

BADANIA GĘSTOŚCI SKAŁ DLA POTRZEB GEOFIZYCZNYCH W POLSCE

UKD 552.3/5:531.754:550.83(438)

Do obliczenia wartości anomalii siły ciężkości, a następnie ich interpretacji dla potrzeb rozpoznania geologicznego należy znać gęstości skał badanego obszaru. W związku z tym od 1945 r. prowadzi się systematyczne pomiary tej wielkości fizycznej w Polsce.

Prace te były wykonywane w latach 1945—1948 przez zespół Przedsiębiorstwa Poszukiwania Naftowe (J. Bojan, E. Czernikowska), który w latach 1948—1950 działał w tym samym zakresie w Przedsiębiorstwie Państwowym Wiercenia Poszukiwawcze (J. Bojan). Od 1950 r. wykonywanie pomiarów gęstości przejęło Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych, które prowadzi je w największym zakresie do chwili obecnej (J. Bojan, M. Cesarczyk, C. Drzewiński, R. Blus). Od 1950 r. badania te są wykonywane na zlecenie Instytutu Geologicznego. W latach 1948—1950 Wydział Geofizyki Stosowanej Państwowego Instytutu Geologicznego (W. Fic, Z. Stopiński) wykonał pewną liczbę pomiarów we własnym zakresie. Od 1956 r. pomiary gęstości wykonuje także Przedsiębiorstwo Geofizyczne Przemysłu Naftowego, a od 1963 r. Biuro Dokumentacji i Projektów Geologicznych (obecnie Zakład Opracowań Geologicznych Górnictwa Naftowego „Geonafita”; S. Nickel).

W Państwowym Instytucie Geologicznym stosowano metodę ważenia w wodzie próbek skał zaparafinowanych. W przedsiębiorstwach przemysłu naftowego, a także w Przedsiębiorstwie Poszukiwań Geofizycznych do 1953 r. ważono w wodzie próbki niezaparafinowane, a od 1953 r., stosownie do wytycznych Zakładu Geofizyki Instytutu Geologicznego rozpoczęto ważenie w wodzie próbek zaparafinowanych bądź w rtęci próbek niezaparafinowanych. Od 1962 r. z inicjatywy autora Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych rozpoczęło pomiary porowatości efektywnej jako dodatkowego parametru dla określania gęstości. W 1968 r. przedsiębiorstwo to wprowadziło nową metodę, opracowaną przez R. Blusa, polegającą na kolejnym ważeniu próbek suchych, a następnie nasyconych mieszaniną gliceryny i alkoholu o gęstości 1 g/cm^3 . Do pomiarów używa się densimetru GS-2 skonstruowanego w Przedsiębiorstwie Poszukiwań Geofizycznych. Instytucje podległe Zjednoczeniu Przemysłu Naftowego stosują metodę ważenia próbek skał w rtęci.

Dla potrzeb redukcji lub interpretacji wyników badań grawimetrycznych należy dysponować informacjami o gęstości skał w ich naturalnych warunkach występowania. Ponieważ tego typu badania były niemożliwe ustalono, że najbardziej odpowiadające tym wymaganiom wartości daje pomiar skały nasyconej w 100% wodą.

Pomiary wykonywane do 1953 r. metodą ważenia próbek suchych w wodzie bez uprzedniego zaparafinowania dostarczyły danych o parametrze pośrednim między gęstością mineralogiczną (zwaną nieściśle ciężarem właściwym*) a gęstością suchych próbek skał (zwaną również nieściśle ciężarem gatunkowym lub objętościowym*). Określenia na podstawie tego parametru gęstości skał w ich naturalnych warunkach jest niemożliwe i dla badań geofizycznych nie przedstawia większej wartości.

