

Adam DĄBROWSKI, Zofia KACZKOWSKA

Mapa średnich gęstości warstwowych utworów występujących w Polsce nad poziomem morza

WSTĘP

W celu redukcji pomiarów geofizycznych, jak i interpretacji ich wyników niezbędna jest znajomość gęstości utworów, których wpływ chcemy bądź to eliminować, bądź też określić. W związku z tym od 1945 r. prowadzone są w Polsce systematyczne pomiary ciężarów objętościowych próbek z rdzeni wiertniczych. Badania te były wykonywane początkowo (1945—1948 r.) przez Centralny Zarząd Przemysłu Paliw Płynnych Poszukiwania Naftowe, następnie przez Przedsiębiorstwo Państwowe Wiercenia Poszukiwawcze (1948—1950), od 1950 r. zaś na zlecenie Instytutu Geologicznego prowadzi je Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych. Autorzy poszczególnych sprawozdań rocznych opracowywali wykonane przez siebie pomiary ciężarów objętościowych w ten sposób, by mogły być wykorzystane tak do redukcji pomiarów geofizycznych (średnie warstwowe utworów ponad poziomem morza), jak i do interpretacji (średnie warstwowe kompleksów różnego wieku geologicznego lub wykształcenia litologicznego). Uzyskane przez nich dane są jednakże reprezentatywne jedynie dla poszczególnych otworów.

Konieczność opracowania mapy średnich warstwowych gęstości utworów występujących nad poziomem morza istniała od dawna. Do chwili obecnej problem ten nie był rozwiązany. Co prawda istniały próby sporządzania mapy średnich gęstości warstwowych utworów nad poziomem morza, jednakże ograniczyły się one bądź to do poszczególnych obszarów Polski, izolowanych od innych, bądź też do matematycznej interpolacji między wartościami dla poszczególnych otworów (J. Kruczyk, 1958). Autorzy niniejszego opracowania podjęli pierwszą w Polsce próbę opracowania takiej mapy drogą powiązania wyników pomiarów ciężarów objętościowych z poszczególnymi kompleksami geologicznymi, jednolitymi wiekowo i litologicznie.

MATERIAŁY

Dla sporządzenia mapy średnich gęstości warstwowych należało określić:

1. Granice elementarnych obszarów występowania tych samych kompleksów, składających się z szeregu jednostek, z których każdy był jednolity pod względem wieku geologicznego i wykształcenia litologicznego.

2. Miąższości poszczególnych jednostek wchodzących w skład rozpatrywanego kompleksu.

3. Średnie gęstości warstwowe wyżej wymienionych jednostek.

Dla rozwiązania pierwszego z problemów wykorzystano specjalnie do tego celu opracowaną mapę rękopiśmienną M. Pajchlowej (1963), tablice 3, 4, 5, 6 Atlasu Geologicznego Polski (E. Rühle, S. Sokołowski, M. Tyska, 1956; W. Pożaryski, E. Rühle, 1956; J. Znosko, 1961; H. Senkowiczowa, A. Szyperko-Śliwczyńska, J. Znosko, 1961).

Dla określenia miąższości poszczególnych formacji wykorzystano następujące materiały: mapy topograficzne, tablice 3, 4, 5, 6 i 8 Atlasu Geologicznego Polski, inne opracowania kartograficzne Instytutu Geologicznego (St. Doktorowicz-Hrebnicki, J. Wyrzykowski, W. Pożaryski) oraz ustne informacje F. Ekierta (dotyczące utworów północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego), S. Cieślińskiego (dotyczące kredy niecki zewnętrzno- i wewnętrznosudeckiej) oraz M. Pajchlowej (dotyczące różnych formacji w poszczególnych regionach Polski).

Za podstawę dla określenia średnich gęstości warstwowych przyjęto wyniki pomiarów ciężarów objętościowych wykonanych przez zespoły z wyżej wymienionych przedsiębiorstw, opracowane przez J. Bojan (1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958), M. Cesarczyk (1957, 1958) oraz Cz. Drzewińskiego (1959, 1960, 1961, 1962, 1963), a także materiały podstawowe wyżej wymienianych pomiarów w postaci zeszytów obliczeniowych z lat 1945—1963. Wykorzystano także dane zawarte w publikacjach M. Kamińskiego (1949) oraz H. Pendiasa i S. Maciejewskiego (1959) oraz niepublikowane prace pracowników I.G. i wyniki pomiarów wykonane przez pracowników Biura Dokumentacji i Projektów Geologicznych Zjednoczenia Przemysłu Naftowego.

OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW CIĘŻARÓW OBJĘTOŚCIOWYCH

Wstępne prace wykonane w 1962 roku obejmowały weryfikację lokalizacji otworów wiertniczych (w skali 1 : 100 000 i 1 : 1 000 000), z których pobierano próbki do pomiarów, określenie współrzędnych geograficznych i wysokości n.p.m. w punktach wykonania tych otworów, weryfikację profilów stratygraficznych i litologicznych tych otworów, a także określenie średnich gęstości warstwowych utworów n.p.m. w tych punktach. Wyniki tych prac zostały przedstawione w sprawozdaniu tymczasowym Z. Kaczkowskiej (1962), w którym podkreślono, że pomiary ciężarów objętościowych w poprzednich latach wykonywano różnymi metodami. Do 1953 r. wszystkie pomiary wykonywano metodą ważenia w wodzie próbek niezaparafinowanych. W latach następnych pomiary prowadzono metodą ważenia w wodzie próbek zaparafinowanych lub metodą ważenia w rtęci. Te ostatnie dwie metody dają wyniki równoważne.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że wyniki ważenia w wodzie próbek niezaparafinowanych można wykorzystać jedynie w przypadku skał o bardzo małej porowatości. Pomiaru wykonane na próbkach skał porowatych dały bowiem wartości zbliżone do ciężaru właściwego, a więc przyjęcie ich za wartości ciężarów objętościowych obarczyłoby je niedopuszczalnie dużymi błędami. Jedynie określenie porowatości efektywnej i wprowadzenie odpowiednich poprawek pozwoliłoby uzyskać odpowiednio dokładne wartości ciężarów objętościowych. Ponieważ wskutek zniszczenia rdzeni jest to już niemożliwe, należy uznać, że większość wyników pomiarów „ciężarów objętościowych“ wykonanych do r. 1953 nie przedstawia większej wartości. Nie można było przyjąć również bez odpowiedniego opracowania wyników pomiarów wykonanych po 1953 r., gdyż były one przeprowadzone na próbkach

