

ANALIZA CZASÓW PIONOWYCH W OTWORACH WSCHODNIEJ CZĘŚCI SYNKLINORIUM BRZEŻNEGO

UKD 550.834:622.241:551.762+551.763:551.763:551.735+551.78:551.243.31(438.14)

Obszar synklinorium brzeżnego od kilku lat stanowi miejsce intensywnej badań sejsmicznych. Szczególnie we wschodniej jego części, na terenie Lubelszczyzny wykonano dużą ilość prac sejsmicznych, które ogromnie powiększyły wiedzę o budowie geologicznej danego rejonu. Pracami sejsmicznymi prześledzono strop i spąg jury na znacznych obszarach oraz wykryto i okonturowano sporą ilość struktur paleozoicznych, głównie karbońskich.

Właściwa interpretacja otrzymanych materiałów sejsmicznych wymaga dobrego rozpoznania stosunków prędkościowych w nakładzie horyzontów odbijających, które otrzymuje się głównie z profilowania sejsmicznego głębokich odwiertów. Stosunkowo mała ilość otworów wiertniczych z wykonanym karotażem sejsmicznym na terenie synklinorium brzeżnego nie dostarcza odpowiednich informacji o rozkładzie prędkości na tym obszarze i nie pozwala na sporządzenie rozwiniętych wykresów a tym bardziej map prędkościowych. Przyjmowanie danych z profilowania sejsmicznego jednego otworu dla dość znacznych obszarów otaczających (stosowane obecnie) jest pewnym uproszczeniem w interpretacji materiałów sejsmicznych, lecz z góry zakłada popełnianie znacznych błędów w interpretacji głębokościowej a często i strukturalnej. Dlatego określenie zależności między prędkością a głębokością w poszczególnych okresach geologicznych pozwoliłoby na posługiwanie się przy interpretacji materiałów sejsmicznych prędkościami bardziej zbliżonymi do rzeczywistych.

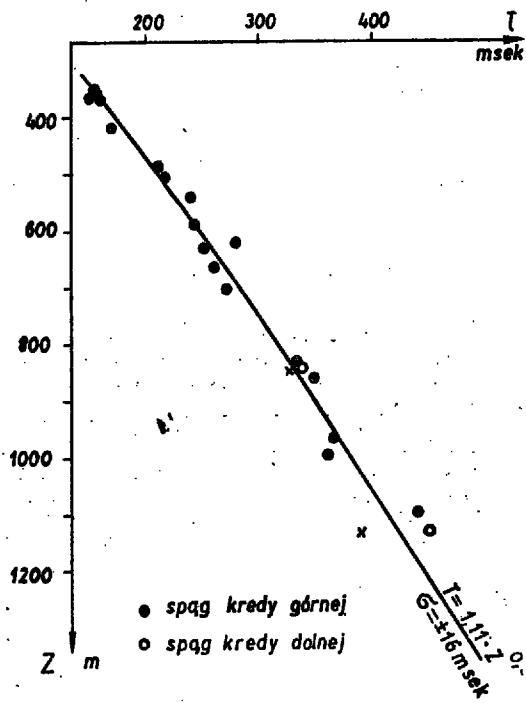
Dokonana analiza czasów pionowych stanowi pewne rozwiązanie zagadnienia prędkości średnich na obszarze wschodniej części synklinorium brzeżnego. Oparta została na metodzie zastosowanej przez Z. Sliwińskiego w pracach nad prędkościami sejsmicznymi w synklinorium łódzko-szczecińskim (2, 4).

Na podstawie wykonanych w ostatnich latach pomiarów prędkości średnich* w odwiertach wschodniej części synklinorium brzeżnego dokonano zestawienia na wykresach całkowitych czasów pionowych $T = f(z)$, mierzonych od powierzchni ziemi (w rzeczywistości od średniego poziomu strzelania) do spągu określonych pięter geologicznych. Gdy pomiary nie sięgały spągu brano czasy odpowiadające maksymalnemu zasięgowi w danym piętrze. W pracy wykorzystano dane karotażu sejsmicznego z 16 otworów na obszarze synklinorium brzeżnego oraz 10 na jego obrzeżeniu. Zasięg głębokościowy w/w pomiarów waha się w granicach od 815 m (otw. Husynne) do 3000 m (otw. Magnuszew). Korzystano z hodografów pionowych odstrzelonych z punktów w odległości 50 m od otworu przeważnie usytuowanych w azyocie linii upadu, co pozwala sprowadzić do minimum wpływ krzywizny promienia sejsmicznego oraz gradientu poziomego.

