

Zbigniew FAJKLEWICZ

Anomalie siły ciężkości i anomalie budowy skorupy ziemskiej w Polsce

Dyskusja

J. Skorupa (1977) podjął się zadania opracowania wzoru podającego związek pomiędzy rozkładem anomalii siły ciężkości a grubością skorupy ziemskiej w Polsce. Wzór ten ma być ważny dla całej Polski, z wyjątkiem obszaru „regionalnego wyżu grawimetrycznego położonego w południowo-wschodniej części kraju” (op. cit., str. 573). Podstawą tego wzoru jest 77 wartości anomalii siły ciężkości Δg wybranych wzdłuż profilów głębokich sondowań sejsmicznych i odpowiadające im głębokości H do granicy Moho, uzyskane metodą sejsmiczną.

J. Skorupa przyjął za niektórymi publikacjami z lat 1958—1964, że zależność $\Delta g(H)$ jest liniowa (op. cit., str. 574), tak więc uwzględnia on dawne poglądy sprzed 10—15 lat, jeżeli chodzi o zasadność tworzenia się tego rodzaju zależności. Nie wydaje mi się możliwe do przyjęcia, aby Autor dyskutowanej pracy nie był zapoznany z ewolucją poglądów na budowę skorupy ziemskiej, a w szczególności strukturą nieciągłości Moho, jaka miała miejsce w tym czasie. Jest rzeczą dzisiaj oczywistą, że granica między skorupą ziemską a górnym płaszczem nie jest obszarem dwuwymiarowym ani w sensie matematycznym, ani w sensie ilościowej interpretacji grawimetrycznej. Jest to strefa przejściowa o określonej grubości, zmieniającej się średnio od 0,5 do 5 km, a w wielu przypadkach 10—15 km. Strefa ta jest niejednorodna, nieraz warstwowana, co powoduje, że rejestruje się odbicia fal sejsmicznych niejednokrotnie nie od jednej, lecz od kilku granic nieciągłości występujących w jej obrębie. Ponadto nie jest jasne, co należy uznać za strefę nieciągłości Moho — granicę chemiczną, fazową, prędkościową, termiczną (?) i jaka jest do końca współzależność między nimi.

Tak więc nawet przy bardzo precyzyjnych badaniach sejsmicznych

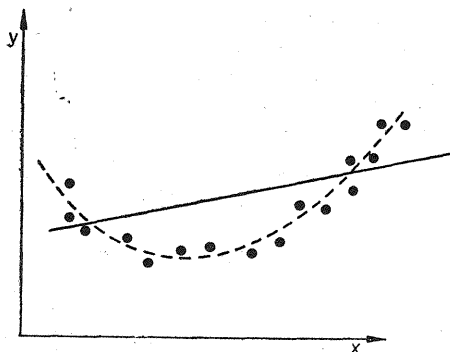
otrzymane wyniki traktuje się studialnie, mając na celu badanie struktury Moho, a nie przywiązuje się tak dużej wagi do wyznaczania jednego jedyne go horyzontu sejsmicznego, który można nazwać granicą Moho. Zresztą precyzyjne określenie głębokości do tej granicy byłoby trudne i przybliżone, jako że opiera się na przybliżonym rozkładzie prędkości w skorupie ziemskiej jako całości; niedokładnie też znane są własności sprężyste ośrodka będącego pod tak dużym ciśnieniem i mającego wysoką temperaturę. Fakt, że Moho jest strefą o pewnej grubości, niejednokrotnie z licznymi strefami inwersji prędkości, powoduje, że fale sejsmiczne, odbijane w niej wewnątrz, interferują ze sobą, zakłócając poprawną interpretację głębokościową uzyskanych rejestracji. Zatem jako granicę Moho należy uznać pewien horyzont sejsmiczny, którego ścisła identyfikacja w kompleksie Moho jest trudna, a z innego punktu widzenia (np. petrologii) nieistotna. Stąd trudno ocenić z jak dużym błędem ten horyzont jest wyznaczany i stąd nie można przyjąć go jako kryterium oceny błędu wyznaczania głębokości do Moho inną metodą, w tym metodą grawimetryczną.

Porównywanie wyników uzyskiwanych metodą sejsmiczną i grawimetryczną ma głęboki sens badawczy a rozbieżności między nimi nie można traktować jako błąd wyznaczenia, jak to czyni J. Skorupa. Czytając Jego pracę odnosi się wrażenie, że pominięto dorobek nauki w tym zakresie z ostatnich kilkunastu lat, a Autor wykazuje błędy w odrzuconych koncepcjach. Gdyby nawet przyjąć, że ma On rację, wyznając wcześniej podane przez innych autorów poglądy, to trudno się zgodzić z zasadnością Jego wzoru i kompetentnością w wypowiedzaniu niektórych sądów.