Materiały uzyskane w wyniku pomiarów gęstości próbek suchych (zaparafinowanych i ważonych w wodzie lub niezaparafinowanych i ważonych w rtęci) można wykorzystać do określenia gęstości tychże próbek nasyconych w 100% wodą, dodając do uzyskanych wartości wartości porowatości efektywnej. Ponie-

waż do 1961 r. nie mierzono porowatości efektywnej próbek przeznaczonych do badań gęstości autor (9) opracował wykresy zależności porowatości efektywnej od gęstości próbek suchych, wykorzystując wyniki badań Pracowni Petrografii Skał Roponośnych Zakładu Ziół Ropy i Gazu Instytutu Geologicznego, prowadzonych dla potrzeb poszukiwań naftowych. Wykresy te pozwalają określić porowatość efektywną poszczególnych typów litologicznych skał (wapienie, piaskowce, łowce itp.), a co za tym idzie ich gęstość w przypadku całkowitego nasyconia wodą. W przypadku, kiedy mierzono jednocześnie gęstość próbek suchych i ich porowatość efektywną określenie gęstości próbek całkowicie nasyconych wodą sprowadza się do sumowania wartości obu mierzonych parametrów.

Metoda stosowana od 1968 r. w Przedsiębiorstwie Poszukiwań Geofizycznych pozwala określać bezpośrednio gęstość próbek całkowicie nasyconych wodą i ich porowatość efektywną.

W Przedsiębiorstwie Poszukiwań Geofizycznych, które jest wykonawcą ogromnej większości pomiarów gęstości, przedmiot badań stanowią próbki, pobrane z rdzeni wszystkich głębokich i części płytkich wierzeń Instytutu Geologicznego, a także niektórych wierzeń innych instytucji (głównie przemysłu naftowego). Wiercenia wybiera się w ten sposób, aby dla obszaru całego kraju dysponować tym samym zagęszczeniem informacji o gęstości poszczególnych ogniw stratygraficznych. Jako regułę stosuje się pobieranie czterech próbek z każdego metra rdzenia wiertniczego. Wszystkie cztery służą do pomiarów gęstości, zaś jedna z nich do określenia porowatości efektywnej, o ile dla badanego kompleksu przekracza ona 5%. W ten sposób, do 1975 r. włącznie, przebadano rdzenie z ponad tysiąca otworów wiertniczych, wykonując około miliona pomiarów gęstości.

Wyniki badań są przedstawiane w opracowywanych corocznie dokumentacjach. Początkowo zestawiano je wyłącznie w formie wykresów zależności badanych parametrów od głębokości występowania oraz krzywych Gaussa. Od szeregu lat dokumentacje zawierają także zestawienia tabelaryczne minimalnych, maksymalnych i średnich gęstości dla poszczególnych ogniw stratygraficznych.

Od momentu rozpoczęcia badań gęstości ich wyniki były wykorzystywane tak do redukcji pomiarów siły ciężkości, jak i ich interpretacji.

Na ich podstawie przyjmowano średnią gęstość utworów nad poziomem redukcji w poszczególnych regionach badań grawimetrycznych i średnie wartości gęstości kompleksów geologicznych, których efekt grawitacyjny obliczano w trakcie interpretacji (np. 3).

Istniała jednakże konieczność jednolitego opracowania wszystkich wyników określeń gęstości i zestawienia na ich podstawie mapy średniej gęstości utworów geologicznych, występujących nad przyjętym poziomem redukcji danych grawimetrycznych. Próbę opracowania takiej mapy podjęto już w 1958 r. (30), jednak sprowadziła się ona do matematycznej interpolacji między wartościami średniej gęstości próbek suchych dla nielicznych wówczas otworów wiertniczych.

W związku z tym Zakład Geofizyki Instytutu Geologicznego przystąpił w 1962 r. pod kierunkiem autora do opracowania mapy średniej gęstości utworów, występujących w Polsce nad poziomem morza. Opierając się na wynikach najnowszych badań geologicznych, zweryfikowano lokalizację otworów wiertniczych, ich profilów stratygraficznych i litologicznych oraz określono dla nich średnią gęstość warstwową utworów nad poziomem morza przy ich

* W nowoczesnej literaturze światowej nie stosuje się nieściśle określeń: ciężar właściwy, gatunkowy względnie objętościowy zastępując je poprawnymi, jak: gęstość mineralogiczna, gęstość skał suchych i gęstość skał nasyconych płynem (np. 31).

