

Elżbieta KANIEWSKA

Korelacja wyników badań sejsmicznych i grawimetrycznych dla obszaru lubelskiego

WSTĘP

Porównania wyników badań sejsmicznych z wynikami badań grawimetrycznych dokonano w celu stwierdzenia czy interpretacja danych grawimetrycznych w powiązaniu z wynikami badań sejsmicznych na obecnym etapie rozpoznania geofizycznego może dostarczyć nowych dodatkowych informacji geologicznych. Korelacji dokonano na obszarze obejmującym: od północy wyniesienie lukowskie, od zachodu środkową część rowu lubelskiego; od południa granicę badanego obszaru stanowi południowy skraj rowu lubelskiego, od wschodu — granica państwowa.

Podstawę do analizy badań grawimetrycznych stanowiły mapy anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera i anomalii resztkowych w skali regionalnej, zestawione w ramach opracowania wykonanego przez J. Grzywacza w 1969 r. Opracowanie to obejmuje zestawienie wyników wszystkich badań grawimetrycznych.

Podstawę do analizy obrazu sejsmicznego stanowiły następujące szkice strukturalne: horyzontu refleksyjnego wiążanego ze spągami jury, horyzontu refleksyjnego wiążanego z przyspagowymi warstwami karbońskimi (skonstruowane w ramach zbiorczego opracowania wykonanego w 1969 r. w Przedsiębiorstwie Poszukiwań Geofizycznych, wykorzystującego wyniki badań sejsmicznych wykonanych do 1967 r.), a także szkice strukturalne horyzontów mezozoicznych, paleozoicznych i podłoża krystalicznego (skonstruowane w ramach corocznych dokumentacji badań sejsmicznych, wykonywanych w latach 1968—1970 przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych i Przedsiębiorstwo Geofizyczne Górnictwa Naftowego). Szersze omówienie tych dokumentacji będzie podane w dalszej części artykułu.

Wykorzystane szkice i schematy strukturalne miały charakter regionalny względnie — dla lokalnych obiektów — półszczęgółowy. Korelacji wyników badań sejsmicznych i grawimetrycznych dokonywano już wcześniej. Przedmiotem jej były bądź to wybrane profile z rowu lubelskiego, opracowane przez J. Jamrozika i innych w 1967 r., bądź też cały rozpatrywany obszar analizowany w PPG w ramach zbiorczego opraco-

wania wykonanego w 1969 r. (na pracę tę będą się kilkakrotnie powoływała w dalszej części artykułu, nazywając ją zbiorczym opracowaniem z 1969 r.) oraz w artykule J. Skorupy i S. Młynarskiego (1962). W pracy J. Skorupy i S. Młynarskiego (1962) dysponowano znikomą ilością danych sejsmicznych w porównaniu z obecnym stanem. Podano w niej między innymi wniosek, że w niektórych rejonach specyficzne warunki gęstościowe oraz brak poziomych kontrastów gęstościowych stanowią przyczynę braku korelacji między zjawiskami sejsmicznymi i grawimetrycznymi. W zbiorczym opracowaniu z 1969 r. dokonano zestawienia i jednoczesnej korelacji wyników badań sejsmicznych, magnetycznych, grawimetrycznych, tellurycznych. Należy zaznaczyć jednak, że w opracowaniu tym w wielu przypadkach dokonując korelacji opierano się na mapie strukturalnej opracowanej na podstawie grawimetrii, która budzi wiele zastrzeżeń. Wyznaczono tam dużą ilość dyslokacji w wyniku bardzo subiektywnej interpretacji obrazu grawimetrycznego. Ponadto w opracowaniu tym nie przeprowadzono szerszej analizy gęstości skał, parametru mającego decydujący wpływ na obraz modelu grawimetrycznego. Nie dokonano też oceny błędu z jakim wyznaczone są poszczególne wartości anomalii grawimetrycznych, szczególnie istotnego ze względu na występowanie tu anomalii o bardzo małej amplitudzie.

Przedstawiona w artykule korelacja wyników badań grawimetrycznych i sejsmicznych uwzględnia wyżej wymienione czynniki, istotne w interpretacji obrazu grawimetrycznego.

ROZPOZNANIE GĘSTOŚCIOWE SKAŁ OBSZARU LUBELSKIEGO

Jak wiadomo, nawet jakościowa interpretacja wyników badań grawimetrycznych wymaga należytego rozpoznania gęstościowego. Analizę rozkładu gęstości oparto na materiale zawartym we wcześniejszym własnym opracowaniu (E. Kaniewska, 1970). Zawiera ono zestawienie gęstości skał poszczególnych epok geologicznych dla poszczególnych rejonów obszaru lubelskiego. Zestawienie uwzględnia — będące do dyspozycji w momencie opracowania zagadnienia — wyniki pomiarów ciężarów objętościowych próbek z 68 otworów; są to pomiary wykonane do 1970 r. przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych.

Badaniami objęto utwory mezozoiku, karbonu, dewonu i w niewielkim zakresie (7 otworów) utwory starszego paleozoiku i prekambriu. Wynikiem analizy jest szkic rozkładu średnich gęstości utworów karbonu i dewonu (fig. 1) informujący jednocześnie o lokalizacji wierceń, dla których w utworach karbonu i dewonu dokonano pomiarów. W tabeli 1 podano średnie gęstości skał zestawione dla poszczególnych okresów geologicznych, będących granicami kontrastów gęstościowych, oraz wartości tych kontrastów przy uwzględnieniu rejonizacji obszaru lubelskiego.

