograficznej.

Fig. 6. Distribution of vertical gradient of gravity on Dulowa hill.

— values of vertical gradient of gravity measured, - - - values of vertical gradient of gravity measured and corrected by the values of topographic correction.



Ryc. 7. Rozkład anomalii gradientu pionowego siły ciężkości w profilu prostopadłym do rozciągłości dwóch starych chodników granicznych występujących w rejonie Olkusza.

Fig. 7. Distribution of anomaly of vertical gradient of gravity in a section perpendicular to the strike of two old mine gangways in the vicinity of Olkusz.

Wartości te są znikomo małe w porównaniu do pomierzonej wartości — 190 E niewątpliwie związanej z chodnikiem. Tego rodzaju zjawisko polegające na tym, że pomierzona wartość ekstremalna gradientu pionowego siły ciężkości wywołana przez dane wyrobisko górnicze jest znacznie wyższa od odpowiadającej mu wartości teoretycznej gradientu było przez nas zawsze obserwowane. Należy zaznaczyć, że mamy poza sobą bardzo dużą liczbę tego rodzaju prac wykonanych w różnych rejonach Polski.

Nad wyjaśnieniem tego zjawiska ułatwiającego wykrywanie wyrobisk górniczych metodą pomiarów gradientu pionowego siły ciężkości trwają obecnie prace. Prawdopodobnie efekt grawitacyjny mierzony w postaci anomalii gradientu pionowego siły ciężkości nie jest wywołany wyłącznie wyrobiskiem, lecz także otaczającą go strefą odprężenia górotworu. W skałach plastycznych w przypadku zaciśnięcia wyrobiska mierzy się anomalie gradientu siły ciężkości, które wyłącznie związane są z odpowiadającą mu strefą odprężenia mas skalnych. Kształt strefy odprężenia różni się znacznie od kształtu samego wyrobiska, co w znacznym stopniu utrudnić może ilościową interpretację krzywej gradientu pionowego siły ciężkości.

Opisana metoda pomiaru gradientu pionowego siły ciężkości służy już skutecznie wykrywaniu i badaniu szczegółowej budowy płytko leżących, małych form tektonicznych, erozyjnych i antropogenicznych.

LITERATURA

1. Bogacz K. — Budowa geologiczna północnego obrzeżenia rowu krzeszowickiego. Pr. geol. Kom. Nauk. Geol. PAN Oddz. w Krakowie, 1967, nr 41.
2. Fajkiewicz Z. J. — O podziemnych pomiarach grawimetrycznych w zastosowaniu do górnictwa węglowego. Wyniki prac na Kopalni Miechowice. Arch. Gór. 1956, t. 1, z. 4.

3. Fajkiewicz Z. J. — Detection of Faults in the BD Coal Mine by Means of Microgravity Measurements. Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. géol. géogr. 1963. Vol. XI, No. 4.
4. Fajkiewicz Z. J. — An Attempt at Plotting the Roof of the Carboniferous Layer in the BD Mine by Means of Microgravity Measurements. Ibidem, 1964. Vol. XIII, No. 1.
5. Fajkiewicz Z. J. — Vertical Gradient of Gravity in Poland. Ibidem, 1966, Vol. XIV, No. 2.
6. Fajkiewicz Z. J. — Zastosowanie metod geofizycznych do wykrywania uskoków i pustek w górotworze. Ochr. Teren. Gór. 1967, nr 2.
7. Fajkiewicz Z. J. — Grawimetryczeskije nabliudienia w szachtach na dwóch urowniach jak uskowie ograniczenia mnogoznaczności ich geotektonicznej interpretacji. SEW, Oddział Geologii, Seminar Zakopane P.N.R., 1967, Moskwa, 1968.
8. Fajkiewicz Z. J. — Efektywność mikrograwimetrii powierzchniowej w wykrywaniu uskoków w obrębie pola górniczego Kopalni Węgla Kamiennego Z. Techn. Poszuk. 1970, z. 34.
9. Fajkiewicz Z. J. — Wyniki podziemnych badań mikrograwimetrycznych wykonanych w Kopalni Węgla Kamiennego Z. Ibidem, 1970, z. 35.
10. Fajkiewicz Z. J. — Dwupoziomowość obserwacji mikrograwimetrycznych w kopalniach jako warunek ograniczenia wieloznaczności ich geologicznej interpretacji. Ibidem, 1970, z. 36.
11. Fajkiewicz Z. J., Cianciara B., Marcak H. — Sposób obliczania poprawek topograficznych siły ciężkości przy pomiarze gradientu pionowego siły ciężkości. Ibidem, 1968, z. 27.
12. Fajkiewicz Z. J., Durda W. — Próba zastosowania pomiarów mikrograwimetrycznych dla potrzeb górnictwa węglowego. Ibidem, 1964, z. 9.
13. Fajkiewicz Z. J., Grzywacz J. — Normalna wartość gradientu pionowego siły ciężkości w świetle nowych jego wyznaczeń. Ibidem, (w druku).

SUMMARY

The paper deals with the results of the first measurements of vertical gradient of gravity, made to discover and to research in detail the structure of the shallow-seated small tectonic forms, erosional phenomena and anthropogeneous traces. The results obtained are due to the newly constructed mobile and separable measuring rig. It allow us to carry on gravimetric measurements at two points situated above each other at a distance of 3 metres, irrespective of both atmospheric and morphological conditions. The error of these measurements ranges from $\pm 3,5$ to $\pm 5,0$ E.

РЕЗЮМЕ

В работе представлены результаты проводимых впервые замеров вертикального градиента силы тяжести с целью выявления и определения деталей строения мелкозалегающих небольших форм тектонического, эрозионного и антропогенного происхождения.

Полученные результаты были достигнуты благодаря сооружению раскладной вышки, которая позволяет производить гравиметрические замеры в двух точках, расположенных друг над другом в интервале 3 м, в любых атмосферных и полевых условиях. Погрешность замеров помещается в диапазоне $\pm 3,5$ —5 E.