

METODY BADAŃ GEOFIZYCZNYCH ZAKRYTYCH OBSZARÓW NA PRZYKŁADZIE PÓLNOCNO-WSCHODNIEJ POLSKI

Obszary północno-wschodniej Polski leżą w granicach zachodniej części Płyty Rosyjskiej. Metody badań geofizycznych zastosowanych tu między innymi do wydzielenia głównych elementów tektonicznych obszaru mogą być zatem w pewnym zakresie typowe dla obszarów płytowych o podobnej budowie geologicznej. Oczywiście prace geofizyczne nie ograniczą się i nie ograniczają w swoim zastosowaniu wyłącznie do wskazanego celu. Ich zastosowanie jest o wiele szersze i w przypadku omawianego obszaru służą one ponadto do rozpoznania i śledzenia struktur zarówno w podłożu krystalicznym, jak i w pokrywie skał osadowych.

Wyróżniająca się sytuacja geologiczna Polski północno-wschodniej polega na tym, iż dla obszarów o płytkim zaleganiu podłoża krystalicznego prekambryjskiego istnieją szanse ewentualnego odnalezienia

złóż rud związanych z podłożem, zaś dla obszarów zapadlisk podłoża prekambryjskiego istnieją wyraźne szanse odnalezienia złóż ropy i gazu. To właśnie spowodowało, iż Instytut Geologiczny wykorzystał tu prace geofizyczne przede wszystkim do wydzielenia głównych jednostek tektonicznych.

Trzeba jednakże podkreślić, iż badania regionalne geofizyczne prowadzone przez Instytut Geologiczny lub na jego zlecenie były zastosowane do obszarów całego kraju, w tym również i do obszarów północno-wschodniej Polski. W ich kompleks wchodziły zarówno naziemne badania magnetyczne (składowa Z), jak i badania grawimetryczne.

Należy również podnieść, iż przy zdjęciach regionalnych magnetycznym i grawimetrycznym nie trzymano się w sposób szablonowy jednolitej gęstości punktów pomiarowych. Dla obszarów o bardziej

urozmaiconym polu magnetycznym i grawitacyjnym stosowano dużo większą gęstość punktów pomiarowych. Dla północno-wschodniej Polski ilość punktów na 1000 km² zdjęcia regionalnego magnetycznego dochodziła do 500, a dla zdjęcia grawimetrycznego do około 350.

W efekcie dokonanych prac zostały opracowane mapy anomalii składowej pionowej i anomalii Bouguera w skali 1:300 000. Treść tych map przedstawiono również w zmniejszeniu w skali 1:1 000 000.

Prócz zdjęć regionalnych magnetycznych, w miarę uzyskiwania obrazu bardziej charakterystycznych anomalii wykonywano także zdjęcia półszczegółowe i profilowe dla obszarów tych anomalii, tak zaplanowane na tle zdjęcia regionalnego, by móc bardziej dokładnie obliczać głębokości ciał zaburzających.

Na podstawie opracowanych materiałów kartograficznych magnetycznych stwierdzono, iż ilość anomalii magnetycznych o stosunkowo „typowym” kształcie była dla obszarów północno-wschodniej Polski dość duża, co pozwalało dokonywać szacunku głębokości ciał zaburzających dla stosunkowo dużej ilości punktów, chociaż niestety nie zawsze równomiernie kryjących cały obszar. Ponadto obraz magnetyczny dla północno-wschodniej Polski był tak specyficzny, iż już we wstępnym okresie badań pola magnetycznego kraju można było wydzielić w obrazie kraju dwa główne obszary — obszar magnetycznie nie zaburzony i obszar magnetycznie zaburzony, do którego zaliczała się cała północno-wschodnia Polska.

Przedstawione tu cechy obrazu magnetycznego, w połączeniu również z wyraźnym zróżnicowaniem obrazu grawimetrycznego dla północno-wschodniej Polski, pozwalały dokonać pierwszych prób wstępnej interpretacji ustalając pewne korelacje obu obrazów. Jednakże należy to wyraźnie stwierdzić, pierwsze próby interpretacji samych materiałów magnetycznych w nawiązaniu do materiałów grawimetrycznych dały wyniki raczej mało zadowalające w świetle dzisiejszego rozpoznania tej części kraju.