Zjawiskiem charakterystycznym, mającym niewątpliwy wpływ na obraz anomalii lokalnych w centralnej części obszaru lubelskiego, jest występowanie bardzo małych kontrastów gęstościowych na wszystkich granicach kontrastowych. W północno-wschodnim rejonie obszaru lubelskiego największy kontrast gęstościowy występuje na pograniczu jury i kredy. W południowo-wschodniej części omawianego obszaru największy kontrast gęstościowy notuje się między jurą a karbonem, a w rejo-

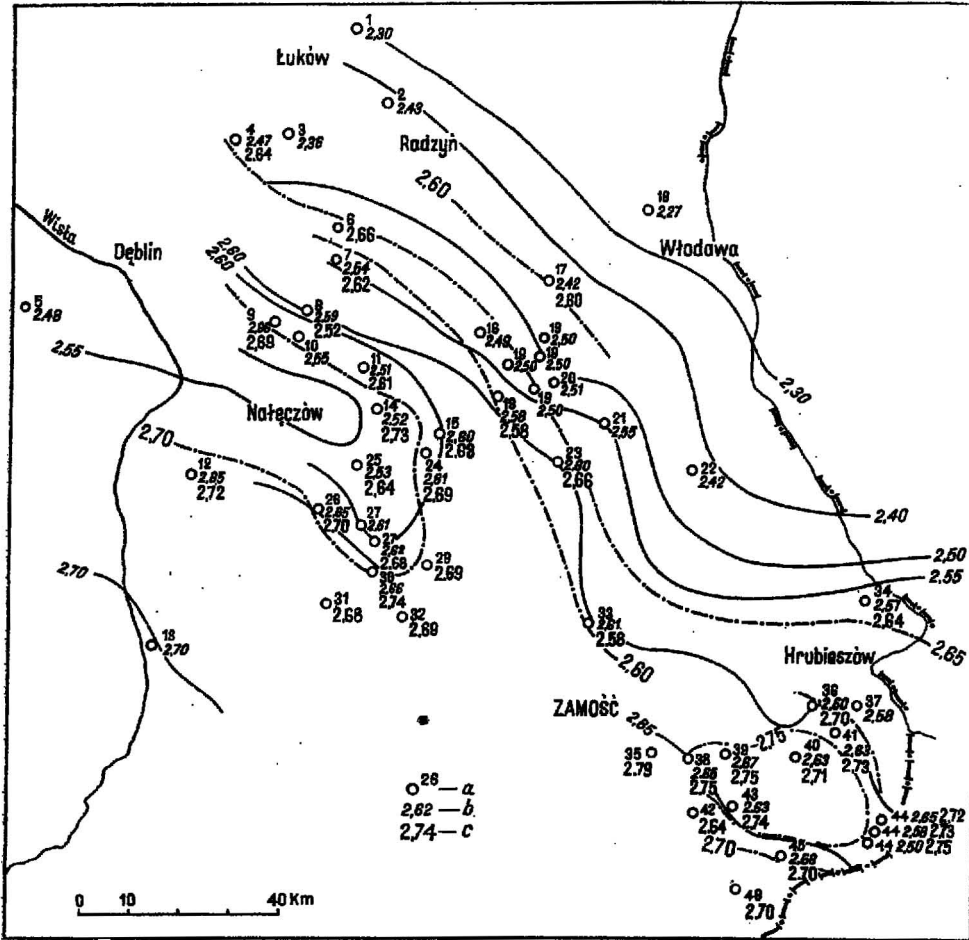


Fig. 1. Gęstość utworów karbonu i dewonu w obszarze lubelskim

Density of the Carboniferous and Devonian formations in the Lublin area

a — otwory wiertnicze, w których dokonano pomiarów ciężarów objętościowych; b — gęstość w g/cm³ utworów karbonu, izodensy co 0,05 g/cm³; c — gęstość w g/cm³ utworów dewonu, izodensy co 0,05 g/cm³; 1-46 — nazwy otworów wiertniczych: 1 — Łuków IG-1, 2 — Radzyń IG-1, 3 — Siedliska IG-1, 4 — Pasmug 1, 5 — Pionki 2, 6 — Kock IG-1, 7 — Kock IG-2, 8 — Abramów 4, 9 — Abramów 1, 10 — Abramów 3, 11 — Abramów 7, 12 — Opolo Lubelskie IG-1, 13 — Rachów 1, 14 — Swidnik IG-5, 15 — Swidnik IG-1, 16 — Rozkopaczew 1, 17 — Krowie Bagno IG-1, 18 — Kaplonosy IG-1, 19 — Łęczna IG-3, IG-4, IG-5, IG-8, IG-9, IG-11, IG-12, IG-14, IG-15, IG-16, IG-17, IG-18; 20 — Cyców IG-1, 21 — Cyców IG-7, 22 — Chetm IG-1, 23 — Krasnystaw IG-1, 24 — Lublin IG-1, 25 — Zemborzycze 2, 26 — Niedrzwica IG-1, 27 — Bystrzyca IG-1, 28 — Bychowa IG-1, 29 — Gielczew IG-1, 30 — Rudnik IG-1, 31 — Zakrzew IG-1, 32 — Zakrzew IG-2, 33 — Izbica IG-1, 34 — Strzelce IG-2, 35 — Ruszów IG-1, 36 — Terebin IG-4, 37 — Kosmów 1, 38 — Komarów IG-1, 39 — Zubowice IG-5, 40 — Tyszowce IG-1, IG-2, 41 — Terebin IG-1, IG-2, 42 — Tarnawatka IG-1, 43 — Rachnie IG-1, 44 — Korczmin IG-1, IG-2, IG-3, 45 — Jarczów IG-4, 46 — Jarczów IG-2

a — bore-holes in which the measurements of bulk densities have been made; b — density g/cu.cm of the Carboniferous formation, isodensens within the interval of 0.05 g/cu.cm; c — density g/cu.cm of the Devonian formation, isodensens within the interval of 0.05 g/cu.cm; 1-46 — names of the bore-holes

Tabela 1

Średnie gęstości skał budujących kompleksy gęstościowe oraz granice i wartości kontrastów gęstościowych dla obszaru lubelskiego

Utwory geologiczne budujące kompleksy gęstościowe	Północno-wschodni rejon obszaru lubelskiego		Południowo-wschodnia część obszaru lubelskiego		Centralna część obszaru lubelskiego		Wyniesienie radomsko-krańskie	
	średnia gęstość g/cm ³	wartość kontrastu g/cm ³	średnia gęstość g/cm ³	wartość kontrastu g/cm ³	średnia gęstość g/cm ³	wartość kontrastu g/cm ³	średnia gęstość g/cm ³	wartość kontrastu g/cm ³
Kenozoik	2,00	0,00	1,92	+0,11	b. d.	—	b. d.	—
Kreda	2,00	+0,35	2,23	+0,18	2,31	+0,12	2,26	—
Jura	2,35	+0,13	2,41	+0,21	2,43	+0,16	2,48	+0,22
Karbon	2,48	+0,15	2,62	+0,11	2,59	+0,07	*	—
Dewon	2,63	—0,01	2,73	—	2,66	—	2,70	+0,38
Sylur	2,62	—0,02	brak danych		brak danych		brak danych	
Eokambr	2,60	+0,10	brak danych		brak danych		brak danych	
Podłoże krystaliczne	2,70	—	brak danych		brak danych		brak danych	

Objaśnienie: b. d. — brak danych; * — brak karbonu

nach pozbawionych jury — między kredą a karbonem. Z zależności tych wynika, że w północno-wschodnim rejonie obszaru lubelskiego największy udział w kształtowaniu się lokalnego pola grawimetrycznego winna mieć undulacja powierzchni jurajskiej, w południowo-wschodniej części rolę tę winna spełniać undulacja powierzchni karbońskiej, a na wyniesieniu radomsko-kraśnickim udział undulacji powierzchni jury i dewonu jest równorzędny.