Autor wziął pod uwagę zbiór danych składających się z 77 wartości anomalii Δg i 77 odpowiadających im wartości H wyznaczonych na drodze sejsmicznej, a następnie przybliżył je, stosując metodę regresji liniowej i uzyskując współczynnik korelacji 0,74. Jak twierdzi: „Jest to wartość wyjątkowo wysoka...” (op. cit., str. 583). Dowód, jakim to popiera, pozostaje w sprzeczności ze statystyką matematyczną.

Formalnie rzecz biorąc, zgodnie z pracą S. Kollera (1943), między wartościami X_1 i X_2 nie zachodzi żadna korelacja, gdy przy 75 danych współczynnik korelacji r jest mniejszy od 0,35, a o korelacji można mówić, gdy r jest bardzo bliski jedności (N. W. Smirnow, J. W. Dunin-Barkowski, 1973), a więc ma wartość powyżej 0,9, a nawet 0,95. Wartość $r = 0,74$ należy uznać za dowód niepełnej korelacji wartości H i Δg . Istotność podanej wartości współczynnika r można i trzeba było rozważać przez przyjęcie odpowiednio wysokiego poziomu ufności i obliczania jej przedziału. Zresztą z niezerowej wartości współczynnika r nie wynika żaden związek przyczynowy między X_1 i X_2 , a w tym przypadku u J. Skorupy między Δg i H .

Nasuwa się tu ogólna refleksja na temat częstego przeceniania roli przekształceń statystycznych w ogóle, a współczynnika korelacji w szczególności. Niektórzy autorzy przestrzegają przed takim postępowaniem nawet w sposób tak swoisty, jak J. E. Freund (1968, str. 349—350), który pisze, że „... uzyskano bardzo wysoką korelację pomiędzy wysokością wynagrodzenia nauczycieli a spożyciem alkoholu w ciągu dużej liczby lat”, a także, że uzyskano „... silną dodatnią korelację między liczbą bocianów



żyjących w wioskach angielskich a liczbą urodzeń zarejestrowanych w tych samych miejscowościach”. J. E. Freund pozostawia czytelnikowi dociekania nad istotą tej ostatniej korelacji. Zauważa on również (str. 349), że „... współczynnik korelacji jest ... jedną z najbardziej nadużywanych miar statystycznych”. Z. Hellwig (1972) wprost pisze (str. 139): „... współczynnik korelacji należy stosować z największą ostrożnością w przypadku dyskretnych zmiennych losowych, które rzadko wykazują taką zależność, która może być opisana za pomocą regresji liniowej”. Ważny przykład z punktu widzenia dyskutowanej pracy J. Skorupy przedstawiony jest według J. E. Freunda (1968, rys. 15.5) na fig. 1. Wynika z niego, że r jest bliskie zera, a więc brak korelacji pomiędzy X i Y , podczas gdy linia przerywana daje doskonałe dopasowanie.

Tłumaczy to, być może, dłaczego wzór J. Skorupy (1977) nie odpowiada relacji Δg i H w południowo-wschodniej Polsce. Zresztą, ściśle rzecz biorąc, nie wiem właściwie, gdzie ten wzór zdaje egzamin mając na uwadze proponowaną przez Autora jego uniwersalność. Z fig. 9 (op. cit., str. 581) wynika, że w północno-wschodniej Polsce (profil VII) anomalia siły ciężkości i głębokości H rosną z przeciwnym znakiem, a więc korelacja powinna być ujemna, podczas gdy Autor ma stale korelację dodatnią. Tak więc z otrzymania prawidłowych wyników według tego wzoru należy wyłączyć całą wschodnią połowę Polski, ale i na tym trudno skończyć. Autor pisze (op. cit., str. 585) „... na monoklinie przedsudeckiej i w niecce miechowskiej należy już oczekiwać nie zaburzonej korelacji zgodnej z wyprowadzoną formułą”. Rozpatrzmy ten problem. W szczycie anomalii grawimetrycznej monokliny przedsudeckiej wartość anomalii Δg wynosi 40 mGal, stąd głębokość H obliczona wzorem J. Skorupy wynosi 26,7 km; odpowiada jej wartość 30,5 km obliczona przeze mnie (J. Skorupa, 1977, fig. 5); z danych sejsmicznych (op. cit., fig. 9) odpowiada tym wartościom głębokość $H \approx 31$ km. Tak więc należy się zapytać, gdzie w ogóle w Polsce dyskutowany wzór zdaje egzamin. Nie jest to obrona mapy grubości skorupy ziemskiej w Polsce obliczonej przez mnie (Z. Fajkiewicz, 1967)¹ przed 11 laty, kiedy nie dysponowałem informacjami, które są dzisiaj do dyspozycji, ale przedstawione wyniki porównawcze wskazują, że J. Skorupa wykonał raczej krok wstecz w porównaniu do tamtych lat i mojego opracowania. Autor pracy sam