Powodem tego była z jednej strony niewielka ilość wieńców oporowych dla północno-wschodniej Polski, które mogły być reperami dla interpretacji, z drugiej zaś strony duża dowolność interpretacyjna wynikająca z nierównomiernego pokrycia obszaru anomaliami magnetycznymi, dla których można było szacować głębokości ciał zaburzających. Do tego opierano się w pierwszych próbach interpretacji na zbyt optymistycznym szacowaniu dokładności tych ostatnich danych, których dokładność może być określona najwyższą na $\pm 50\%$, a w niektórych przypadkach jest jeszcze niższa.

Do niedociągnięć interpretacji dla pierwszych prób zaliczyć należy pogląd, iż ciała zaburzające powodujące anomalie magnetyczne wiążą się niemal wyłącznie z podłożem krystalicznym prekambryjskim.

Dalsze próby interpretacji w pełniejszy sposób wykorzystywały już nie tylko obraz magnetyczny i grawimetryczny, ale i początkowo nieliczne dane sejsmiczne refrakcyjne w nawiązaniu do nielicznych wieńców oporowych.

Przyjęto wtedy, iż anomalie magnetyczne mogą być powodowane nie tylko przez ciała zaburzające znajdujące się w podłożu krystalicznym prekambryjskim, ale również przez skały wulkaniczne związane z utworami domniemanego dolnego kambru, i to dla stosunkowo dużych obszarów. Te wnioski zostały potwierdzone później przez wyniki paru wieńców. Prawdopodobieństwo wystąpienia skał wulkanicznych młodszych, zawartych w pokrywie osadowej, jest niewielkie i można je zresztą ograniczyć do określonych obszarów.

W każdym jednak razie okazało się dla ogromnej części obszaru północno-wschodniej Polski, iż badania sejsmiczne refrakcyjne są w stanie śledzić w sposób stosunkowo pewny horyzont o prędkości granicznej ok. 6 km/sek., który związany jest również albo z podłożem krystalicznym prekambryjskim,

albo ze stropem skał wulkanicznych związanych z utworami domniemanego dolnego kambru. Być może, iż część tych utworów zostanie zaliczona do eokambru. Tak więc została wykazana celowość szerszego stosowania prac refrakcyjnych, jako prac dostarczających danych głębokościowych o wiele bardziej dokładnych, niż dawały je dotychczas badania magnetyczne. Badania refrakcyjne wydzielają ponadto dla niektórych obszarów występowania solonośnego cechsztynu również i horyzont solonośny. Te ostatnie wyniki stwarzają dodatkową możliwość dla tego rodzaju badań już w obrębie młodziej pokrywy skał osadowych. (Lokalnie zresztą wydzielają można i inne horyzonty refrakcyjne). Nie mówię tu oczywiście o stosowaniu badań refleksyjnych, które dla naszych obszarów dobrze śledzą struktury w skałach osadowego nadkładu. Dla możliwie szybkiego uzyskania informacji sejsmicznych o głębokości zalegania wspomnianego horyzontu refrakcyjnego związanego z podłożem krystalicznym prekambryjskim lub stropem skał wulkanicznych kambryjskich lub eokambryjskich dla możliwie dużych obszarów północno-wschodniej Polski zastosowano tu siatkę rozrzuconych dość równomiernie (co 30—40 km) pojedynczych sondowań sejsmicznych. Prace te prowadzone na zlecenie i pod nadzorem Instytutu Geologicznego rozwijają się planowo. Należy tu podnieść, iż do połowy 1960 r. nie schodzono głębiej z pewniejszymi wynikami refrakcyjnymi niż do głębokości 2—2,5 km.