ANALIZA I KORELACJA WYNIKÓW BADAŃ SEJSMICZNYCH I GRAWIMETRYCZNYCH

Wyniki analizy i korelacji danych sejsmicznych i grawimetrycznych obrazuje szkic przedstawiony na fig. 2. Zaznaczono tu także elementy tektoniczne, jak osie synklin i antyklin zaznaczające się w sejsmicznym horyzoncie odpowiadającym przyspagowym warstwom karbońskim oraz uskoki pewne i prawdopodobne, a także strefy uskokowe zarejestrowane w tym horyzoncie. Zaznaczono też uskoki w podłożu krystalicznym, wyznaczone na podstawie wyników refleksyjnych i refrakcyjnych prac sejsmicznych. Do zlokalizowania tych elementów wykorzystano wynikowe szkice strukturalne, znajdujące się w zbiorczym opracowaniu z 1969 r. oraz w dokumentacjach badań sejsmicznych wykonanych w latach 1969—1970 przez następujących autorów: T. Bugno, A. Gierasimow, J. Jurczyk, T. Krynicki, A. Kurek, W. Misiewicz, T. Pelc. Należy zaznaczyć, że prace sejsmiczne wykonane po 1968 r. w dość dużym zakresie przeprowadzane były metodą pokryć wielokrotnych, dotyczy to głównie szczegółowych badań. Pewność wyznaczenia osi struktur paleozoicznych w oparciu o wyniki szczegółowych badań sejsmicznych jest więc stosunkowo duża. Na szkicu korelacyjnym (fig. 2) zaznaczono też ogólny zarys resztkowych anomalii grawimetrycznych — dodatnich i ujemnych, o znaczącej dla omawianych zagadnień amplitudzie, w oparciu o mapę resztkowych anomalii siły ciężkości zestawioną przez J. Grzywacza w 1969 r.

Dla dalszych rozważań ważne są do odnotowania następujące szacunki. Średni błąd w określeniu wartości siły ciężkości wywołany tylko dokładnością grawimetru wynosi od $\pm 0,04$ mgl do $\pm 0,08$ mgl. Podana na mapie wartość anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera obarczona jest również błędem wynikającym z niedokładnego określenia poprawki na wysokość punktu pomiarowego i na przyciąganie warstwy pośredniej. Poprawkę na wysokość punktu pomiarowego można określić stosunkowo dokładnie (wysokość stanowiska grawimetru określono z pomiarów niwelacyjnych z dokładnością do $\pm 0,1$ m) i błąd w jej wyliczeniu jest do pominięcia. Prawidłowe określenie poprawki na przyciąganie warstwy pośredniej zależy od właściwie przyjętej gęstości kenozoiku, która ze względu na małą ilość pomiarów, jak też ze względu na zmienną wartość nie może być precyzyjnie ustalona. Oszacowano, że średni błąd określenia wartości anomalii grawimetrycznej spowodowany błędem określenia gęstości kenozoiku może dochodzić do $\pm 0,2$ mgl, a lokalnie — w rejonach o urozmaiconej płytkiej budowie geologicznej — może przekroczyć tę wartość, jeśliby nawet uznać za zerową wielkość poprawki topograficznej. Na podstawie podanych wyżej szacunków można sądzić, iż wartość anomalii grawimetrycznych może być obarczona średnim błędem większym niż $\pm 0,2$ mgl.