¹ J. Skorupa cytuje tę pracę jako „Grawimetria Poszukiwawcza” (1973). Jest to skrypt, w którym zamieszczona jest dyskutowana mapa, wyjęta z pracy oryginalnej; wieloletni cykl wydawniczy tego rodzaju wydawnictw opóźnił wcześniejsze jej ukazanie się.

to dokumentuje pisząc na str. 583: „Wymowa tej formuły (formuły J. Skorupy, przyp. mój) jest między innymi taka, że średnia grubość skorupy ziemskiej w Polsce wynosi ok. 37,5 km dla anomalii Bouguera o poziomie bliskim zera i jest większa o ok. 2,5 km niż gdyby była szacowana według formuły W. P. Woolarda”... (jak ja to zrobiłem). Mam wrażenie, że jest tu błąd — różnica ta powinna wynosić 5,5 km, co i tak w świetle powyższych danych podważa stwierdzenie Autora o uniwersalności jego wzoru w skali Polski.

Pozostaje do wyjaśnienia jeszcze jedna sprawa — problem stosowania przeze mnie cięcia izolinii co 0,5 km, co Autor mi wytyka (J. Skorupa, 1977, fig. 5). Sprawa na ogół błaha, ale niepokojąca ze względu na wizję roli hipotez naukowych w rozwoju badań. Wiadomo jest, iż zależność $\Delta g(H)$ nie jest prawdziwa, gdyż przyszyłoby odrzucić prawo powszechnego ciążenia sformułowane przez Newtona. Zatem nieprawdziwy jest model granicy Moho zbudowany na tej zasadzie. Jeżeli dodatkowo model ten jest opisany wzorem matematycznym, to do modelu teoretycznego można stosować dowolnie bliskie sobie cięcia pola danych izoliniami, gdyż opisują one model a nie rzeczywistość. W nauce często z braku innych możliwości tworzy się świadomie nieprawdziwe modele rzeczywistości, byle opisywały one stosunkowo poprawnie wyniki eksperymentu — jest to droga postępu naukowego oparta na generalnych sprzecznościach pomiędzy modelem a odpowiadającymi mu realiami. Błędy wynikiłe z obliczeń służą tylko do określenia jakości przeprowadzonego eksperymentu, ale prawie nigdy nie są miarą objaśnienia rzeczywistości; taka jest w wielu przypadkach droga tworzenia modeli wynikłych z zastosowania teorii informacji. Tak więc na odstęp między izoliniami nie można tu patrzeć okiem praktyka i stosować kryteria przydatne w kreśleniu map wartości mierzonych.

Ten problem niezrozumienia przez J. Skorupę, iż model skorupy ziemskiej oparty na zależności $\Delta g(H)$ jest nieprawdziwy, kryje się również w stwierdzeniu (op. cit., str. 574): „Niektórzy autorzy uwzględniali w danych grawimetrycznych poprawki na grubość warstwy osadowej, inni nie, przy czym część autorów uważała, że takie poprawki raczej pogarszają wyprowadzone związki korelacyjne”. Nie pomoże tu powołanie się na innych autorów, zauważyć należy, iż nie chodzi tu tylko o „poprawki na grubość warstwy osadowej”, ale o wyeliminowanie działania grawitacyjnego występujących w niej niejednorodności w postaci granic litologicznych i dużych struktur geologicznych. Ich udział w wartościach mierzonych anomalii siły ciężkości jest znaczny i może zakłócać działanie grawitacyjne strefy Moho. Odwrotne twierdzenie oznacza odrzucenie prawa powszechnego ciążenia.

Nie chcę, przynajmniej w tej chwili, wypowiadać się co do ostatniej części pracy, głoszone tam tezy, to niczym nie uzasadnione stwierdzenia, a przypisywanie (na podstawie swoich obliczeń) różnicy gęstości równej $0,11 \text{ g/cm}^3$ na granicy między skorupą a górnym płaszczem z dokładnością do $0,01 \text{ g/cm}^3$ wolno mi w tym miejscu skomentować jako wyraz wielkiej odwagi cywilnej Autora.

PIŚMIENNICTWO

- FAJKLEWICZ Z. (1967) — Thickness and structure of the earth's crust in Poland. W: Selected problems of upper mantle investigation in Poland. Mater. i Pr. Zakł. Geof. PAN, nr 14, p. 61—65. Łódź.
- FREUND J. E. (1968) — Podstawy nowoczesnej statystyki.
- HELLWIG Z. (1972) — Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. PWN. Warszawa.
- KOLLER S. (1943) — Graphische Tafeln zur Beurteilung Statistischer Zahlen. 2. Aufl. Dresden-Leipzig.
- SKORUPA J. (1977) — Anomalie siły ciężkości i anomalie budowy skorupy ziemskiej w Polsce. Kwart. geol., **21**, p. 573—593, nr 3. Warszawa.
- SMIRNOW N. W., DUNIN-BARKOWSKI J. W. (1973) — Kurs rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. PWN. Warszawa.