całkowitym nasyceniu wodą. Następnie wydzielono „obszary elementarne”, zawierające utwory między powierzchnią Ziemi a poziomem morza niezmiennie litologicznie w kierunku poziomym. Opierając się na wszystkich dostępnych materiałach geologicznych kraju określono w obrębie tych obszarów miąższość i gęstość średnią poszczególnych kompleksów geologicznych i na tej podstawie obliczono średnią gęstość ważoną utworów, stawiając między obu wspomnianymi powierzchniami. W strefach granicznych między obszarami elementarnymi, tj. tam gdzie miąższość jednych kompleksów maleje, a innych wzrasta, wyznaczono izodensy, równoległe do granic tych obszarów. Powstała w ten sposób „Mapa średnich gęstości warstwowych utworów geologicznych występujących w Polsce powyżej poziomu morza” (24). Mapa ta jest wykorzystywana do chwili obecnej i nikt nie sporządził jej aktualniejszej wersji.

W 1964 r. autor przystąpił do dalszego porządkowania wyników badań gęstości w Polsce nie tylko utworów geologicznych, występujących nad poziomem morza, ale także wszystkich, jakie zostały przebadane, mając na uwadze potrzeby interpretacji wyników badań geofizycznych w Polsce. Praca polegała na określeniu, w oparciu o najaktualniejsze ustalenia stratygraficzne i litologiczne, średnich wartości gęstości skał całkowicie nasyconych wodą najmniejszych możliwych do wydzielenia ogniw stratygraficznych (pięter lub podpięter). Wyniki tych określeń zestawiono w postaci tabel i densigramów (zależności średniej gęstości od głębokości) w opracowaniu (4), w którym przeanalizowano także zależność średnich wartości gęstości poszczególnych ogniw stratygraficznych od głębokości występowania i zmian litofacjalnych, a także dokonano próby ustalenia przyczyn tak regionalnych, jak i lokalnych anomalii siły ciężkości w poszczególnych obszarach Polski. Skrócona wersja opracowania ukazała się ze znacznym opóźnieniem w formie publikacji (9).

Mniej więcej w tym samym czasie Z. Fajkiewicz i T. Rejman podjęli próbę syntetycznego opracowania wyników badań gęstości w Polsce. Jej wynikiem są dwie publikacje (26, 27). W jednej z nich przedstawiono mapy średniej gęstości utworów geologicznych, występujących nad poziomem morza, kredy, jury, triasu oraz permu. Należy zaznaczyć, że w tym przypadku jest to gęstość próbek suchych, bez uwzględnienia nasycenia wodą. Izodensy na tych mapach wyznaczono, stosując jedynie interpolację matematyczną. W drugim opracowaniu, korzystając z tych samych materiałów, wyznaczono krzywe zależności gęstości skał suchych od głębokości zalegania, aproksymując tę zależność wielomianami drugiego lub trzeciego stopnia dla różnych typów litologicznych skał, bądź regionów geologicznych oraz dla karbonu całej Polski. Stwierdzono dominujący wpływ kompaktacji na zmienność gęstości z głębokością.

W trakcie opracowywania mapy średnich gęstości utworów geologicznych, występujących w Polsce nad poziomem morza, autor stwierdził, że w przypadku skał osadowych o poziomym lub prawie poziomym zaleganiu i stopniowych poziomych zmianach gęstości ustalenie poziomego rozkładu tego parametru na podstawie badań rdzeni wiertniczych jest stosunkowo proste. Sprawa wygląda zupełnie odmiennie na obszarze, gdzie skały o pionowych lub stromo zapadających granicach litologicznych występują ponad poziomem redukcji. Z taką sytuacją mamy do czynienia na Dolnym Śląsku. W związku z tym autor zainicjował badania, mające ustalić metodę, odpowiednią dla tego regionu. Do tego celu wybrano masy granitowy Karkonoszy i jego osłonę. Pobrano tam próbki z 28 odsłoneń i kamieniołomów w punktach, tworzących możliwie regularną siatkę o odstępach od jednego do kilku metrów. Ilość próbek pobranych z poszczególnych odsłoneń wahała się od kilkunastu do ponad trzydziestu. Wyniki badań przedstawiono w postaci map izodens poszczególnych odsłoneń i krzywych Gaussa (1). Ustalono także minimalną ilość pomiarów potrzebną do określenia średniej gęstości różnych typów litologicznych skał z dokładnością 1 g/cm³. Nie stwierdzono wpływu strefy zwietrzalej ani też regularności w przebiegu izodens. Ujawniła się także potrzeba wykorzystywania większej ilości odsłoneń.