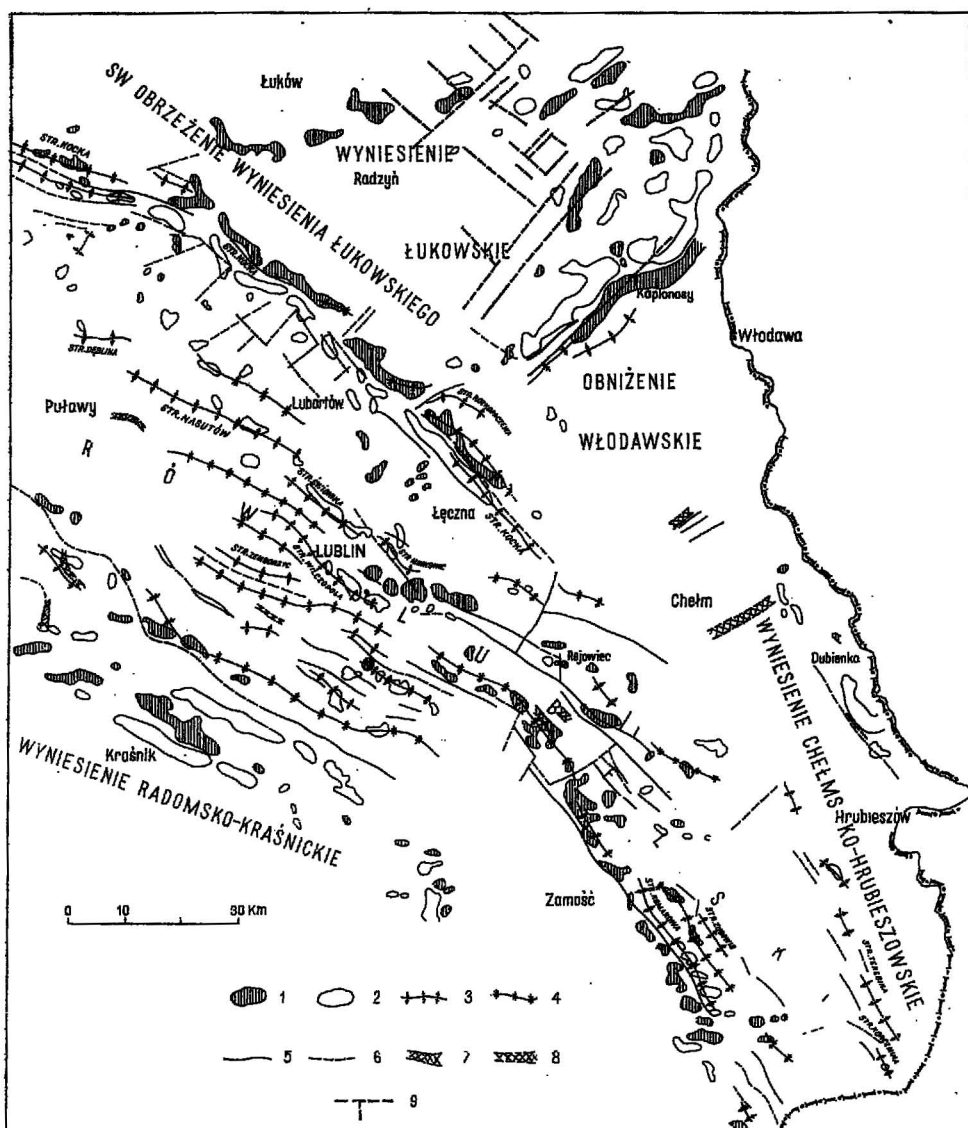


Fig. 2. Układ warstw paleozoicznych na tle ogólnego zarysu resztkowych anomalii siły ciężkości dla obszaru lubelskiego

The structure of the Palaeozoic layers on the background of the general outline of the residual anomalies of gravity for the Lublin area

1 — anomalie grawimetryczne ujemne o znaczącej wartości; 2 — anomalie grawimetryczne dodatnie o znaczącej wartości; 3 — osie paleozoicznych struktur antyklinalnych wyznaczone w oparciu o materiały sejsmiczne; 4 — osie paleozoicznych struktur synklinalnych wyznaczone w oparciu o materiały sejsmiczne; 5 — uskoki w utworach paleozoicznych wyznaczone w sposób pewny w oparciu o materiały sejsmiczne; 6 — uskoki prawdopodobne w utworach paleozoicznych wyznaczone w oparciu o materiały sejsmiczne; 7 — strefy uskokowe w utworach paleozoicznych wyznaczone w sposób pewny w oparciu o materiały sejsmiczne; 8 — strefy uskokowe

Korelacja wyników badań grawimetrycznych i sejsmicznych będzie przeprowadzana kolejno w następujących jednostkach geologicznych (przyjętych według opracowania S. Depowskiego z 1969 r.) niższego rzędu: wyniesienie łukowskie, SW obrzeżenie wyniesienia łukowskiego, obniżenie włodawskie, wyniesienie chełmsko-hrubieszowskie oraz środkowa i południowa część rowu lubelskiego.

WYNIESIENIE ŁUKOWSKIE

W rejonie tym regionalne profile refleksyjne, regionalny profil refrakcyjny oraz sondowania refrakcyjne w sposób bezpośredni informują o głębokości i sposobie zalegania podłoża krystalicznego, o jego blokowej budowie i głównym kierunku przebiegu dyslokacji NE—SW. Występujące tu pasmowe, lokalne anomalie grawimetryczne posiadają wprawdzie także kierunek NE—SW, nie można ich jednak wiązać bezpośrednio z morfologią stropu podłoża krystalicznego, jak to czynili autorzy omawianego zbiorczego opracowania z 1969 r. Korelację wyników badań grawimetrycznych i sejsmicznych w tym rejonie przeprowadził także J. Skorupa (1962, 1963, 1969). Na podstawie budowy geologicznej rejonu, charakteryzującego się płytkim zaleganiem podłoża prekambryjskiego i stosunkowo spokojnym serii osadowej, a także uwzględnieniu zmian petrograficznych podłoża prekambryjskiego, autor ten wysunął wniosek, że obraz anomalii grawimetrycznych w obszarze wyniesienia łukowskiego należy wiązać nie tylko z głębokością występowania podłoża krystalicznego, lecz w wydatnie przeważającym stopniu ze zmianami petrograficznymi skał budujących to podłoże, jak też z obecnością wulkanitów stwierdzonych w warstwach eokambryjskich. Wykonane w ostatnich latach prace sejsmiczne potwierdzają ten wcześniej sprecyzowany wniosek.

Uskok nazywany uskokiem Kaplonos oddziela wyniesienie łukowskie od obniżenia włodawskiego. Uskok ten, znajdujący już wyraźne odzwierciedlenie w obrazie grawimetrycznym, potwierdzony jest wynikami badań sejsmicznych. W oparciu o wyniki badań sejsmicznych określono amplitudę uskoku w podłożu krystalicznym w okolicach miejscowości Kaplonosy oraz w obszarze oddalonym o około 20 km na SW od miejscowości Kaplonosy, a także obliczono dla tych obszarów efekt grawitacyjny stopnia, przyjmując kontrast gęstościowy na granicy podłoże krystaliczne — nakład = $0,1 \text{ g/m}^3$. Analizę danych grawimetrycznych w tej strefie oparto na mapie anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera, dającej bezpośrednie informacje o obrazie grawimetrycznym uskoku. Mapa anomalii resztkowych nie nadaje się do dyskusji tego rodzaju efektów. Efekt grawitacyjny uskoku obliczony w pierwszym z wymienionych obszarów wynosi $5,4 \text{ mgl.}$,

prawdopodobne w utworach paleozoicznych wyznaczone w oparciu o materiały sejsmiczne; 9 — uskoki prawdopodobne w podłożu krystalicznym wyznaczone w oparciu o materiały sejsmiczne

1 — negative gravimetric anomalies having the significant values; 2 — positive gravimetric anomalies; 3 — axes of the Palaeozoic anticlinal structures determined on the basis of seismic materials; 4 — axes of the Palaeozoic synclinal structures determined on the basis of seismic materials; 5 — faults in the Palaeozoic formations determined firmly on the basis of seismic material; 6 — alleged faults occurring in the Palaeozoic formations determined on the basis of seismic materials; 7 — fault zones in the Palaeozoic formations determined firmly on the basis of seismic materials; 8 — alleged fault zones occurring in the Palaeozoic formations determined on the basis of seismic materials; 9 — alleged faults on the crystalline basement determined on the basis of seismic materials

obserwowany (tzn. różnica anomalii grawimetrycznych odczytana po obu stronach uskoku) = 6 mgł. W drugim obszarze efekt grawitacyjny obliczony wynosi 3 mgł, obserwowany = 3,5 mgł. Stwierdzono więc dobrą zgodność wielkości obliczonej z obserwowaną. W dalszej części artykułu będą posługiwała się także tym samym uproszczonym wzorem na efekt grawitacyjny stopnia. Wszystkie obliczenia przeprowadzone będą przy założeniu, że granice kontrastów gęstościowych pokrywają się z granicami sejsmicznymi, których sposób zalegania obrazują wymienione na wstępie szkice strukturalne.