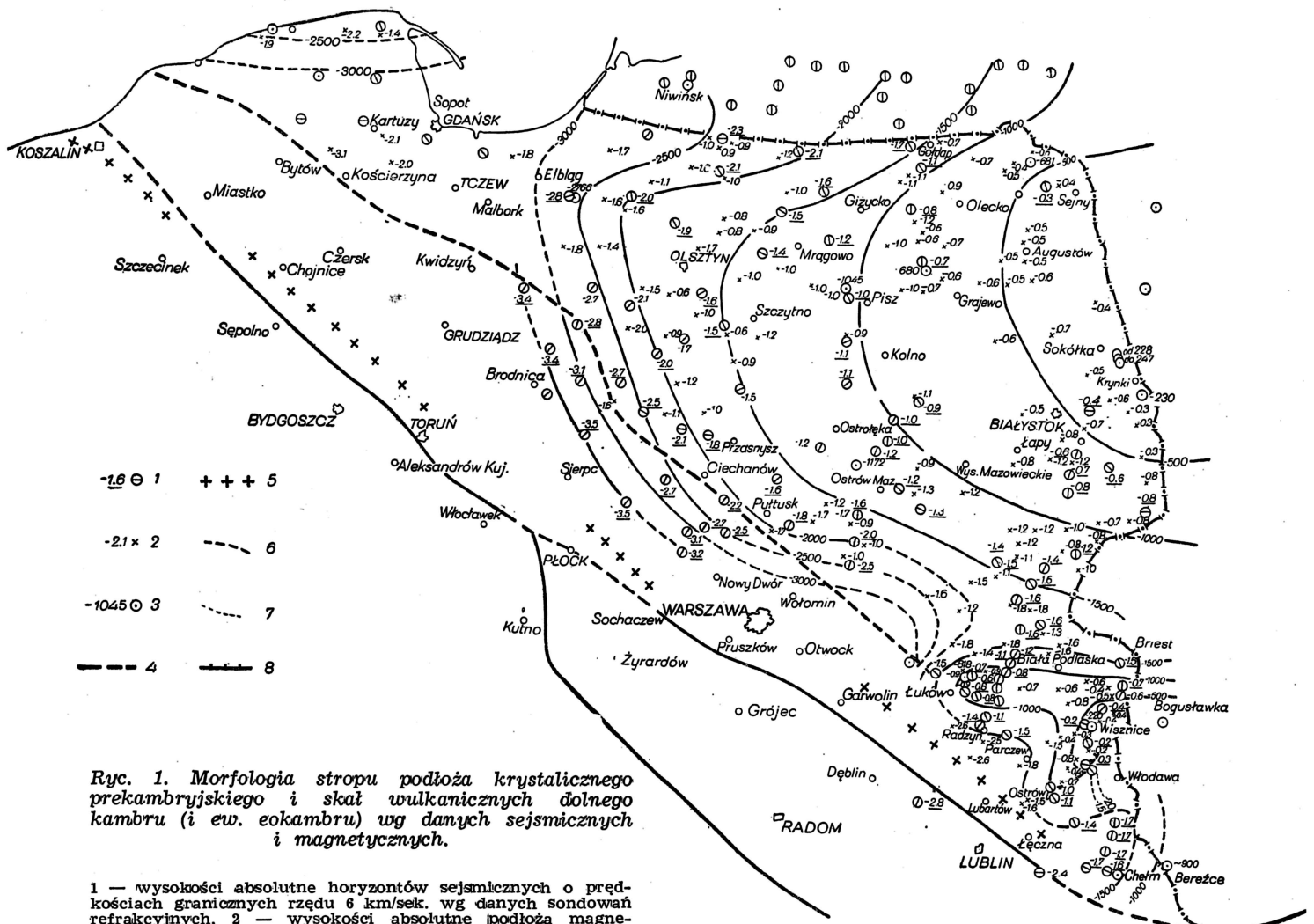
Dopiero ostatnio udało się nieco zwiększyć pewność i głębokość badań do 3—3,5 km zwłaszcza przez zastosowanie geofonów o niskiej częstotliwości. Sądzimy, iż dalsze zwiększenie głębokości nastąpi w czasie najbliższym. W każdym jednak razie do ostatniego czasu badania sejsmiczne dostarczały stosunkowo pewnych danych ilościowych głównie dla płyczej położonej części podłoża krystalicznego prekambryjskiego.

Dla części, gdzie podłoże zalega głębiej, danych co do tektoniki dostarczyć musiały regionalne dane magnetyczne i dane grawimetryczne. Są to jednak już dane mniej obiektywne, nie jednoznaczne w takim stopniu jak dane sejsmiczne. Jak zaznaczono, w najbliższym czasie i dla tych obszarów będziemy usiłowali uzyskać dane refrakcyjne i najprawdopodobniej je uzyskamy.