Wnioski te stanowiły podstawę dla opracowania programów badań gęstości skał, występujących w poszczególnych regionach Dolnego Śląska, przez R. Blusa z Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych i kompetentnych geologów z Oddziału Dolnośląskiego Instytutu Geologicznego przy konsultacjach autora. Badania terenowe zostaną zakończone w 1976 r. Łafa następnie będą poświęcone opracowaniu mapy średniej gęstości skał, występujących nad poziomem morza na Dolnym Śląsku.

Syntetyczne opracowania materiałów geologicznych dla poszczególnych regionów Polski stały się okazją dla ponownego zestawienia i przeanalizowania wyników badań własności fizycznych skał. Zestawienia takiego dokonano dla obniżenia podlaskiego, obszaru o największej ilości danych. Wykorzystując materiały z lat 1956—1969 autor (5) określił wartości minimalne, maksymalne i średnie gęstości skał nasyconych wodą i porowatości efektywnej dla utworów kenozoicznych, kredy górnej i dolnej, jury górnej, środkowej i dolnej, triasu górnego z retykiem, triasu środkowego i dolnego, cechsztynu, karbonu, syluru, ordowiku, kambru, eokambru oraz proterozoiku-archaiku, na podstawie danych dla 19 otworów wiertniczych. Dla większości tych ogniw stratygraficznych, dla których dysponowano dostateczną ilością danych, opracowano mapy średniej gęstości.

Na mapach tych widać wyraźną zależność między głębokością występowania, a więc kompaktacją względnie wykształceniem facjalnym a średnią gęstością skał osadowych. Na tym tle stwierdzono anomalny wzrost gęstości wielu formacji (do kredy górnej włącznie) w strefie Rajsk — Mielnik, co wiąże się albo z ich kompaktacją na znacznie większych, niż obecne głębokościach i wyniesieniem w okresie późnokredowym lub pokredowym albo z procesami chemiczno-fizycznymi, które w tymże okresie zmieniły skład mineralny lub strukturę badanych utworów. Stwierdzono także, że spośród krystalicznych skał proterozoiku-krystaliniku granitoidy wyróżniają się wyraźnie mniejszymi wartościami gęstości.

W 1971 r. jednym z odcinkowych zadań „problemu węzłowego 01.1.1” było wykonanie przez autora map gęstości kambru, ordowiku i syluru tak dla potrzeb interpretacji danych grawimetrycznych, jak i badania stopnia zdiagenezowania i zmian litofacjalnych — czynników posiadających duże znaczenie dla poszukiwań naftowych. Zgodnie z podziałem przyjętym w innych opracowaniach „problemu 01.1.1” mapy takie opracowano (6) dla: wołynia, waldaju i kambru subholmiowego, kambru holmiowego i protoolenusowego, kambru środkowego (i górnego), ordowiku dolnego, środkowego oraz górnego, a także syluru dolnego, środkowego oraz górnego. W wyniku analizy tych map stwierdzono, że tam, gdzie badane utwory występują na dużych głębokościach, a więc w głębszych partiach dawnych basenów sedimentacyjnych, zmiany średniej gęstości następują powoli w sposób regularny, co się wiąże prawdopodobnie z dużym stopniem zdiagenezowania i niewielką zmiennością litologiczną. Natomiast na brzegach basenów obserwujemy dużą zmienność wartości tego parametru nawet między blisko położonymi odwiertami, co wynika z dużego zróżnicowania litologicznego i dużego wpływu pierwotnej, zmiennej porowatości, nie wyrównanej przez kompaktację.

Opracowanie, oparte na wynikach badań rdzeni 91 otworów wiertniczych, uzupełniono katalogiem, zawierającym wartości minimalne, maksymalne i średnie gęstości skał suchych oraz nasyconych całkowicie wodą i porowatości efektywnej dla każdego z tych otworów i każdego rozpatrywanego ogniwa stratygraficznego.

Dane te pozwoliły zbadać zależność średniej gęstości przeddevonskich skał osadowych w Polsce od ich głębokości występowania. Wykorzystując maszynę liczącą „Odra 1204” autor obliczył współczynniki równań regresji trzech typów, współczynniki korelacji, błąd standardowy regresji i przedziały ufności tej zależności dla wszystkich rozpatrywanych ogniw stratygraficznych.