Przy omawianiu następnych jednostek geologicznych analiza obrazu grawimetrycznego będzie przeprowadzona jednak w oparciu o mapę anomalii resztkowych. Mapa ta w sposób bardziej wyraźny niż mapa anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera uwidacznia lokalne elementy obrazu grawimetrycznego ze względu na wyrugowanie bardzo wyraźnych nieraz efektów tła regionalnego.

POŁUDNIOWO-ZACHODNIE OBRZEŻENIE WYNIESIENIA ŁUKOWSKIEGO

W tej części obszaru lubelskiego prace sejsmiczne wykonano jedynie w pasie przyległym bezpośrednio do struktury Kocka. Wyniki badań sejsmicznych udokumentowały paleozoiczną strukturę Kocka, stanowiącą granicę między SW obrzeżeniem wyniesienia łukowskiego a rowem lubelskim (struktura Kocka będzie szczegółowo omawiana w dalszej części artykułu). Wyniki badań sejsmicznych udokumentowały w SW obrzeżeniu wyniesienia łukowskiego paleozoiczną strukturę Rozkopaczewa o niewielkiej amplitudzie około 100 m. W obrazie grawimetrycznym anomalii lokalnych struktura ta jednak nie zaznacza się. Anomalie nie osiągają tu nawet amplitudy 0,2 mgł, prawdopodobnie z tego powodu, iż kontrast gęstościowy na granicy dewon—karbon jest mniejszy niż 0,10 g/cm³.

OBNIŻENIE WŁODAWSKIE

Wyniesienie łukowskie oraz jego SW obrzeżenie graniczy od południa z obniżeniem włodawskim, tj. obszarem, w którym dodatnie i ujemne anomalie resztkowe o amplitudzie dochodzącej zaledwie do 0,25 mgł (nie uwzględnione na szkicu korelacyjnym) posiadają niewielkie zasięgi i trudne do sprecyzowania kształty. Wykorzystując regionalne badania sejsmiczne wykonane w latach 1969—1970 przez PPG skonstruowano dla tego obszaru szkice strukturalne horyzontu jurajskiego, karbońskiego i lokalnie sylurskiego. Ponieważ zarówno młodszy, jak i starszy paleozoik zalegają stosunkowo spokojnie, o czym informują szkice strukturalne, nie obserwuje się więc wyraźnych anomalii lokalnych. Należy zaznaczyć, że w obniżeniu włodawskim zaobserwowano największy w całym rejonie lubelskim kontrast gęstościowy między jurą a kredą. Kontrast ten wynosi 0,35 g/cm³, gdy kontrast gęstościowy między dewonem a karbonem wynosi 0,15 g/cm³. Szacunkowe obliczenia wykazały, że przyjęta zmiana głębokości zalegania stropu jury o 20 m wywoła zmianę anomalii grawimetrycznych 0,25 mgł., natomiast zmiana głębokości zalegania stropu dewonu o 20 m wywoła zmianę anomalii grawimetrycznych o wielkości 0,10 mgł.

Biorąc pod uwagę wyżej podane zależności oraz budowę geologiczną należy wysunąć wniosek o porównywalnym wpływie mezozoiku i młodszego paleozoiku na kształtowanie się obrazu anomalii lokalnych w rejonie obniżenia włodawskiego. Obserwowane anomalie lokalne (o amplitudzie dochodzącej do 0,25 mgl) mogą być wywołane zarówno przez undulację powierzchni jurajskiej, jak i dewońskiej, a także mieszczą się w granicach oszacowanego wcześniej błędu określenia anomalii.

WYNIESIENIE CHEŁMSKO-HRUBIESZOWSKIE

Jest to obszar pokryty pracami sejsmicznymi o zagęszczeniu regionalno-powierzchniowym z wyjątkiem struktury Terebina i Korczmina, gdzie zagęszczenie profili ma już charakter półszczegółowy. Omówienie sposobu zalegania granic sejsmicznych wzdłuż poszczególnych profili zawarte jest w zbiorczym opracowaniu z 1969 r. Należy odnotować, że wyniki badań sejsmicznych dały stosunkowo pewne informacje o sposobie zalegania mezozoiku i paleozoiku do spągu karbonu łącznie.

Grawimetryczne anomalie lokalne posiadają tu (z wyjątkiem rejonu Dubienki) nieregularne kształty i niewielkie amplitudy, dochodzące do 0,25 mgl. W obszarze wyniesienia chełmsko-hrubieszowskiego ze względu na duże prawdopodobieństwo występowania znacznego kontrastu gęstościowego jura—kreda i karbon—jura już niewielkie undulacje powierzchni jurajskiej i karbońskiej mogą wywołać nieregularne anomalie lokalne o niewielkich amplitudach, mieszczące się jednocześnie w granicach szacowanego błędu określenia anomalii.