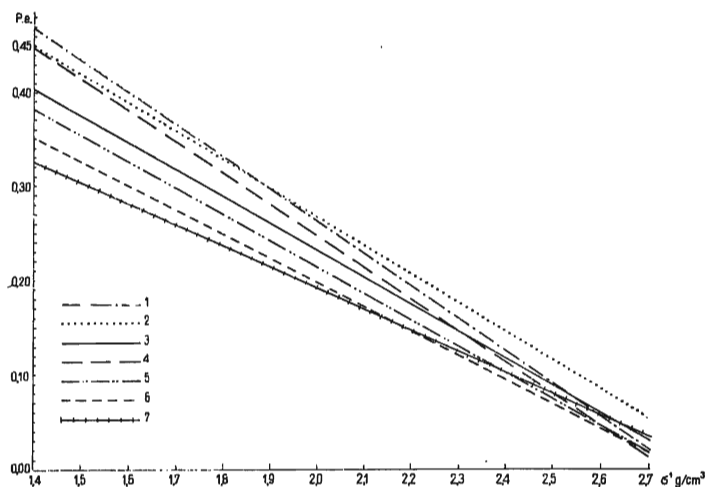


Fig. 1. Zależność porowatości efektywnej od pomierzonego ciężaru objętościowego próbki wysuszonej

Dependence of effective porosity upon measured volume weight of dried sample

Linie obrazujące otwory wiertnicze: 1 — Żebrak; 2 — Bartoszyce; 3 — Magnuszew; 4 — Goidap; 5 — Tyszowce; 6 — Pasięk; 7 — krzywa wypadkowa

Lines characterize the following bore holes: 1 — Żebrak; 2 — Bartoszyce; 3 — Magnuszew; 4 — Goidap; 5 — Tyszowce; 6 — Pasięk; 7 — resultant curve

suchych (mierzy się ciężar objętościowy skały, która utraciwszy płyn wypełniający jej pory, ma inne właściwości fizyczne niż w warunkach naturalnych). Ażeby obliczyć ciężar objętościowy najbardziej zbliżony do rzeczywistego, należy określić porowatość efektywną skały, tj. objętość porów otwartych, które po wysuszeniu wypełniły się powietrzem. Przyjmując, że płyn, który wypełnia pory skał, ma gęstość 1 g/cm^3 , co jest oczywiście również przybliżeniem, można określić wartość ciężaru objętościowego skały — najbardziej zbliżoną do naturalnej — dodając do wartości pomierzonej porowatość efektywną wyrażoną ułamkiem jedności. Ten sposób stosuje od 1962 r. zespół Przedsię-

biorstwa (Poszukiwań Geofizycznych). W związku z tym wyniki pomiarów wykonanych po tym terminie uwzględniają wysuszenie próbek.

Z wynikami pomiarów wykonanych przed rokiem 1962 należało postąpić inaczej. Analizując wyniki pomiarów porowatości efektywnej, wykonane przez zespół PPG, a także przez Laboratorium Skał Bitumicznych Zakładu Złóż Ropy i Gazu IG, stwierdzono, że istnieje zależność między ciężarem objętościowym próbki wysuszonej i jej porowatością. Wykresy tej zależności sporządzone dla otworów wiertniczych Żebrak I.G. I, Gołdap I.G. I, Tyszowce I.G. I, Bartoszyce I.G. I, Magnuszew I.G. I, Pasłęk I.G. I wykazały, że zależność ta jest w przybliżeniu liniowa. Materiał, którym dysponowano, był zbyt szczupły na to, by można było szczegółowo zbadać to zagadnienie dla poszczególnych pięter lub facji. Przeprowadzona analiza wykazała jednakże, że czynniki te mają znaczenie drugorzędne. W związku z tym, na podstawie całokształtu posiadanych materiałów, sporządzono wykres uśredniony, który przedstawiono na fig. 1. Według tego wykresu zależność porowatości efektywnej (P_e) w ułamkach jedności od ciężaru objętościowego skał wysuszonych (σ') w g/cm^3 można wyrazić wzorem:

$$P_e = -0,29 \cdot \sigma' + 0,812$$

Na tej podstawie ciężar skały niewysuszonej (σ'') można wyrazić wzorem:

$$\sigma'' = \sigma' + P_e = \sigma' - 0,29\sigma' + 0,812 = 0,71\sigma' + 0,812$$

Ponieważ ciężar objętościowy skały niewysuszonej (σ'') jest w przybliżeniu równy gęstości skały (σ) w warunkach jej naturalnego występowania, możemy przeto przyjąć, że:

$$\sigma \approx \sigma'' \approx 0,71\sigma' + 0,812$$

Ze względu na brak pomiarów ciężarów objętościowych dla wielu kompleksów skalnych Dolnego Śląska postanowiono wykorzystać wyniki pomiarów ciężarów właściwych opracowanych przez H. Pendiasa i S. Maciejewskiego w Stacji Dolnośląskiej Instytutu Geologicznego. Jak wiadomo $c.wł. > \sigma''$, jednakże w przypadku skał krystalicznych można przyjąć, nie popełniając większego błędu, że $c.wł. \approx \sigma'' \approx \sigma$.