Jak widać z powyższego, mimo iż zarówno dane magnetyczne, jak i dane głębokościowe sejsmiczne refrakcyjne dotyczyć mogą zarówno stropu podłoża krystalicznego prekambryjskiego, jak i stropu skał wulkanicznych dolnego kambru ewentualnie eokambru, na podstawie tych materiałów możliwe jest dokonanie podziału północno-wschodniej Polski na główne jednostki tektoniczne.

Przedstawimy tu jedną z ostatnich prób geologicznej interpretacji geofizycznych materiałów dla północno-wschodniej Polski dokonaną pod kątem wydzielenia głównych jednostek tektonicznych. Przedstawiana mapa morfologii stropu podłoża krystalicznego prekambryjskiego i skał wulkanicznych dolnego kambru (ew. i eokambru) ryc. 1 — nie przedstawia jak wspomniano jednolitego pokrycia obszarów datami głębokościowymi, mimo iż naniesiono na nią i sondowania refrakcyjne wykonane już w 1960 r.

Obszary położone na SW od linii Słupsk-Kościerzyna-Ciechanów-Luków nie są scharakteryzowane w naszym stopniu datami z pomiarów refrakcyjnych. Obszary te na podstawie materiałów magnetycznych zostały zaliczone do „strefy brzeżnej” Płyty Rosyjskiej, dla których głębokość zalegania stropu skał krystalicznych jest stosunkowo duża (co najmniej kilka km). Obszar ten w obrazie magnetycznym cechuje się występowaniem olbrzymiego zespołu anomalii magnetycznych nie rozczłonkowanego na pojedyncze „lokalne” anomalie. Geneza wspomnianego zespołu anomalii tłumaczona tu była jako odwzorowanie starych olbrzymich mas wylewów wulkanicznych, związanych z istnieniem wielkich rozłamów podłoża.



Ryc. 1. Morfologia stropu podłoża krystalicznego prekambryjskiego i skał wulkanicznych dolnego kambru (i ew. eokambru) wg danych sejsmicznych i magnetycznych.

1 — wysokości absolutne horyzontów sejsmicznych o prędkościach granicznych rzędu 6 km/sec. wg danych sondowań refrakcyjnych, 2 — wysokości absolutne podłoża magnetycznie czynnego wg szacunku z danych magnetycznych, 3 — wysokości absolutne stropu skał podłoża krystalicznego prekambryjskiego i skał wulkanicznych dolnego kambru wg wierceń, 4 — ważniejsze linie tektoniczne, przebieg możliwy i prawdopodobny, 5 — struktury o charakterze antyklin, 6 — izochipsy horyzontu sejsmicznego o V_{gr} rzędu 6 km/sec. związane ze stropem skał podłoża krystalicznego prekambryjskiego lub skał wulkanicznych dolnego kambru, przebieg przypuszczalny i prawdopodobny, 7 — izochipsy tegoż horyzontu, przebieg alternatywny, 8 — strefa lokalnego zaniku śledzonego horyzontu sejsmicznego.
Stan opracowania: listopad 1960 r.

Fig. 1. Morphology of the top of pre-Cambrian crystalline substratum and volcanic rocks of Lower Cambrian (and ev. Eocambrian) on the basis of seismic and magnetic data.

1 — absolute heights of seismic horizons of terminal velocities of 6 km/sec order on the basis of refraction shootings, 2 — absolute heights of the magnetically active substratum on the basis of magnetic data estimation, 3 — absolute heights of the top of pre-Cambrian crystalline substratum rocks and volcanic rocks of Lower Cambrian on the basis of drillings, 4 — more important tectonic lines; possible and probable trends, 5 — structures of anticlinal character, 6 — isohypses of seismic horizon of V_{gr} of 6 km/sec order being connected with the top of pre-Cambrian crystalline substratum rocks or volcanic rocks of Lower Cambrian; supposed and probable trends, 7 — isohypses of that horizon; alternative trend, 8 — zone of local disappearance of seismic horizon investigated.
State of elaboration — November 1960