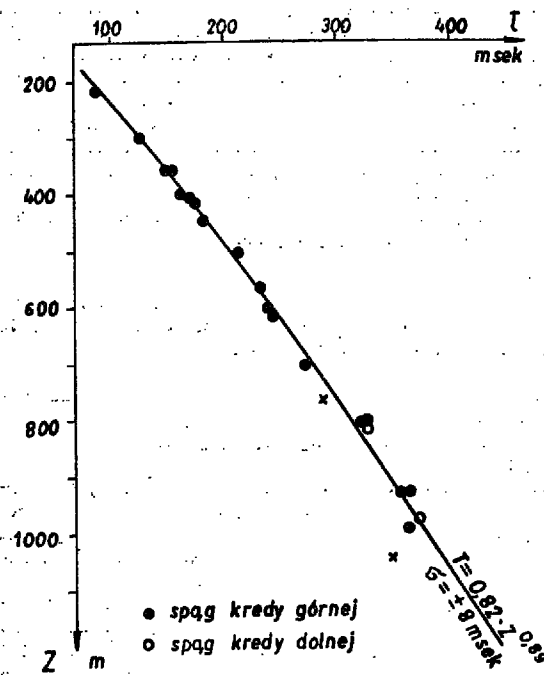
Dokonano zestawienia czasów pionowych dla spągu osadów kredy dolnej i górnej, spągu jury dolnej, środkowej i górnej oraz spągu karbonu. Osady permu i triasu na omawianym obszarze prawie nie występują, natomiast dla utworów starszych od karbonu ilość sprostżeń jest zbyt mała dla sporządzenia wiarygodnych wykresów. Ponieważ osady karbonu nie wszędzie występują bezpośrednio pod jurą lub kredą uznano za celowe dokonanie zestawienia obserwacji czasów pionowych dla stropu karbonu.

Zestawienia czasów pionowych w postaci wykresów są przedstawione na ryc. 1 — 4. Osie czasów wyskalowane są w milisekundach, a osie głębokości w metrach. Ponieważ wartości czasów pionowych w postaci punktów w układzie czas—głębokość ukła-

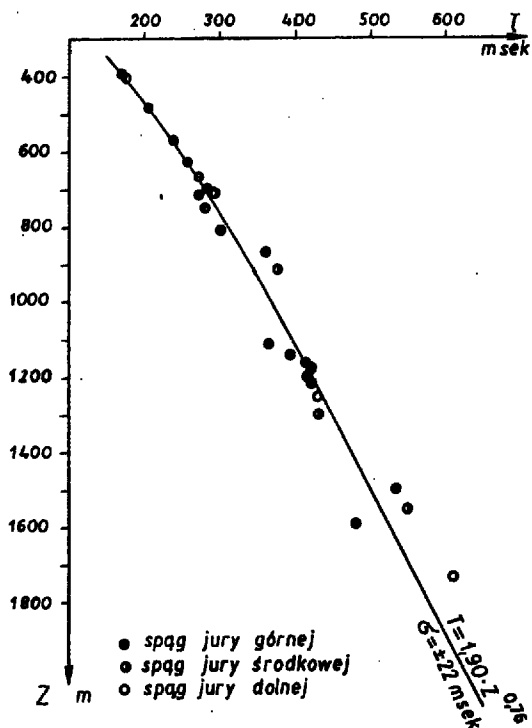
* Przeprowadzone przez Przeds. Posz. Geof. i Przeds. Geof. Przem. Naft. na zlecenie Instytutu Geologicznego.