W oparciu o wyniki pomiarów ciężarów objętościowych na próbkach z otworów wiertniczych obliczono średnie warstwowe ciężary objętościowe $\sigma'_{\text{sr. w.}}$, posługując się wzorem:

$$\sigma'_{\text{sr. w.}} = \frac{\sum \sigma'_x h_x}{\sum h_x}$$

gdzie σ'_x = ciężar objętościowy próbki reprezentującej elementarną warstwę o miąższości h_x .

Ponieważ w większości przypadków próbki były pobierane w stałych odstępach, przeto $h_x = \text{const.}$ W związku z tym można było przyjąć, że:

$$\sigma'_{\text{sr. w.}} \approx \sigma'_{\text{sr. aryt.}} = \frac{\sum \sigma'_x}{x}$$

gdzie x = ilość pomiarów.

Posługując się tymi wzorami, obliczono średnie warstwowe ciężary objętościowe poszczególnych pięter lub facji, oddziałów lub systemów występujących na obszarze Polski nad poziomem morza. Co prawda szereg wartości średnich warstwowych ciężarów objętościowych zostało policzonych przez autorów poszczególnych sprawozdań z pomiarów, jednakże okazało się, że dysponowali oni często prowizorycznymi profilami geologicznymi otworów wiertniczych o błędnie określonym wieku geologicznym lub granicach poszczególnych kompleksów.

Ponieważ

$$\sigma \approx \sigma'' \approx 0,71\sigma' + 0,812$$

to dysponując wartościami $\sigma'_{\text{śr. w.}}$, można było obliczyć wartości średnich gęstości warstwowych $\sigma_{\text{śr. w.}}$ przyjmując, że:

$$\sigma_{\text{śr. w.}} \approx 0,71 \cdot \sigma'_{\text{śr. w.}} + 0,812$$

Tam, gdzie dysponowano wyłącznie pomiarami dokonanyymi na niewielkiej ilości próbek pobranych z reprezentowanych przez nie formacji w sposób przypadkowy, należało przyjąć, że

$$\sigma_{\text{śr. w.}} \approx \sigma_{\text{śr. arytm.}} \approx \sigma''_{\text{śr. arytm.}}$$

Odnosi się to do danych zawartych w opracowaniu M. Kamieńskiego (1949).

Podobnie potraktowano materiały H. Pendiasa i S. Maciejewskiego (1959) przyjmując, że:

$$\sigma_{\text{śr. w.}} \approx \sigma_{\text{śr. arytm.}} \approx c. \text{ w. } \sigma_{\text{śr.}}$$

METODYKA OPRACOWANIA MAPY ŚREDNICH GĘSTOŚCI WARSTWOWYCH

Wykreślając granice pięter i facji czy też oddziałów lub systemów, dokonano wydzielenia „elementarnych obszarów“. Można było przyjąć, że granice tych obszarów określają bryłę zawartą między powierzchnią ziemi i powierzchnią morza złożoną z szeregu warstw leżących poziomo lub łagodnie zapadających, w których obrębie gęstość nie zmienia się w sposób istotny. Szczegółowość wydzielenia „obszarów elementarnych“ zależała od stopnia zmienności między nadległymi warstwami i od szczegółowości posiadanych informacji geologicznych i danych gęstościowych.

Następnie określono średnie miąższości (w pionie) poszczególnych warstw wchodzących w dany kompleks. Posługiwano się mapą topograficzną, określając na jej podstawie średnie wysokości „obszaru elementarnego“ nad poziomem morza (tj. średnie grubości całego rozpatrywanego kompleksu), mapą miąższości utworów czwartorzędowych (W. Rühle, 1957), pozwalającą określić miąższość nadkładu czwartorzędowego i wreszcie szeregiem map z izohipsami, wykorzystano też informacje ustne (F. Ekiert, S. Cieśliński, M. Pajchłowa). W niektórych przypadkach miąższość poszczególnych warstw trzeba było obliczać pośrednio, odejmując od całkowitej miąższości kompleksu miąższość warstw

pozostałych. Wobec braku map sposób ten stosowano w szczególności dla określenia miąższości utworów trzeciorzędowych. Poszczególnym warstwom przypisywano średnie gęstości warstwowe, określone w sposób opisany wyżej.

Ponieważ określeń tych dokonywano dla szeregu otworów wiertniczych, należało wybrać takie ich wyniki, które byłyby najbardziej reprezentatywne dla badanego kompleksu. Reprezentatywność tę starano się uzyskać, obliczając średnią arytmetyczną z wartości średnich gęstości warstwowych danej warstwy z otworów wiertniczych położonych w granicach rozpatrywanego kompleksu lub w ich najbliższym sąsiedztwie. Zwracano przy tym uwagę na to, aby do obliczenia średniej nie brać danych ze zbyt oddalonych od siebie otworów wiertniczych, o σ' znacznie różniących się od pozostałych, co wskazywało na odmienne wykształcenie facjalne rozpatrywanej warstwy. Jednakże w niektórych przypadkach, kiedy nie dysponowano danymi z bezpośredniego sąsiedztwa, trzeba było korzystać z wyników pomiarów otworów wiertniczych znacznie oddalonych. Autorzy niniejszego opracowania konsultowali się wówczas z geologami zajmującymi się badaniami poszczególnych oddziałów lub systemów, którzy udzielali wskazówek pozwalających wybrać dane najbardziej reprezentatywne. Konsultowano z: M. Pajchlową w odniesieniu do dewonu, W. Karaszewskim — liasu i triasu, Z. Dąbrowską — malmu, H. Tomczykiem — syluru i kambriu i S. Sokołowskim — Tatr i Pienin. Po określeniu „średnich gęstości warstwowych“ poszczególnych warstw ($\sigma_{\text{sr. w.}}$), wchodzących w skład rozpatrywanego kompleksu i ich średnich grubości $h_{\text{sr.}}$, obliczono średnie gęstości warstwowe poszczególnych kompleksów ($\sigma_{\text{sr. wk.}}$), stosując wzór:

$$\sigma_{\text{sr. wk.}} = \frac{\sum \sigma_{\text{sr. w.}} \cdot h}{\sum h}$$

W przypadku kompleksów o dużym zróżnicowaniu miąższości poszczególnych warstw obliczano $\sigma_{\text{sr. wk.}}$ dla wartości krańcowych h . O ile okazało się, że uzyskane wartości znacznie się różnią ($> 0,05 \text{ g/cm}^3$), dzielono kompleks na mniejsze elementy, obliczając dla nich $\sigma_{\text{sr. wk.}}$ lub wykonywano obliczenia dla różnych interwałów miąższości warstw. Ponieważ pomiary ciężarów objętościowych utworów czwartorzędowych nie pozwoliły, ze względu na przypadkowy charakter materiału skalnego, dokonać szczegółowszych wydzieleni, określono średnią wartość $\sigma_{\text{sr. w.}}$ dla całego czwartorzędu, równą $2,18 \text{ g/cm}^3$, co oczywiście należy traktować jako konieczną konwencję. Między wartościami $\sigma_{\text{sr. wk.}}$ dokonano interpolacji, wykreślając linie jednakowych średnich gęstości warstwowych utworów ponad poziomem morza. Oczywiście nie mogło tu być mowy o interpolacji matematycznej. Wartości $\sigma_{\text{sr. wk.}}$ przypisywano tym miejscom poszczególnych kompleksów, gdzie warstwy wchodzące w ich skład miały miąższości przyjęte do obliczeń. Jeżeli na przykład dany kompleks składał się z warstw poziomo równoległych, o małej zmiennej miąższości, można było przyjąć, że obliczenie wartości $\sigma_{\text{sr. wk.}}$ odpowiada całemu obszarowi zawartemu w obrębie granic kompleksu. Jeśli natomiast kompleks składał się z warstw monotonicznie zapadających, obliczona wartość $\sigma_{\text{sr. wk.}}$ była reprezentatywna dla linii równoległej do biegu warstw, przechodzącej środkiem obszaru występowania