W strefie tej (stanowiącej część „strefy brzeżnej” płyty) na podstawie materiałów magnetycznych wydzieleno dwa stopnie. Podkreślić należy, iż na podstawie materiałów grawitometrycznych można było zaobserwować 2 wielkie struktury antyklinalne (Chojnic i Kocka) rozciągające się równolegle do jednej z krawędzi „wyższego” stopnia. Regionalne pomiary

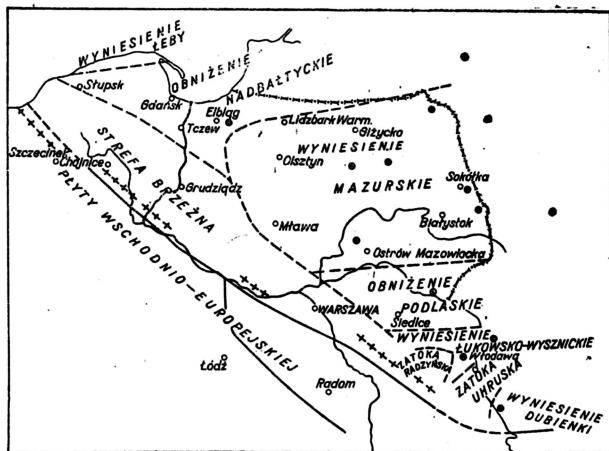
sejsmiczne (a następnie powierzchniowe) odnalazły również w rejonie Wyzogrodu mniejsze co do amplitudy struktury antyklinalne, o takim samym kierunku. Struktury te w skałach osadowych, chociaż różne co do wieku, pokreślają możliwość istnienia tu starych rozłamów tektonicznych, odnawianych w różnych czasach.

Mimo iż omawiana tu mapa dotyczy morfologii horyzontu nie w pełni jednoznacznie geologicznie określonego (jednoznacznie określony jest on jedynie w pobliżu wierceń oporowych) pozwala ona na narysowanie przedstawianego również schematu tektonicznego dla podłoża krystalicznego północno-wschodniej Polski (ryc. 2).

Schemat ten będzie oczywiście w dalszym ciągu detalizowany, głównie przez prowadzenie dalszych prac sejsmicznych. Dla omawianych obszarów o nieco większych głębokościach zalegania podłoża krystalicznego prowadzone są profile refleksyjne o charakterze jeszcze regionalnym; uzupełniane sondowaniami refrakcyjnymi, zaś dla obszarów o mniejszej głębokości zalegania podłoża krystalicznego same prace refrakcyjne.

Nie mogąc omawiać w szczegółach wyników przedstawionych na obu mapach, zwrócę tylko uwagę, iż otrzymane w trakcie regionalnego rozpoznania

nia głównych jednostek tektonicznych wyniki refrakcyjne zwróciły naszą uwagę na szereg „lokalnych” komplikacji tektonicznych, które muszą być w dalszym ciągu wyjaśnione pracami bardziej szczegółowymi. Wyniki tych prac służyć oczywiście będą lepszemu naświetleniu budowy poszczególnych wydzielonych jednostek tektonicznych i ich wzajemnych związków.



Ryc. 2. Schemat tektoniczny podłoża krystalicznego prekambryjskiego półn.-wsch. Polski

Fig. 2. Tectonic scheme of pre-Cambrian crystalline substratum of north-eastern Poland.

Zastosowanie prac geofizycznych w północno-wschodniej Polsce nie ogranicza się, jak wspomniano, tylko do omówionego tu celu wydzielenia głównych elementów tektonicznych. W obszarach o bardziej miększej pokrywie skał osadowych dla poszukiwania bardziej lokalnych struktur typu np. antyklin i fleksur, poza zdjęciami grawimetrycznymi i magnetycznymi stosuje się badania refleksyjne. Są one prowadzone początkowo jako profile o charakterze regionalnym, zaś odkryte szczegóły budowy opracowywane są badaniami powierzchniowymi. Często zresztą prace sejsmiczne powierzchniowe planowane są na podstawie samych danych grawimetrycznych. W obszarach o mniejszej miąższości pokrywy skał osadowych zalegających na podłożu krystalicznym wykorzystywane są zdjęcia magnetyczne i grawimetryczne. Pozwalają one np. dość dokładnie lokalizować przebieg zon starego metamorfizmu w obrębie podłoża krystalicznego. Zony te mogą okazać się perspektywne w związku z możliwością występowania rud. Pierwszego rozpoznania budowy petrograficznej dwu zon mogących okazać się perspektywnymi przy użyciu wierceń usytuowanych w profilach przecinających te zony — dokonuje się również z wykorzystaniem prac geofizycznych. Przy lokalizacji wierceń na profilach badawczych i interpretacji ich wyników wykorzystuje się szczególnie badania magnetyczne i grawimetryczne profilowe.