Wykorzystując opracowane krzywe regresji, dokonano próby określenia pionowego przesunięcia

utworów paleozoicznych Gór Świętokrzyskich w stosunku do równoleżnikowych utworów platformy wschodnioeuropejskiej. Zastosowaną metodę zweryfikowano, określając za jej pomocą maksymalne głębokości zalegania utworów paleozoicznych, stwierdzonych w dwóch otworach wiertniczych, odległych o około 20 km, na obszarze obniżenia nadbużańskiego, na głębokościach różnych o około 2000 m i posiadających w obu przypadkach prawie identyczne gęstości. Stwierdzono, że maksymalne głębokości występowania były w obu przypadkach zbliżone, co potwierdza prawidłowość zastosowanej metody. Tak więc krzywe regresji, aproksymujące zależność średniej gęstości skał od ich występowania można wykorzystywać do oceny wielkości pionowych przesunięć tektonicznych i ich kierunku.

Skrót opracowania został przedstawiony na kolokwium, poświęconym petrofizycznym własnościom skał w Aarhus w październiku 1974 r. (13). Zaproponowana metoda (n. b. brak publikacji na ten temat świadczy o jej oryginalności) spotkała się z dużym zainteresowaniem, czego wyrazem była propozycja opublikowania referatu w międzynarodowym czasopiśmie geofizycznym; nastąpiło to niedawno (20). Całe opracowanie, wraz z katalogiem i mapami średnich wartości gęstości, a także porównaniem wyników zastosowania omawianej metody z danymi geologicznymi, jest przedmiotem kolejnej publikacji (23).

Wyniki badań gęstości utworów geologicznych poszczególnych regionów są w ostatnich latach przedmiotem zestawień dla potrzeb interpretacji wyników badań geofizycznych.

Należy tu wymienić pracę A. Kisłowa (29), zawierającą całość materiałów z zachodniego przedgórza Karpat, w postaci tabeli wartości minimalnych, maksymalnych i średnich gęstości miocenu, karbonu górnego i dolnego, dewonu górnego, środkowego i dolnego, syluru i permianu dla poszczególnych otworów wiertniczych, a także przekrój średni (średnie wartości gęstości poszczególnych ogniw stratygraficznych dla całego regionu), który posłużył mu do ustalenia możliwości występowania poziomów, odbijających fale sejsmiczne.

L. Dziewińska (25) sporządziła tabelaryczne zestawienie wartości średniej gęstości utworów czwartorzędnych, trzeciorzędnych, kredy górnej, środkowej i dolnej, jury górnej, środkowej i dolnej, triasu górnego, środkowego i dolnego oraz cechsztynu strefy Lutomięsk — Mogilno dla poszczególnych przebadanych otworów wiertniczych, ustalając na tej podstawie granice i wielkości kontrastu gęstości, które z kolei posłużyły do oceny efektów grawitacyjnych występujących tu struktur geologicznych.

Podobny charakter ma opracowanie E. Kaniewskiej (28), zawierające zestawienie wartości średniej gęstości skał kenozoiku, kredy, jury, karbonu, dewonu, syluru, eokambru i podłoża krystalicznego dla poszczególnych części obszaru lubelskiego, a także mapkę rozkładu średniej gęstości, obliczonej łącznie dla utworów dewonu i karbonu.

Zestawienia wartości gęstości sporządzano, często przyjmując głębokość występowania poszczególnych granic stratygraficznych na podstawie prowizorycznych, często niedokładnych lub nieaktualnych informacji geologicznych. Przystąpienie do przygotowania serii opracowań pt.: „Profile głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego” stworzyło okazję do uporządkowania tego zagadnienia. Autorowi powierzono opracowanie rozdziałów poświęconych badaniom własności fizycznych utworów geologicznych, stwierdzonych poszczególnymi wierceniami. Rozdziały te zawierają omówienie metodyki badań, tabele średnich wartości gęstości skał suchych i całkowicie nasyconych wodą, ich porownalności efektywnej dla poszczególnych marszów wiertniczych oraz tabele z wartościami minimalnymi, maksymalnymi i średnimi tychże parametrów dla poszczególnych jednostek stratygraficznych wraz z głębokością występowania ich stropu i spągu. Podane są w nich także miejsca występowania i wielkości kontrastu gęstości, którego znajomość jest konieczna dla ilościowej interpretacji wyników badań grawimetrycznych, ustalone na podstawie drugiej z wyżej wymienionych tabel.