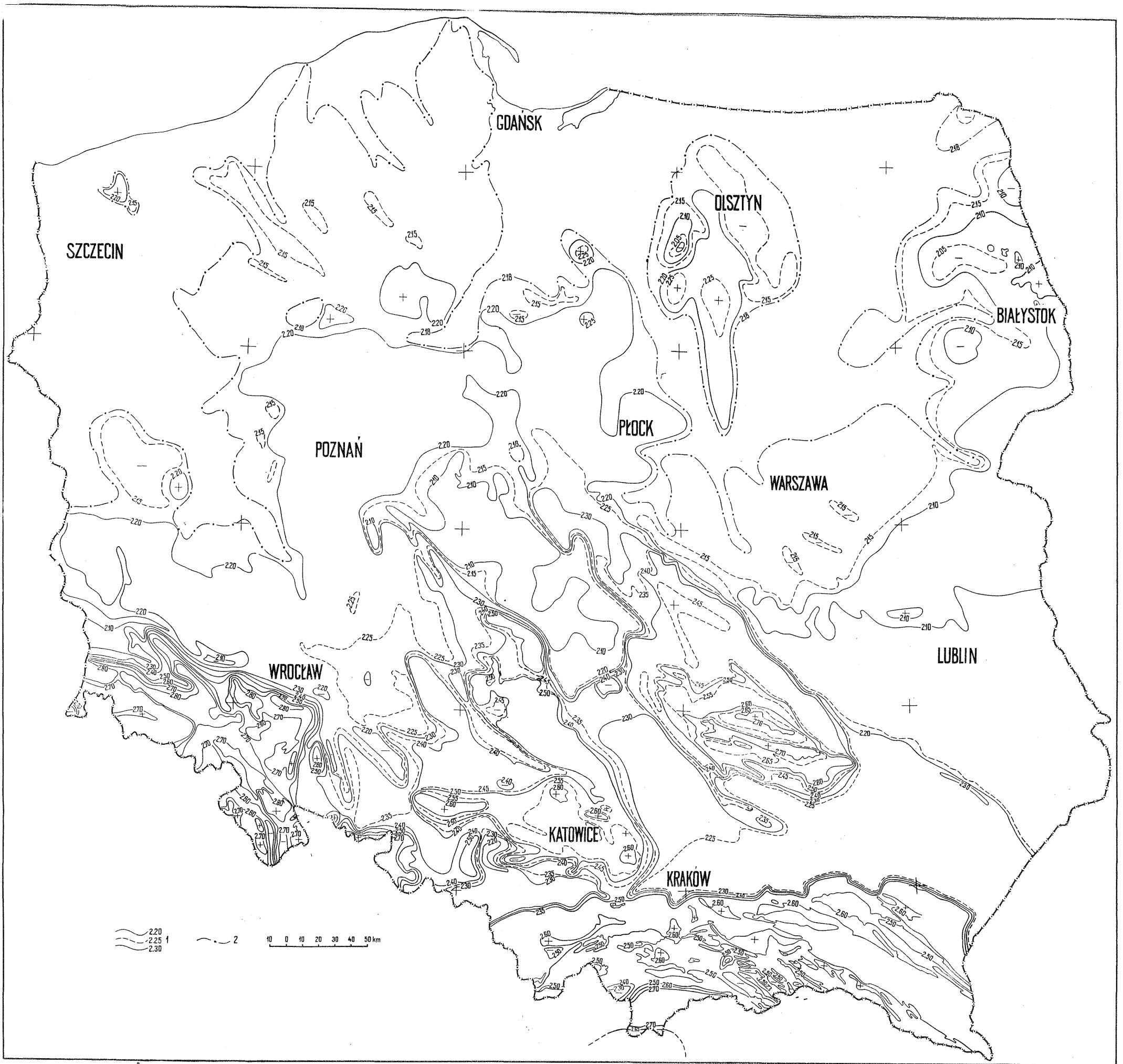


Fig. 2. Mapa średnich gęstości warstwowych utworów geologicznych występujących w Polsce powyżej poziomu morza

Map of mean stratal densities of the geological formations occurring in Poland above sea level

1 — linie jednakowych średnich gęstości warstwowych utworów powyżej poziomu morza co 0,05 g/cm³; 2 — granice obszaru, gdzie nad poziomem morza występują wyłącznie utwory czwartorzędowe (średnia gęstość warstwowa 2,18 g/cm³)

1 — lines of equal mean stratal densities of the formations occurring above sea level, drawn each 0,05 g/cm³; 2 — boundary of the area where above sea level only Quaternary formations occur (mean stratal density amounts to 2,18 g/cm³)

rozpatrywanego obszaru. W przypadku, kiedy warstwy zapadały koncentrycznie do środka obszaru lub ekscentrycznie od jego środka, wartość ta wiązała się z linią zamkniętą, przechodzącą w równych odległościach między środkiem obszaru a jego granicami. Tam, gdzie to było możliwe, wykreślono linie jednakowych wartości $\sigma_{\text{sr. wk.}}$, posługując się izohipsami lub izopachitami warstw wchodzących w skład poszczególnych kompleksów.

Linie jednakowych średnich gęstości warstwowych utworów ponad poziomem morza przedstawiono na fig. 2. Izolinie wykreślono bądź to co $0,05 \text{ g/cm}^3$, bądź też co $0,10 \text{ g/cm}^3$ (obszary szybkich zmian $\sigma_{\text{sr. wk.}}$ lub o małej ilości danych pomiarowych).

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Z mapy (fig. 2) wynika, że tam gdzie występują wyłącznie utwory kenozoiczne, średnia gęstość warstwowa kompleksu zależy głównie od tego, jakie piętro trzeciorzędu jest w nich reprezentowane. Utwory pliocenu wpływają podwyższająco na średnią gęstość warstwową, natomiast utwory miocenu i oligocenu — obniżająco. Na obszarze występowania utworów mezozoicznych i paleozoicznych nad poziomem morza średnie gęstości warstwowe wzrastają na ogół wraz z wiekiem występujących skał. Anomalne są jedynie utwory liasu (lżejsze od malmu i doggeru) i kambru (lżejsze od dewonu i syluru). Należy przy tym zauważyć, że na granicy kredy i jury następuje nagłe zwiększenie gęstości. Tam gdzie występują utwory krystaliczne (pod cienkim nakładem lub bez nakładu), ich zróżnicowanie litologiczne wpływa w sposób decydujący na wartości średnich gęstości warstwowych. Idąc od północnego wschodu ku południowemu zachodowi możemy wyróżnić następujące „anomalie regionalne” średnich gęstości warstwowych utworów nad poziomem morza: 1) obniżone ($> 2,10 \text{ g/cm}^3$) wartości wyniesienia mazursko-suwalskiego, wyniesienia podlasko-lubelskiego, synklinorium warszawskiego, synklinorium lubelskiego, 2) podwyższone ($< 2,70 \text{ g/cm}^3$) wartości antyklinorium kujawskiego, antyklinorium gielniowskiego i antyklinorium świętokrzyskiego, 3) obniżone wartości ($> 2,10 \text{ g/cm}^3$) synklinorium mogileńskiego, synklinorium łódzkiego i synklinorium miechowskiego, 4) podwyższone wartości ($< 2,60 \text{ g/cm}^3$) monokliny przedsudeckiej, monokliny krakowsko-częstochowskiej i Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, 5) obniżone ($> 2,20 \text{ g/cm}^3$) wartości Sudetów Wschodnich i zapadliska przedkarpackiego, 6) podwyższone ($< 2,80 \text{ g/cm}^3$) wartości Sudetów Zachodnich, 7) podwyższone ($< 2,70 \text{ g/cm}^3$) wartości Karpat, Pienin i Tatr.

Z porównania średnich gęstości warstwowych obliczonych z poszczególnych otworów i odczytanych z mapy izarytm wynika, że różnice między tymi wartościami dochodzą do $0,2 \text{ g/cm}^3$, co wskazuje na to, że dotychczas stosowana metoda matematycznej interpolacji między wartościami z otworów wiertniczych była niewłaściwa.

Wykorzystując omówioną wyżej mapę, obliczono średnią ważoną gęstość warstwową $\sigma_{\text{sr. ww.}}$ utworów nad poziomem morza dla obszaru całej Polski.