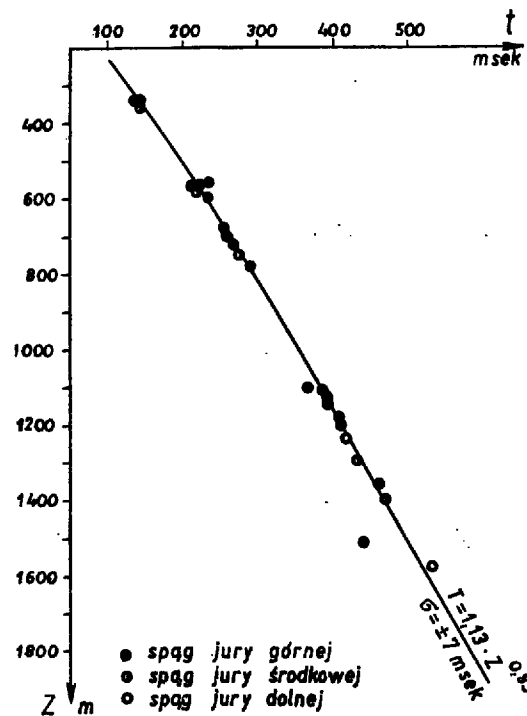
Ryc. 1.



Ryc. 5.



Ryc. 2.



Ryc. 6.

dają się dość regularnie, zostały aproksymowane funkcjami. W celu doboru odpowiednich wzorów empirycznych posłużono się metodą przeciętnych (2, 4). Równania warunkowe $\lg T_i = a + b \lg Z_i$ rozdzielono według posiadanych par wartości (Z_i, T_i) na dwie równe części zgodnie ze wzrastaniem wartości Z_i . Po dokonaniu dzielenia równań stronami w każdej grupie otrzymano nowe równania, z których obliczono parametry a i b . Błąd średni obliczono według wzoru:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta T)^2}{n-2}}$$

gdzie n — ilość pomiarów.

Powierzchnia ziemi — spąg osadów. Ryc. 1 przedstawia wykres czasów pionowych od powierzchni ziemi do spągu kredy górnej i dolnej. Punkty tworzą jeden pas rozrzutu a równanie funkcji aproksymującej wynosi $T = 1,11 \cdot Z^{0,85}$ (msek). Błąd średni $\sigma = \pm 16$ msek. Największe odchylenie od linii uśredniającej posiada sprostnienie z odwiertu Dyle (zaznaczone na wykresie krzyżykiem). Ponieważ w chwili obecnej nie ma pewności co do wieku występujących na głębokości od 850 m do 1135 m wapieni (zaliczane są przeważnie do kredy, ale często również do jury górnej), granica między kredą a jurą jest niepewna i w związku z tym dane z otworu Dyle nie były brane pod uwagę przy uśrednianiu. Na ryc. 1 naniesione są obie możliwości, przy czym pierwsza z nich (1135 m) ma znacznie większe odchylenie od krzywej empirycznej.

Na ryc. 2. naniesione są czasy pionowe od powierzchni ziemi do spągu jury górnej, środkowej i dolnej. Sprostnienia układają się w jeden pas rozrzutu, a rozmieszczenie punktów wszystkich grup jest podobne. Nie ma między nimi większego zróżnicowania i nie zachodzi konieczność rozpatrywania każdej grupy osobno. Równanie funkcji aproksymującej wynosi $T = 1,90 \cdot Z^{0,76}$ (msek), a błąd średni jest większy niż dla kredy i wynosi ± 22 msek.

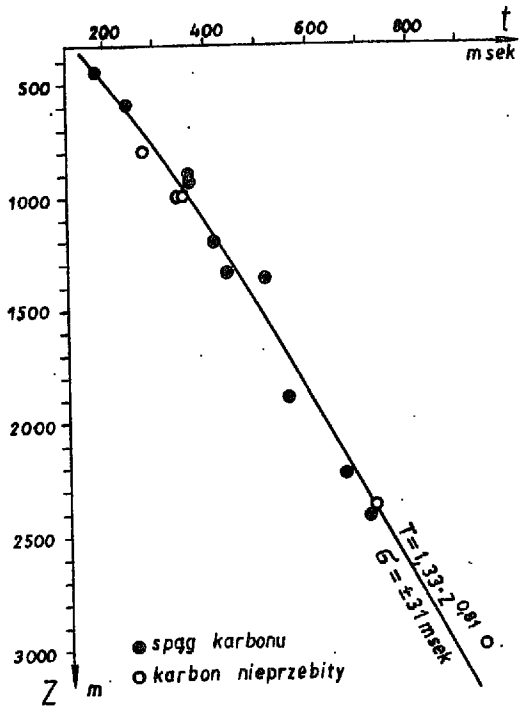
Wykres czasów pionowych od powierzchni ziemi do spągu karbonu przedstawia ryc. 3. W tym przypadku pomiary prędkości średnich nie zawsze sięgały