Rozdziały takie, opracowane przez autora, ukazały się w zeszytach, poświęconych następującym otworom wiertniczym: Magnuszew IG 1 (7), Pasiek IG 1 (8), Tuszcz IG 1 (10), Kock IG 1 (11), Ciepłólów IG 1 (12), Wolin IG 1 (14), Tomaszów Lubelski IG 1, Jarczów IG 1 (15), Krowie Bagno IG 1 (2), Bąkowa IG 1 (16), Prabuty IG 1 (17), Okuniew IG 1 (18), Rzeki IG 1 (19), Strzelce IG 1, Strzelce IG 2 (21), Więcki IG 1 (22).

Jak widać, badania gęstości skał w Polsce, rozpoczęte trzydzieści lat temu z myślą o opracowaniu i interpretacji wyników zdjęć grawimetrycznych, nie tylko spełniają tę rolę, ale służą także do analizy wyników innych badań geofizycznych oraz zazwyczaj być wykorzystywane do oceny pionowych przesunięć tektonicznych.

Ponieważ mamy coraz częściej do czynienia z otworami wiertniczymi o niepełnym pobieraniu rdzenia trzeba będzie przejść na określanie gęstości skał na podstawie wyników gęstościowego profilowania gamma-gamma. Profilowanie takie (po próbach metodycznych w Przedsiębiorstwie Poszukiwań Geofizycznych) jest wykonywane przez tę instytucję od 1975 r. w otworach wiertniczych Instytutu Geologicznego. Należy tylko stwierdzić przez porównanie z wynikami badań laboratoryjnych, czy pomiary gamma-gamma dostarczają rzeczywiste wartości gęstości skał w ich warunkach naturalnego występowania, nie obciążonych błędami, powodowanymi przez odkształcenie skały procesem wiercenia i infiltrację płuczki.

O ile wpływ tych zjawisk okaże się nieistotny będzie można wykorzystać dane profilowania gamma-gamma do syntetycznych opracowań, dotyczących gęstości utworów geologicznych, korzystając z doświadczeń, zebranych z okazji zestawień wyników badań laboratoryjnych tego ważnego parametru fizycznego.

Przed badaniami gęstości, wykonywanymi dla potrzeb geofizycznych w Polsce, zarysowują się następujące zadania i problemy, które należy rozwiązać w najbliższej przyszłości:

I. Redukcja i interpretacja badań grawimetrycznych.

1. Zestawienie — w postaci katalogu — wszystkich danych pomiarów gęstości, zweryfikowanych i zunifikowanych.

2. Opracowanie nowej wersji mapy średniej gęstości utworów geologicznych nad poziomem morza w Polsce.

3. Opracowanie map średniej gęstości jednostek stratygraficznych skał osadowych o dostatecznym zagęszczeniu danych pomiarowych.

4. Opracowanie mapy średniej gęstości utworów krystalicznych platformy wschodnioeuropejskiej na obszarze Polski.

II. Wgłębne rozpoznanie geologiczne.

1. Przeprowadzenie prób rekonstrukcji tektonicznych pokrywy osadowej platformy wschodnioeuropejskiej na podstawie wykresów zależności średniej gęstości od głębokości występowania badanych utworów.

2. Zbadanie zależności średniej gęstości skał osadowych platform paleozoicznych od ich głębokości występowania.

3. Przeprowadzenie prób rekonstrukcji tektonicznych pokrywy osadowej platform paleozoicznych na podstawie wykresów tej zależności.

4. Zbadanie zależności między stosunkiem miąższości różnych litologicznie kompleksów skał w obrębie poszczególnych jednostek stratygraficznych a średnią gęstością tych jednostek.

5. Ewentualne wykorzystanie tej zależności jako wskaźnika ilościowego do sporządzania map zmian litofacyjnych.

6. Zbadanie wpływu stopnia zmetamorfizowania utworów metamorficznych platform paleozoicznych na ich średnią gęstość i praktyczne możliwości wykorzystania tej zależności.