Zastosowano tu wzór:

$$\sigma_{\text{sr. ww.}} = \frac{\sum \sigma_{\text{sr. wk.}} \cdot S}{\sum S}$$

gdzie $\sigma_{\text{sr. wk.}}$ = średnie gęstości warstwowe kompleksów ograniczonych izarytmami na wyżej wymienionej mapie, S = powierzchnie tych kompleksów zawarte między odpowiednimi izoliniami. Obliczona w ten sposób $\sigma_{\text{sr. ww.}} = 2,25 \text{ g/cm}^3$.

Opierając się na tych samych danych skonstruowano krzywą zależności S od $\sigma_{\text{sr. wk.}}$ (fig. 3). Krzywa ta ma dwa maksima — jedno równe $2,15 \text{ g/cm}^3$ i drugie $2,55 \text{ g/cm}^3$. Pierwsza z nich jest średnią wartością charakteryzującą obszary występowania nad poziomem morza utworów młodszych od kredy (z wyjątkiem Karpat), druga natomiast odpowiada obszarom występowania utworów starszych od kredy i skał karpacckich.

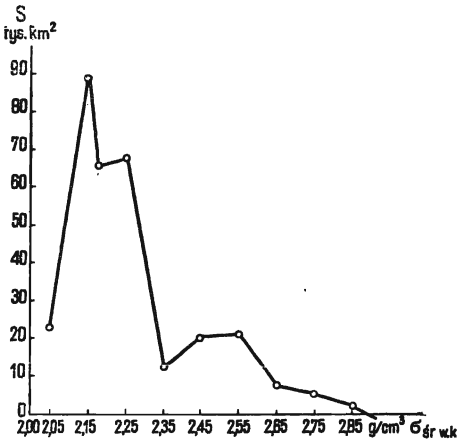


Fig. 3. Powierzchnia S poszczególnych obszarów Polski w zależności od odpowiadających im średnich gęstości warstwowych utworów powyżej poziomu morza $\sigma_{\text{sr. wk.}}$.

Surface S of the individual areas of Poland, according to the corresponding mean stratal densities of the formations occurring above sea level $\sigma_{\text{sr. wk.}}$.

Jak wynika z powyższego, obszar Polski składa się z dwóch części wyraźnie różniących się od siebie wartościami średnich gęstości warstwowych utworów nad poziomem morza, przy czym w bardzo wielu przypadkach wartość $2,25 \text{ g/cm}^3$, będąca średnią dla obszaru całego kraju, charakteryzuje izarytmy oddzielające ostro oba te obszary. W związku z tym przyjęcie średniej wartości $2,25 \text{ g/cm}^3$ do redukcji pomiarów geofizycznych na obszarze całej Polski mogłoby spowodować duże deformacje. Z drugiej strony — podział obszaru Polski na dwie części, gdzie stosowanoby do redukcji wartości $2,15 \text{ g/cm}^3$ lub $2,55 \text{ g/cm}^3$, stworzyłoby pas ostrych deformacji na granicy tych obszarów. Tak więc wydaje się, że przyjęcie za podstawę do redukcji mapy przedstawionej w niniejszym opracowaniu będzie najwłaściwsze.

UWAGI KOŃCOWE

Jak już wspomniano na wstępie, niniejsza praca jest pierwszą próbą opracowania mapy średnich gęstości warstwowych utworów nad poziomem morza dla obszaru całej Polski. Opracowanie to ma oczywiście wiele braków wynikających z tego, iż dla niektórych obszarów materiał, jakim dysponowali autorzy, był zbyt ubogi. Dotyczy to zarówno po-

miarów ciężarów objętościowych, jak i miąższości warstw tworzących rozpatrywane kompleksy. Można przy tym zaobserwować pozorny paradoks polegający na tym, że lepiej znamy obecnie ciężary objętościowe i miąższości utworów występujących na Nizinie Polskiej na głębokości paru tysięcy metrów niż ciężary objętościowe i miąższości utworów Sudetów, Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i Gór Świętokrzyskich występujących na powierzchni. Wiąże się to oczywiście z koncentracją systematycznie prowadzonych badań geologicznych na Nizinie Polskiej i odwróceniem uwagi od obszarów starych masywów. Przed opracowaniem nowej wersji omawianej mapy trzeba będzie zatem uzupełnić pomiary ciężarów objętościowych utworów tworzących te masywy oraz skał karpackich i zapadliska przedkarpackiego, dla których dysponujemy co prawda dużą ilością danych, nie przedstawiających jednakże żadnej wartości. Oczywiście takie opracowanie będzie musiało uwzględnić najnowsze dane geologiczne, które pozwolą sprecyzować granice zasięgu poszczególnych formacji i ściślej ustalić ich miąższość.

Na zakończenie autorzy pragną wyrazić gorące podziękowanie tym wszystkim pracownikom naukowym Instytutu Geologicznego, którzy służyli pomocą i radą w trakcie opracowywania niniejszego tematu, a w szczególności mgr M. Pajchlowej, bez której pomocy jego wykonanie byłoby niemożliwe. Autorzy dziękują także Przedsiębiorstwu Poszukiwań Geofizycznych i Biuru Dokumentacji i Projektów Geologicznych Zjednoczenia Przemysłu Naftowego za udostępnienie materiałów archiwalnych i danych będących w trakcie opracowania.

Zakład Geofizyki
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 30 czerwca 1964 r.