Elementem wyraźnie zaznaczającym się w obrazie grawimetrycznym anomalii resztkowych jest blok Dubienki. Jest to pas dodatnich anomalii o amplitudzie dochodzącej do 1 mgl, szerokości około 4 km, rozciągnięty wzdłuż kierunku NW—SE. W rejonie Dubienki wyniki badań sejsmicznych wykazały podniesienie całego paleozoiku oraz podłoża krystalicznego w formie bloku ograniczonego od południowego zachodu uskokiem o kierunku NW—SE. W obrębie samego bloku paleozoik wypłyca się wzdłuż kierunku NE—SW do granicy państwowej, a strop podłoża krystalicznego wzdłuż tego kierunku zalega prawie na jednakowej głębokości. Wyniki profilu refrakcyjnego przechodzącego wzdłuż kierunku rozciągłości anomalii grawimetrycznej wykazały, że strop podłoża krystalicznego zalega najpłycej tam, gdzie resztkowe anomalie grawimetryczne posiadają wartości ujemne, aby w miejscu, gdzie anomalie resztkowe osiągają maksymalną dodatnią amplitudę — zagłębić się. Korelacja wyników badań sejsmicznych i grawimetrycznych wykazała, że ani budowa serii osadowej, ani głębokość występowania stropu podłoża krystalicznego nie mają decydującego wpływu na obraz grawimetryczny. Prawdopodobnie zmiany petrograficzne podłoża krystalicznego — występującego w obszarze bloku Dubienki stosunkowo płytko — zadecydowały o kształcie anomalii grawimetrycznych.

Na przejściu z wyniesienia chełmsko-hrubieszowskiego do rowu lubelskiego nie dostrzega się zmiany stylu obrazu anomalii lokalnych. W tym obszarze północna granica rowu lubelskiego zaznacza się na profilach sejsmicznych z różną wyrazistością. Na niektórych profilach obserwuje się jednostajne zapadanie przyspągowego horyzontu karbońskiego z NE na

SW, na niektórych zaś zanik refleksów, na innych dyslokacje (w tym horyzoncie) o amplitudzie większej niż 200 m. Należy pamiętać, że profile sejsmiczne w tym rejonie mają zagęszczenie półszczegółowe i wykonywane były aparaturą z oscylograficznym zapisem. Brak odwzorowania w obrazie anomalii grawimetrycznych dyslokacji o amplitudzie 200 m, zarejestrowanych w wyniku badań sejsmicznych, świadczy o bardzo małym kontraście gęstościowym na granicy dewon—karbon. Przebieg izodens w tej części obszaru (zaznaczony na szkicu — fig. 1) oraz wyniki pomiaru gęstości w najbliższych granicy rowu lubelskiego wierceniach (Krasny-staw IG-1, Izbica IG-1) wykazały bardzo mały kontrast gęstościowy na granicy dewon—karbon.

RÓW LUBELSKI

Rów lubelski od SW obrzeżenia wyniesienia łukowskiego i od obniżenia włodawskiego oddziela struktura Kocka. Struktura ta — jak już wcześniej powiedziano — odwzorowuje się dobrze w wynikach prac sejsmicznych, jak też znajduje odbicie w obrazie anomalii resztkowych — najwyraźniej ze wszystkich elementów strukturalnych obszaru lubelskiego (fig. 2). Jest to dodatnia strefa anomalna o amplitudzie dochodzącej do 1,5 mgl, rysująca się wzdłuż kierunku Żelechów—Pasmę—Lubartów—Zawadów. Wyniki badań sejsmicznych pozwoliły na wyznaczenie na niektórych odcinkach osi struktury, jak też przebiegu uskoku ograniczającego ją od NE. Na podstawie wyników badań sejsmicznych wydzielono też prawdopodobne uskoki o ogólnym kierunku NE—SW, przecinające poprzecznie strukturę. Profile refleksyjne — przechodzące w rejonie Łęcznej prawie prostopadle do osi anomalii grawimetrycznej — informują o co najmniej 500 m podniesieniu warstw dewońskich na zrębie Kocka. Przyjmując kontrast gęstościowy między dewonem a karbonem = $0,10 \text{ g/cm}^3$, efekt grawitacyjny — wywołany 500 m wydzwignięciem dewonu, przy założeniu, że mezozoik zalega płasko — oszacowano na 2,0 mgl. Amplituda anomalii resztkowych odczytana z mapy w miejscu 500 m wydzwignięcia dewonu wynosi 1,5 mgl. Identyczne obliczenia wykonano dla północno-zachodniej części struktury Kocka i uzyskano tego samego rzędu zależności. Różnica między efektem grawimetrycznym obliczonym (na podstawie danych sejsmicznych i przyjętej gęstości skał) a efektem obserwowanym spowodowana jest prawdopodobnie przyjęciem do obliczeń zbyt przybliżonej wartości kontrastu gęstościowego dewon—nadkład. Na przykład: gdyby przyjąć kontrast gęstościowy dewon—nadkład = $0,08 \text{ g/cm}^3$, to wyliczona różnica anomalii grawimetrycznych pokrywałaby się z obserwowaną.

W środkowej części rowu lubelskiego szczegółowe prace sejsmiczne (wykonane w 1970 r.) udokumentowały paleozoiczne struktury takie jak: Dęblin, Nasutów, Świdnik, Minkowice, Zemborzyce, Wilczopole. Wyniki prac sejsmicznych dały podstawę do konstrukcji szkiców strukturalnych następujących horyzontów: mezozoicznego, śródkarbońskiego, śróddewońskiego, które pozwoliły na przeprowadzenie osi tych struktur (fig. 2). Amplitudy tych struktur na ogół przekraczają 300 m. Grawimetryczne anomalie lokalne w środkowej części rowu lubelskiego mają trudny do sprecyzowania obraz. W obrębie struktur Nasutów, Dęblin, Świdnik obser-

wuje się rozmyte pole anomalii dodatnich, a jedynie w obrębie struktury Minkowic i Wilczopola można poprowadzić przypuszczalną oś anomalii dodatnich osiągających wartość 0,75 mgl. W oparciu o wyniki prac sejsmicznych na profilu przecinającym strukturę Minkowic i Wilczopola i przebiegającym dalej na południe, reprezentatywnym dla tej części rowu lubelskiego, dokonano szacunkowych obliczeń efektu grawitacyjnego spowodowanego undulacją powierzchni dewońskiej. Gęstość przyjmowano na podstawie danych z pomiarów w otworze najbliższym miejsca dokonywania obliczeń. Z oszacowania wynika, że wyliczony efekt grawimetryczny spowodowany undulacją tylko powierzchni dewońskiej jest dużo większy od efektu obserwowanego. Najprawdopodobniej przyczyną tych rozbieżności jest przyjęcie do obliczeń przybliżonej wartości średniej gęstości skał karbonu i dewonu odnoszącej się do całych okresów, a nie poszczególnych pięter dewonu i karbonu (brak danych pomiarowych), co doprowadziło do błędnej zawyżonej oceny kontrastu gęstościowego dewon—karbon.