Te ostatnie wykonywane są precyzyjnym grawimetrem o dokładności $\pm 0,03$ mgł. Sądzymy, że w przypadku stwierdzenia tu możliwości rudnych prace te w połączeniu z pracami sejsmicznymi refrakcyjnymi oraz innymi pracami geofizycznymi mogą oddać dalsze usługi poprzez lokalizację stref bliżej określonych geologicznie i geofizycznie.

Oczywiście kompleks zastosowanych w przyszłości metod musi być dostosowywany do właściwych głębokości. Najmniejsze głębokości (350—400 m) spodziewane są tu dla obszarów nadgranicznych, na wschód od Białegostoku.

Jak wykazuje dokonany krótki przegląd stosowanych metod prac geofizycznych dla obszarów północno-wschodniej Polski, ich efektywność była dotychczas stosunkowo wysoka.

SUMMARY

Author discusses the methods of geophysical investigations used for detachment of the general tectonic elements in the north-eastern area of Poland.

Along with the materials available, for this purpose the regional magnetic and gravimetric surveys were used at first and in the last years the results of seismic works were applied.

Only the magnetic surveys yielded numerous interpretation data as in respect of depth as of pre-Cambrian crystalline substratum as well as of Lower Cambrian (ev. Eocambrian). The interpretation of data was facilitated by the comparison of these with a gravimetrical illustration. However, the first trials of presentation of old crystalline substratum morphology were little satisfactory; during the next tests already the seismic and refraction data were used.

Author presents a morphological map of the refraction horizon said, elaborated by himself in 1960. For the areas, where such investigations were not carried out, he gives his own earlier (1958) tectonical and depth interpretation.

Besides the area well characterized by numerous refraction shootings, mainly for the region of shallow refraction horizon mentioned above, author discusses also the division of marginal zone of platform and characterizes the genesis of magnetic anomalies in this zone as well as the connections of deep old tectonic breaks with the anticlinal type structures of different age of Chojnice, Kock and of the Wyszogród region.

Although the map presented concerns the morphology of the horizon not altogether equally determined in geological sense, it allows however, to plot the tectonical scheme of the pre-Cambrian crystalline substratum of north-eastern Poland.

РЕЗЮМЕ

Автор описывает методику геофизических работ, примененных с целью выделения основных тектонических элементов северо-восточной Польши.

Для этой цели, по мере накопления материалов, применялись вначале региональная магнитометрическая и гравиметрическая съемки, а в последние годы и сейсмические работы. Много интерпретационных данных относительно глубины залегания докембрийского кристаллического основания или же вулканических пород нижнего кембрия (возможно эокембрия) доставила сама магнитометрическая съемка. Ее интерпретация была облегчена возможностью сопоставления с гравиметрическими данными. Однако, первые попытки отражения морфологии древнего кристаллического основания привели к мало удовлетворительным результатам. В дальнейшем использовались также данные по методу преломленных волн.

В статье помещена, составленная автором в 1960 г., карта морфологии упомянутого преломляющего горизонта. Для районов, где такие исследования не проводились, автор приводит более раннюю (1958) собственную тектоническую и глубинную интерпретацию.

Кроме района, хорошо охарактеризованного большим количеством зондирований методом преломленных волн, на участке неглубокого залегания описываемого преломляющего горизонта, автор поместил подразделение краевой зоны щита. Характеризует он также происхождение магнитных аномалий в этой зоне и связь глубоких древних тектонических разломов с разновозрастными структурами антиклинального типа районов Хойниц, Коцка и Вышогрода.

Несмотря на то, что прилагаемая карта касается морфологии горизонта не вполне однозначно геологически определенно, она позволяет нарисовать тектоническую схему докембрийского кристаллического основания северо-восточной Польши.