do spągu, brano więc czasy odpowiadające maksymalnemu zasięgowi w osadach karbońskich. Rozrzut punktów jest największy. Krzywa uśredniająca posiada równanie $T = 1,33 \cdot Z^{0,81}$ (msek), błąd średni $\sigma = \pm 31$ msek.

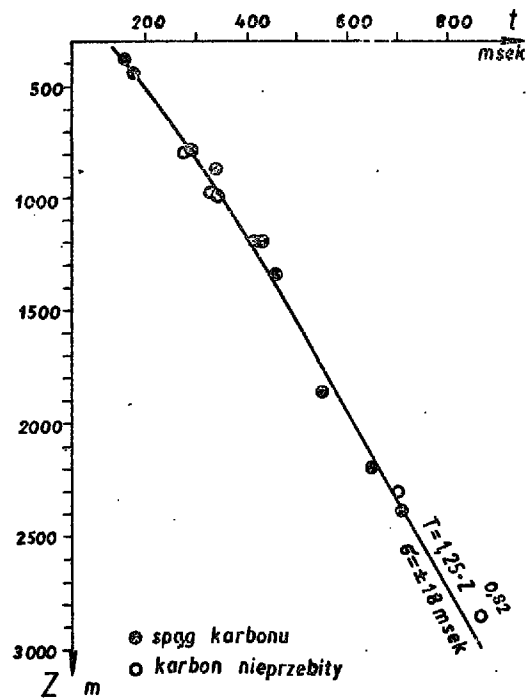
Ryc. 4 obrazuje wykres czasów pionowych od powierzchni ziemi do stropu karbonu. Również w tym przypadku punkty tworzą jeden pas rozrzutu, a funkcja aproksymacyjna posiada równanie $T = 1,07 \cdot Z^{0,85}$ (msek). Jest godne podkreślenia, iż rozrzut sprostnień jest znacznie mniejszy niż na ryc. 3; błąd średni $\sigma = \pm 16$ msek. Jest to o tyle ciekawe, że nadkład nad karbonem jest bardzo zróżnicowany. We wschodniej części obszaru bezpośrednio nad utworami karbonu występują tylko osady kredy, natomiast w części północno-zachodniej osady permu, triasu, jury, kredy, trzeciorzędu i czwartorzędu. Ryc. 4 nie może stanowić podstawy do wyciągania jakichś konkretnych wniosków (mały przedział głębokościowy), lecz w pewnym stopniu może świadczyć o monotoności utworów nadkarbońskich pod względem własności sprężystych, o mniejszym wpływie czynnika litologiczno-stratygraficznego a większym ciśnienia statycznego.

W wyniku analizy rozrzutu czasów pionowych na ryc. 1—4 stwierdzono, że największe odchylenia od krzywych aproksymujących posiadają obserwacje z otworów o największym nadkładzie czwartorzędowym lub trzeciorzędowym (otwory Żebrak i Magnuszew), natomiast najmniejsze — sprostnienia z odwiertów, gdzie kreda występuje bezpośrednio na powierzchni (otwory Tomaszów, Husynne i inne). W związku z tym uznano za celowe skonstruowanie wykresów czasów pionowych, w których za poziom odniesienia przyjęty byłby spąg trzeciorzędu, a w wypadkach braku osadów trzeciorzędowych — spąg czwartorzędu.