PIŚMIENNICTWO

- BOJAN J. (1948) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów gatunkowych skał w rejonie Karpat Zachodnich i Przedgórze za rok 1947 Przewod. Państw. Wiercenia Poszukiwawcze. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- BOJAN J. (1949) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów gatunkowych skał (1948 r.) Przewod. Państw. Wiercenia Poszukiwawcze. Arch. Przewod. Poszuk. Geofiz. (maszynopis). Warszawa.
- BOJAN J. (1950) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów gatunkowych skał (1949 r.) Przewod. Państw. Wiercenia Poszukiwawcze. Arch. Państw. Przewod. Geofiz. (maszynopis). Warszawa.
- BOJAN J. (1951) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów gatunkowych skał (1950 r.) Przewod. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- BOJAN J. (1952) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów gatunkowych skał (1951 r.) Przewod. Poszuk. Geofiz. Arch. Przewod. Poszuk. Geofiz. (maszynopis). Warszawa.

- BOJAN J. (1953) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów gatunkowych skał (1952 r.) Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Przeds. Poszuk. Geofiz. (maszynopis). Warszawa.
- BOJAN J. (1954) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów gatunkowych skał (1953 r.) Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- BOJAN J. (1955) — Sprawozdanie Grupy Pomiarów Ciężarów Gatunkowych Skał (1954 r.) Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- BOJAN J. (1956) — Sprawozdanie Grupy Pomiarów Ciężarów Gatunkowych Skał (1955 r.) Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- BOJAN J. (1957) — Sprawozdanie I Grupy Pomiarów Ciężarów Gatunkowych Skał. (1956 r.) Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- BOJAN J. (1958) — Sprawozdanie I Grupy Pomiarów Ciężarów Gatunkowych Skał (1957 r.) Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- CESARCZYK M. (1957) — Sprawozdanie II Grupy Pomiarów Ciężarów Gatunkowych Skał (1956 r.) Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- CESARCZYK M. (1958) — Sprawozdanie II Grupy Pomiarów Ciężarów Gatunkowych Skał (1957 r.) Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- CZERNIKOWSKA E. (1946) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów gatunkowych skał w rejonie Karpat Zachodnich Przeds. Państw. Wiercenia Poszuk. Arch. Przeds. Poszuk. Geofiz. (maszynopis). Warszawa.
- DRZEWIŃSKI CZ. (1959) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów właściwych skał za 1958 rok. Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- DRZEWIŃSKI CZ. (1960) — Sprawozdanie z pomiarów ciężkich objętościowych skał za 1959 rok Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- DRZEWIŃSKI CZ. (1961) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów objętościowych skał za 1960 rok. Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- DRZEWIŃSKI CZ. (1962) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów objętościowych skał za 1961 rok. Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- DRZEWIŃSKI CZ. (1963) — Sprawozdanie z pomiarów ciężarów objętościowych skał za 1962 rok. Przeds. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- KACZKOWSKA Z. (1962) — Opracowanie mapy pomiarów gęstości utworów ponad poziom morza. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- KAMIEŃSKI M. (1949) — Skały budowlane w Polsce. Biul. Inst. Geol., 57, Warszawa.
- KRUCZYK J. (1958) — Opracowanie pomiarów ciężarów właściwych skał, wykonanych w latach 1948—1957 Przed. Poszuk. Geofiz. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.

- PAJCHŁOWA M. (1963) — Mapa geologiczna Polski (rozprzestrzenienie utworów na poziomie morza). Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- PENDIAS H., MACIEJEWSKI S. (1959) — Zbiór analiz chemicznych skał magmowych i metamorficznych Dolnego Śląska. Pr. Inst. Geol., 24. Warszawa.
- POŻARYSKI W., RÜHLE E. (1956) — Mapa geologiczna Polski (bez utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych). Atlas Geol. Polski 1:1 000 000. W.G. Warszawa.
- RÜHLE E., SOKOŁOWSKI S., TYSKA M. (1956) — Mapa geologiczna Polski (bez utworów czwartorzędowych). Atlas Geologiczny Polski 1:1 000 000. W.G. Warszawa.
- RÜHLE W. (1957) — Mapa miąższości utworów czwartorzędowych Polski. Atlas Geologiczny Polski 1:1 000 000. W.G. Warszawa.
- SENKOWICZOWA H., SZYPERKO-ŚLIWCZYŃSKA A., ZNOSKO J. (1961) — Mapa geologiczna Polski (bez utworów czwartorzędu, trzeciorzędu, kredy i jury). Atlas Geologiczny Polski 1:1 000 000. W.G. Warszawa.
- ZNOSKO J. (1961) — Mapa geologiczna Polski (bez utworów czwartorzędu, trzeciorzędu i kredy). Atlas Geologiczny Polski 1:1 000 000. W.G. Warszawa.

Адам ДОМБРОВСКИ, Зофия КАЧКОВСКА

**КАРТА СРЕДНИХ ПЛАСТОВЫХ ПЛОТНОСТЕЙ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЛЬШИ,
ЗАЛЕГАЮЩИХ НАД УРОВНЕМ МОРЯ**

Резюме

До сих пор делались только лишь единичные попытки составления карты средних пластовых плотностей пород, залегающих над уровнем моря. Однако, эти попытки сводились или к отдельным изолированным районам Польши, или же к математической интерполяции данных, вычисленных для отдельных буровых скважин, по которой были произведены измерения объемных весов. Авторами настоящей работы делается первая в Польше попытка составления такой карты для всей территории страны на основании сопоставления результатов измерений объемных весов в отдельных, однородных по возрасту и литологии, геологических комплексах.