Pomimo występowania w tej części rowu lubelskiego struktur paleozoicznych o amplitudzie przekraczającej 300 m, anomalie lokalne — z powodu bardzo małych kontrastów gęstościowych na granicy poszczególnych pięter dewonu i karbonu — mają niewielką amplitudę i nieregularne kształty.

Na południowy-wschód od struktury Minkowic i Wilczopola — aż do Zamościa anomalie lokalne posiadają na ogół niski poziom. Występuje tu forma o niewielkim zasięgu i amplitudzie dochodzącej tylko w nielicznych punktach do 0,75 mgl. Analizę danych sejsmicznych przeprowadzono w oparciu o skonstruowane w ramach zbiorczego opracowania z 1969 r. szkice strukturalne horyzontu jurajskiego i karbońskiego. Materiały sejsmiczne, mimo iż badania wykonano metodyką jednokrotnego pokrycia, a zdjęcie ma zagęszczenie półszczegółowe, należy uznać za dość pewne w zakresie mezozoiku i młodszego paleozoiku do spągu karbonu włącznie. Szkic strukturalny przyspagowego horyzontu karbońskiego informuje o blokowej budowie tego rejonu — są to stosunkowo wąskie bloki pocięte uskokami głównie o kierunku NW—SE. Najbardziej wyniesione bloki, np. blok w rejonie Rejowca lub blok położony między strukturą Minkowic a Rejowcem, zaznaczyły się w obrazie anomalii lokalnych jako pole dodatnie. Amplitudy anomalii osiągają tu zaledwie wartość 0,75 mgl. Jak wynika z załączonego szkicu (fig. 1), i co już wcześniej powiedziano, w tej części rowu lubelskiego występuje najmniejszy w porównaniu z całym obszarem lubelskim kontrast gęstości na granicy dewon—karbon (izodensy karbonu i dewonu prawie pokrywają się), z tego też powodu nie mogą tu występować wyraźne lokalne anomalie grawimetryczne.

W południowo-wschodniej części rowu lubelskiego najwyraźniejsze formy strukturalne to struktura Komarowa i położona na wschód od niej struktura Zubowic. Wykonane na tych strukturach w 1969 i 1970 r. przez Przedsiębiorstwo Geofizyczne Górnictwa Naftowego szczegółowe prace sejsmiczne pozwoliły na jednoznaczne określenie osi tych struktur. Wyznaczono też na podstawie danych sejsmicznych uskoki ograniczający od południowego zachodu strukturę Komarowa. Z danych sejsmicznych wynika, że amplituda wypiętrzenia stropu dewonu na strukturze Komarowa wynosi od 450 do 500 m, a na strukturze Zubowic — około 300 m. W obra-

zie grawimetrycznym anomalii resztkowych struktura Komarowa zaznacza się jako wąska dodatnia forma o amplitudzie dochodzącej do 1 mgł. Amplituda dodatniej anomalii resztkowej na strukturze Zubowic wynosi około 0,75 mgł. Kierunek rozciągłości obu anomalii NNW—SSE jest zgodny z rzeczywistym kierunkiem rozciągłości struktur (fig. 2). Z szacunkowych obliczeń wynika, że struktura o amplitudzie 450 m (przy założonym kontraście gęstościowym dewon—karbon = 0,10 g/cm³, określonym na podstawie wyników pomiaru w otworze Komarów IG 1) powinna wywołać anomalię grawimetryczną o amplitudzie 1,9 mgł. Identyczne obliczenia dla struktury Zubowic dały amplitudę anomalii lokalnej = 1,2 mgł. Efekty spowodowane undulacją powierzchni jurajskiej i karbońskiej są do pominięcia ze względu na ich małe wielkości. Przypuszcza się, że znów ze zbyt małą precyzją jesteśmy w stanie oszacować różnice gęstości dewon—karbon, dysponując tylko średnimi gęstościami skał całego okresu karbonu czy dewonu, dlatego też wartości obliczone mogą odbiegać od obserwowanych. Istnieje jeszcze jedna przyczyna tej niezgodności. Porównując mapę anomalii resztkowych z mapą topograficzną w obrębie struktury Komarowa i na południe od niej stwierdza się, że obniżone wartości anomalii resztkowych występują w miejscach obniżen terenu, po którym przepływają rzeki. Fakt ten wskazuje na to, że anomalie grawimetryczne mogą być tu obliczone z błędem większym niż oszacowany na początku artykułu na $\pm 0,2$ mgł.

Na południowy wschód od struktury Komarowa i Zubowic wyniki badań sejsmicznych informują o występowaniu niewielkich struktur paleozoicznych o kierunku NNW—SSE. Występujące tu pojedyncze anomalie dodatnie posiadają kierunek rozprzestrzenienia W—S, co jest wynikiem odzwierciedlenia topografii w obrazie grawimetrycznym, a nie budowy geologicznej.

WNIOSKI

W podsumowaniu wyżej dokonanych omówień można sformułować następujące wnioski:

1. Korelacja wyników badań sejsmicznych — określających zaleganie mezozoiku, paleozoiku, do spagu karbonu włącznie, i podłoża krystalicznego — z wynikami badań grawimetrycznych pozwoliła na oszacowanie wpływu poszczególnych utworów geologicznych na rozkład lokalnego pola grawimetrycznego. Na obszarze lubelskim wydzielono rejony: a — gdzie za obraz anomalii lokalnych odpowiada głównie petrografia podłoża krystalicznego, b — gdzie anomalie lokalne zależą głównie od morfologii powierzchni dewonu, c — w których anomalie związane są w tej samej mierze z mezozoikiem co paleozoikiem.

2. Analiza dowiodła, że interpretacja anomalii grawimetrycznych, chociażby jakościowa, bez znajomości budowy geologicznej jaką dają wyniki badań sejsmicznych może doprowadzić do błędnych wniosków. Przy przeprowadzaniu interpretacji jakościowej wyników badań grawimetrycznych (nie mówiąc już o analizie ilościowej) konieczna jest korelacja wyników badań grawimetrycznych z wynikami badań sejsmicznych.