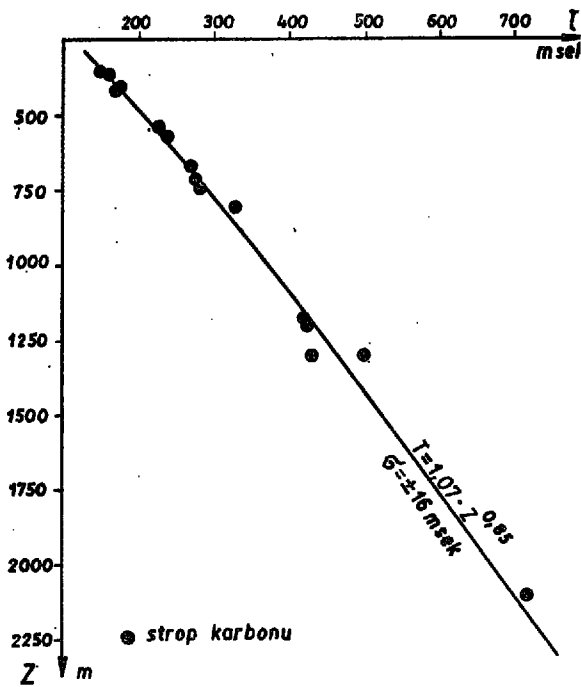
Spąg trzeciorzędu — spąg osadów. Ryc. 5 przedstawia wykres czasów pionowych od spągu trzeciorzędu do spągu utworów kredowych. Rozrzut punktów jest znacznie mniejszy, równanie funkcji aproksymującej uległo zmianie i jest obecnie $T = 0,82 \cdot Z^{0,89}$ (msek). Błąd średni σ zmniejszył się do ± 8 msek.,



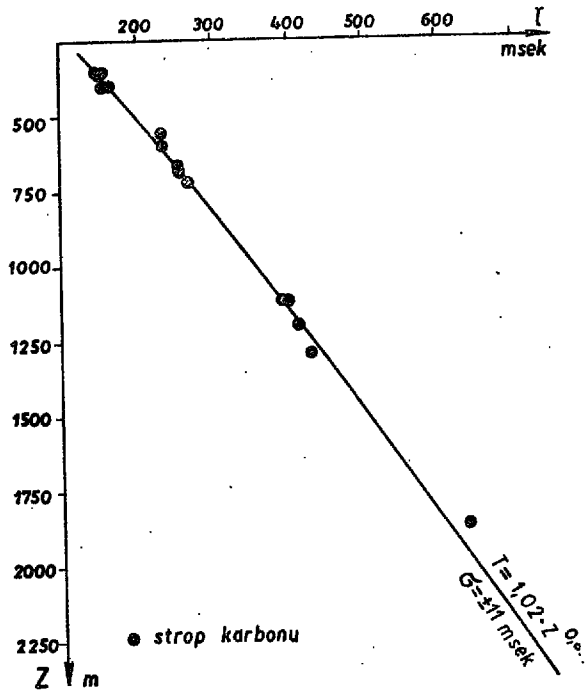
Ryc. 3.



Ryc. 7.



Ryc. 4.



Ryc. 8.

a więc do połowy. Podobnie jak na ryc. 1 wartość czasu pionowego z otworu Dyle nie była brana przy uśrednianiu.

Czasy pionowe od spągu trzeciorzędu do spągu osadów jurajskich przedstawia ryc. 6. Równanie funkcji aproksymującej przyjęto postać $T = 1,13 \cdot Z^{0,83}$ (msek). Punkty są zgrupowane w stosunkowo wąskim pasie rozrzutu a błąd średni σ obniżył się do ± 7 msek., czyli ponad trzykrotnie.

Na ryc. 7 naniesione są czasy pionowe od spągu trzeciorzędu do spągu karbonu. Rozrzut punktów jest dużo mniejszy, błąd średni $\sigma = \pm 18$ msek, a równanie funkcji aproksymującej przybrało postać $T = 1,25 \cdot Z^{0,82}$.

Rozkład czasów pionowych od spągu trzeciorzędu

do stropu karbonu (ryc. 8) nie różni się wiele od rozkładu na ryc. 4. Rozrzut punktów jest wprawdzie znacznie mniejszy (w związku z czym błąd średni zmniejszył się do ± 11 msek.), ale równanie funkcji aproksymującej zmieniło się niewiele: $T = 1,02 \cdot Z^{0,86}$ (msek).