Для составления карты были использованы все доступные измерения плотности пород, произведенные в Польше. Следует здесь подчеркнуть, что необходимо было отказаться от использования результатов измерений, плотностей выполненных до 1953 года с помощью метода взвешивания парафинированных проб пород в воде. Ввиду того, что измерения другими методами, т. е. методом взвешивания парафинированных проб в воде и взвешивания проб в ртути, производились по сухим пробам, авторами вводится поправка за влияние жидкости, которая перед сушением заполняла поры в породе. Эта поправка равняется приблизительно эффективной пористости, которая в свою очередь является обратно пропорциональной плотности высушенной породы. На основании исправленных плотностей подсчитаны по отдельным буровым скважинам сред-

ние пластовые плотности формаций, распространенных в Польше над уровнем моря.

Затем, исходя из карт Геологического атласа Польши масштаба 1:1 000 000 и рукописной „Геологической карты Польши — распространение отложений на уровне моря” масштаба 1:1 000 000, составленной М. Пайхлевой, были проведены границы „элементарных поверхностей” т. е. территорий, характеризующихся везде одним и тем же комплексом геологических формаций, залегающих над уровнем моря.

Дальше, в результате проконсультирования вопроса с компетентными сотрудниками Геологического института, к отдельным формациям комплекса отнесены средние пластовые плотности, определенные по пробам из одной или нескольких буровых скважин. В последней стадии вычислений, на основании всех доступных карт изопахит и изогипс, геологических профилей и устных заявлений компетентных геологов были определены средние или граничные мощности формаций, слагающих комплекс „элементарных поверхностей”, а также вычислены средние или граничные плотности для каждого такого комплекса. Если расхождения между граничными плотностями были слишком большие то „элементарные поверхности” подразделялись на меньшие элементы с постоянной мощностью формаций. Для четвертичных пород, ввиду их неопределимую изменчивости, была принята для всей страны средняя плотность равная $2,18 \text{ г/см}^3$. На основании полученных таким образом средних пластовых плотностей, производя их интерполяцию по отношению к имевшимся геологическим картам, были построены линии равных пластовых плотностей отложений, залегающих над уровнем моря.

В результате была составлена Карта средних пластовых плотностей формаций, распространенных в Польше над уровнем моря в масштабе 1:1 000 000 с линиями средних пластовых плотностей через 0,05 или 0,1 г/см^3 . Из этой карты следует, что в Польше средние пластовые плотности отложений, залегающих над уровнем моря, колеблются в пределах $2,0 \div 2,9 \text{ г/см}^3$, причем среднее их значение по всей стране составляет $2,25 \text{ г/см}^3$. Картина распределения этих плотностей очень сложная. В северной части она связана, в основном, с кайнозойским покровом, в то время как в южной — с мезозойским, палеозойским или докембрийским основанием.

Adam DĄBROWSKI, Zofia KACZKOWSKA

MAP OF MEAN STRATAL DENSITIES OF THE FORMATIONS OCCURRING IN POLAND ABOVE SEA LEVEL

Summary

So far only single attempts were made to elaborate a map of mean densities of formations occurring above sea level. The works were restricted either to the individual isolated region of Poland, or to the mathematical interpolation of the values calculated for those bore hole in which measurements of volume weights had been made. The present authors took on the first work in Poland to prepare such a map for the entire area of the country, in the way connecting the results

obtained in measurements of volume weights with the individual geological complexes, uniform as far as their age and lithology are concerned.

For this elaboration all the available results of volume weight measurements made in Poland were used. It should be stressed here that the results obtained in measurements of volume weight made before 1953 by a method of weighing unparaffined rock samples in water must have undoubtedly been omitted. Since measurements by other methods (i.e. weighing paraffined samples in water and weighing samples in mercury) were made on dry samples, the present authors introduced a correction that took into account an influence of the liquid which filled up rock pores before drying. This correction approximately corresponds with the effective porosity that, in turn, is reversely proportional to the volume weight of the rock dried. On the volume weight so corrected the mean stratal densities have been calculated for the formations occurring in Poland above sea level and found in the individual bore hole investigated. Then, basing on the maps of the Geological Atlas of Poland, scale 1:1 000 000 and on the manuscript "Geologic Map of Poland — Distribution of deposits at sea level", scale 1:1 000 000 elaborated by M. Pajchłowa, the authors drew boundaries of "elementar surfaces", i.e. of the areas everywhere characterized by the same complex of geological formations above sea level.

Basing on consultations with the competent workers of the Geological Institute, mean stratal densities determined on samples from one or from several bore holes have been ascribed to the individual complexes of the formations. In the last phase of the calculations, the mean, or the extreme thicknesses of the formations making up the complex of "elementar surfaces" were determined and the mean or extreme stratal densities of such complexes were calculated on the basis of all isopachyte and contour line maps and of geological profiles available, as well as on the oral information of the competent geologists. If the differences between extreme densities were too great, the "elementar surfaces" were divided into smaller elements of stable thicknesses of the formations.

On account of a changeability impossible for determination, the Quaternary deposits have been assumed to be of mean density in the whole of the country, amounting to 2,18 g/cm³. Basing on the mean stratal densities obtained that way, the lines of equal mean stratal densities of the deposits occurring above sea level were drawn and the interpolation was made in relation to the existing geologic maps.

As a results of these works a "Map of mean stratal densities of the formations occurring above sea level in Poland" has been obtained in a scale 1:1 000 000 with the lines of mean stratal densities given each 0,05 or 0,1 g/cm³. The map here considered demonstrates that the mean stratal densities of the formations occurring above sea level range in Poland from 2,0 to 2,9 g/cm³, their mean value amounting for the whole country to 2,25 g/cm³. The character of distribution of these densities is strongly complicated. In the northern part of the country it is mainly connected with the Cainozoic overburden, in the southern one with the Mesozoic, Palaeozoic or Precambrian substratum.