3. Analiza rozkładu gęstości pozwoliła na wydzielenie obszarów o różnych stosunkach gęstości. Szacunkowe obliczenia efektów grawitacyjnych

jakie dają poszczególne struktury paleozoiczne i porównanie z obserwowaną amplitudą anomalii lokalnych dowodzą, że lokalny rozkład gęstości różni się od regionalnego, a wynika to z różnej pozycji zarówno wiekowej, jak i strukturalnej poszczególnych ogniw karbonu i dewonu. Sytuacja ta utrudnia w znacznym stopniu bezpośrednią interpretację i tak słabych efektów grawimetrycznych.

4. Przy dysponowaniu wynikami badań sejsmicznych wykonanych wzdłuż profili o dość dużym zagęszczeniu, które dają na ogół pewne informacje do spagu karbonu włącznie, analiza istniejącego obrazu anomalii grawimetrycznych nie może, niestety, dostarczyć zbyt wielu nowych informacji uzupełniających o budowie pokrywy osadowej obszaru lubelskiego. Nie należy spodziewać się, aby lepsza niż obecnie znajomość rozkładu gęstości, a także możliwości nowych metod interpretacyjnych wyników badań grawimetrycznych przyczyniły się do radykalnej zmiany tego stanu.

Na zakończenie pragnę podziękować prof. J. Skorupie za uwagi i konsultacje udzielane w trakcie opracowywania artykułu.

Zakład Geofizyki Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 25 września 1973 r.

PIŚMIENNICTWO

- KANIEWSKA E. (1970) — Korelacja wyników badań sejsmicznych i grawimetrycznych dla obszaru lubelskiego. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- SKORUPA J. (1962) — Morfologia podłoża krystalicznego i nieciągłych pokryw wulkanicznych w północno-wschodniej Polsce w świetle badań sejsmicznych refrakcyjnych. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- SKORUPA J. (1963) — Główne elementy tektoniki krystalicznego podłoża platformy wschodnioeuropejskiej dla obszaru Polski w nawiązaniu do danych geofizycznych. Pr. Inst. Geol., 30, cz. 4. Warszawa.
- SKORUPA J. (1969) — Morfologia podłoża krystalicznego i starych wulkanitów dla obszaru obniżenia podlaskiego w oparciu o prace refrakcyjne. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- SKORUPA J., MŁYNARSKI S. (1962) — Próba przedstawienia budowy geologicznej Lubelszczyzny i południowego Podlasia w nawiązaniu do geofizycznych prac regionalnych. Pr. Inst. Geol., 30, cz. 3, p. 525—558. Warszawa.

Эльжбета КАНЕВСКА

КОРРЕЛЯЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ И ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛЮБЛИНСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

Резюме

На Люблинской территории проведена полудетальная гравиметрическая съемка, а результаты ее представлены в виде однородной карты аномалии силы тяжести в редукции Бугера и остаточных аномалий. В довольно широком масштабе проведены также сейсмические исследования, что дает возможность составить структурные схемы мезозойских и палеозойских отложений. Выполнение всех этих работ сделало возможным проведение корреляции их результатов. Она была произведена с той целью, чтобы установить, может ли совместная интерпретация гравиметрических и сейсмических материалов дать новые геологические данные по этой территории. Результаты корреляции показаны на корреляционной схеме (фиг. 2), где нанесены оси важнейших структур, определенные по структурной схеме каменноугольного сейсмического горизонта, показаны сбросы в этом горизонте и в кристаллическом фундаменте, а также положение остаточных гравиметрических аномалий, амплитуда которых равна или превышает 0,5 мгл.

Произведен также оценочный расчет гравиметрического эффекта, вызванного отдельными структурами и сбросами, амплитуды которых определены по сейсмическим данным. Кроме того приведен анализ плотности осадочных пород, основанный на измерениях ее в 68 скважинах. В результате анализа составлена схема распределения средней плотности отложений карбона и девона (фиг. 1) и установлены границы контрастов плотности (таб. 1). В результате корреляции определено, в зависимости от площади, участие отдельных пород в формировании локального гравиметрического поля.

В результате проведения анализа доказано, что интерпретация локальных гравиметрических аномалий может производиться только совместно с анализом результатов сейсмических исследований, дающих непосредственное представление о геологическом строении района. К сожалению корреляция результатов сейсмических и гравиметрических исследований не может дать слишком большого количества новых (дополняющих сейсмике) данных о строении осадочного чехла Люблинской территории.

Elżbieta KANIEWSKA

CORRELATION OF SEISMIC AND GRAVIMETRIC RESULTS TAKEN FROM INTENSIVE STUDIES CONDUCTED IN THE AREA OF LUBLIN VICINITY

Summary

Covering the area of Lublin vicinity with semi-detailed gravimetric pictures and then correlating the results of each measurement in a uniform map of anomalies of gravity in Bouguer's reduction and residual anomalies as well as performing the seismic operations on large scale providing the grounds for con-

structing the Mesozoic and Palaeozoic structural schemes made possible to correlate the yielded results. The correlation has been made in order to state whether the interpretation of gravimetric picture being simultaneously carried out together with the interpretation of seismic materials may have delivered the new geological data. The results of the correlation can be shown on correlation scheme (Fig. 2) showing the axes of more significant structures determined on the basis of the structural scheme of the seismic Carboniferous horizon, moreover, the correlation scheme may indicate the faults lying within this horizon and in the crystalline basement owing to insertion of residual gravimetric anomalies showing the amplitude approaching the value of 0.5 mgl.

The calculations of gravimetric effects resulted from different structures and faults as well as the amplitude have been also estimated basing upon the results of seismic examinations. In addition to that, the analysis of the density of sedimentary deposits have been carried out when basing upon the results of each measurement of this size made on 68 separate bore-holes. As a result of this analysis the scheme of distribution of mean thicknesses of the Carboniferous and Devonian formations (Fig. 1) has been prepared, and furthermore, the boundaries of density contrasts depended on localization of the picture (Table 1) have been fixed. After analyzing the correlation results one may determine dependently on localization the proportion of each geologic formation during the period of shaping the local gravimetric field.

The analysis carried out this way may prove that the interpretation of the existing picture showing local anomalies can be conducted only together with the analysis of the results of seismic examinations supplying direct information on geological structure of the area prospected. However, the correlation of the results of seismic and gravimetric examinations is not able to provide much new information completing seismic data on the structure of sedimentary cover extending across the area of Lublin vicinity.