7. Zbadanie zmienności średniej gęstości fliszowych utworów karpaccich i jej przyczyn.

8. Zbadanie przyczyn lokalnych anomalii gęstości skał osadowych (rekryształizacja, strefy przegrzań, strefy rozluźnień tektonicznych itp.) oraz możliwości wykorzystania tych anomalii do rozpoznania lokalnie występujących zjawisk geologicznych.

9. Ustalenie zależności zmienności różnych typów skał krystalicznych od ich składu mineralnego i próba ich wykorzystania do orzeczeń mineralogicznych.

Tak więc rola badań gęstości skał będzie coraz większa. Zachowując swoje znaczenie jako źródło informacji pomocniczych dla zdjęcia grawimetrycznego będą one dostarczać coraz bogatszych danych dla różnych dziedzin geologii, zajmujących się rozpoznaniem wglębnej budowy kraju.

Autor składa serdeczne podziękowania Profesorowi W. C. Kowalskiemu, Przewodniczącemu Rady Naukowej Instytutu Geologicznego, który zasugerował opracowanie niniejszej publikacji i którego cenne uwagi zostały uwzględnione w jej ostatecznej wersji.

LITERATURA

1. Blus R., Dąbrowski A. — Method of investigations of density distribution in geological formations above the sea level in Lower Silesia and some results obtained. Rocz. Pol. Tow. Geol., 1974, t. 44, z. 1.
2. Blus R., Dąbrowski A. — Porowatość efektywna i gęstość utworów stwierdzonych w otworze Krowie Bagno IG 1. Krowie Bagno IG 1. Pr. zbior. pod red. L. Miłaczewskiego, IG. Profile głębokich otworów wiertniczych. Inst. Geol., 1975, z. 25.
3. Dąbrowski A. — Główne elementy geofizyczne podłoża Polski zachodniej. Pr. Inst. Geol., 1963, t. 30.
4. Dąbrowski A. — Gęstości skał a anomalie siły ciężkości w Polsce. IG (maszynopis), Warszawa, 1965.
5. Dąbrowski A. — Własności fizyczne skał obniżenia podlaskiego. Kwart. geol., 1971, nr 2.
6. Dąbrowski A. — Mapy gęstości kambru, ordowiku i syluru. IG, (maszynopis), Warszawa, 1972.
7. Dąbrowski A. — Średnie wartości gęstości utworów poszczególnych formacji. Magnuszew IG 1. Pr. zbior. pod red. A. Krassowskiej. IG. Profile głębokich otworów wiertniczych Inst. Geol., 1973, z. 4.
8. Dąbrowski A. — Wyniki badań gęstości skał. Pasłęk IG 1. Pr. zbior. pod red. H. Szyperko. IG. Ibidem, 1973, z. 9.
9. Dąbrowski A. — Przyczyny geologiczne anomalii siły ciężkości na obszarze Polski w świetle analizy ciężaru objętościowego. Pr. Inst. Geol., 1974, t. 73.
10. Dąbrowski A. — Wyniki badań geofizycznych. Tłuszcz IG 1. Pr. zbior. pod red. B. Arenia. IG. Profile głębokich otworów wiertniczych Inst. Geol., 1974, z. 13.
11. Dąbrowski A. — Wyniki badań porowatości efektywnej i gęstości skał. Kock IG 1. Pr. zbior. pod red. A. Krassowskiej. IG. Ibidem, 1974, z. 15.
12. Dąbrowski A. — Porowatość efektywna i gęstość skał. Ciepiałów IG 1. Pr. zbior. pod red. T. Niemczyckiej. Ibidem, 1974, z. 20.
13. Dąbrowski A. — Kolokwium poświęcone petrofizycznym własnościom skał. Prz. geol., 1975, nr 5.
14. Dąbrowski A. — Wyniki badań gęstości i porowatości efektywnej skał. Wołin IG 1. Pr.

zbior. pod red. J. Dembowskiej. IG. Profile głębokich otworów wiertniczych Inst. Geol. 1975, z. 22.

15. Dąbrowski A. — Oznaczanie ciężaru objętościowego i porowatości efektywnej. Tomaszów Lubelski IG 1, Jarczów IG 1. Pr. zbior. pod red. A. Żelichowskiego. Ibidem, 1975, z. 24.
16. Dąbrowski A. — Porowatość efektywna i gęstość skał. Bąkowa IG 1. Pr. zbior. pod red. T. Niemczyckiej. Ibidem, 1975, z. 26.
17. Dąbrowski A. — Wyniki badań porowatości efektywnej i gęstości. Prabuty IG 1. Pr. zbior. pod red. Z. Modlińskiego. Ibidem, 1975, z. 27.
18. Dąbrowski A. — Porowatość efektywna i gęstość utworów geologicznych stwierdzonych wierceniem Okuniew IG 1. Okuniew IG 1. Pr. zbior. pod red. B. Arenia. Ibidem, 1975, z. 29.
19. Dąbrowski A. — Porowatość efektywna i gęstość utworów. Rzeki IG 1. Pr. zbior. pod red. Z. Deczkowskiego. Ibidem, 1975, z. 30.
20. Dąbrowski A. — Mean densities of Pre-Devonian sedimentary rocks in Poland and their depth dependence. Pure and Appl. Geoph., 1976, t. 114, z. 2.
21. Dąbrowski A. — Porowatość efektywna i gęstość utworów geologicznych w otworach Strzelce IG 1 i Strzelce IG 2. Strzelce IG 1, Strzelce IG 2. Pr. zbior. pod red. L. Miłaczewskiego. IG. Profile głębokich otworów wiertniczych Inst. Geol., 1976, z. 31.
22. Dąbrowski A. — Wyniki badań porowatości efektywnej i gęstości. Więcki IG 1. Pr. zbior. pod red. W. Grodzickiej-Szymanko. Ibidem, 1976, z. 35.
23. Dąbrowski A. — Średnie gęstości przeddevoniskich skał osadowych w Polsce i ich zależność od głębokości występowania. Biul. Inst. Geol. Z badań geologicznych regionu świętokrzyskiego, t. 14, (w druku).
24. Dąbrowski A., Kaczkowska Z. — Mapa średnich gęstości warstwowych utworów występujących w Polsce ponad poziomem morza. Kwart. geol., 1965, nr 1.
25. Dzięwińska L. — Jakościowa korelacja wyników badań sejsmicznych i grawimetrycznych w strefie Lutomiernik — Mogilno. Ibidem, 1974, nr 2.
26. Fajkiewicz Z. — Zależność ciężaru objętościowego skał od głębokości zalegania, typu skały i wieku utworów geologicznych. Techn. Poszuk., 1966, z. 15—16.
27. Fajkiewicz Z., Rejman T. — Mapy ciężarów objętościowych skał. Ibidem, 1965, z. 14.
28. Kaniewska E. — Korelacja wyników badań sejsmicznych i grawimetrycznych dla obszaru lubelskiego. Kwart. geol., 1975, nr 1.
29. Kisłowski A. — Warunki petrofizyczne i stosowanie metody sejsmicznej na obszarze zachodniego Przedgórze Karpat. Rocz. Pol. Tow. Geol., 1971, t. 41, z. 3.
30. Kruczyk J. — Opracowanie pomiarów ciężarów właściwych skał, wykonanych w latach 1948—1957. IG (maszynopis), Warszawa, 1958.
31. Praca zbiorowa pod red. N. W. Podoby i M. L. Ozierskiej — Fizyczne właściwości osadocznego czechła wostoczno-jewropejskiej platformy. WNIIGeofizika. Moskwa, 1975.

SUMMARY

The history and methods of studies on rock density, carried out for the requirements of geophysics in Poland, are discussed. The synthetic elaborations of the results of the studies, hitherto made for reduction and interpretation of gravity measurements and geological reconnaissance are discussed and the conclusions of methodological and cognitive character are given. The main tasks of the rock density research in Poland and methodological problems with should be solved in the near future are analysed.

РЕЗЮМЕ

Представлен очерк по применявшимся методам определения плотности пород для геофизических целей. Анализируются данные проведенных работ как в области редукции и интерпретации замеров силы тяжести, так и в области изучения геологического строения. Сделаны методические выводы и начертаны задачи и методические проблемы в дальнейших исследованиях плотности пород в Польше.