Ogólnie można stwierdzić, że redukcja danych do spągu osadów trzeciorzędu (lub czwartorzędu) korzystnie ograniczyła ich wpływ na wartość czasu pionowego, co spowodowało zgrupowanie punktów w znacznie węższym pasie rozrzutu. Wskazuje to na możliwość redukcji danych sejsmicznych do spągu trzeciorzędu, co powinno zwiększyć dokładność kreślenia przekrojów sejsmicznych.

Wyniki analizy czasów pionowych dostarczyły ważnych informacji o stosunkach prędkościowych panujących we wschodniej i środkowej części synklinorium brzeźnego. Zależności otrzymane dla spągu utworów kredowych i jurajskich po zredukowaniu czasów do spągu trzeciorzędu dostarczyły nowych danych o prędkościach średnich w nadkładzie utworów paleozoicznych i powinny znaleźć praktyczne zastosowanie. Duża dokładność aproksymacji (błąd średni jest dla czasu podwójnego rzędu jednej fazy na sejsmogramie) przemawia za wykorzystaniem tych zależności do interpretacji sejsmicznej.

Zestawienia czasów pionowych dla spągu i stropu karbonu pozwalają zorientować się jakościowo w stosunkach prędkościowych panujących na omawianym obszarze i również z powodzeniem mogą być wykorzystane przy studiowaniu prędkości sejsmicznych.

W celu sprawdzenia możliwości wykorzystania do interpretacji sejsmicznej krzywych otrzymanych na zestawieniach dla kredy i jury zostało wykonane porównanie czasów pionowych uzyskanych na drodze analitycznej i odczytanych bezpośrednio z pomiarów w otworze dla trzech odwiertów. Różnice czasowe tylko w kilku punktach przekroczyły wielkość 1,5 fazy refleksu. Następnie w oparciu o uzyskane zależności empiryczne sporządzono teoretyczne krzywe prędkości średnich dla otworów nie posiadających pomiarów karotażu sejsmicznego.

SUMMARY

The author presents an analysis of vertical times measured in 26 bore holes situated in the south-eastern part of the marginal synclinorium and within its peripheral area. A comparison of vertical times has been made on diagrams, from the earth's surface to the bottoms of Jurassic and Cretaceous deposits, as well as to the bottom and the top of Carboniferous. Curves in a time-depth system have been approximated using functions by selecting adequate empirical formulae of $T = k \cdot Z^n$ type.

Consequently, also a reduction of data has been made down to the bottom of Tertiary deposits.

As a result of the analysis, some dependencies have been ascertained that can be applied practically, as proved by a comparison of vertical times received analytically, with those measured directly in bore hole.

The results of the analysis permit to construct regional cross sections and velocity maps, if time or depth of boundaries of velocity complexes are known. During interpretation of seismic data, this in turn allows to select velocities more adequately.

Materiały uzyskane z analizy czasów pionowych pozwalają z wystarczającą dokładnością sporządzić regionalne przekroje i mapy prędkościowe, gdy znany jest czas lub głębokość zalegania granic kompleksów prędkościowych. Wyniki analizy czasów pionowych w postaci wykresów przedstawionych na ryc. 5, 6, 7 i 8 łącznie z danymi karotażu sejsmicznego były podstawowym materiałem przy sporządzaniu map rozkładu prędkości średnich na obszarze wschodniej części synklinorium brzeźnego.

LITERATURA

1. Praca zbiorowa pod red. Wł. Pożaryskiego — Budowa geologiczna Niżu Polskiego. Warszawa 1962.
2. Sliwiński Z. — Prędkości sejsmiczne w świetle analizy czasów pionowych w odwiertach synklinorium łódzko-szczecińskiego. Prz. geol. 1962, nr 2.
3. Sliwiński Z. — Model prędkościowy zachodniej części obszaru przedśudeckiego. Prz. geol. 1965, nr 7.
4. Sliwiński Z. — Studium prędkości sejsmicznych w synklinorium łódzko-szczecińskim. PAN Prace geol. Warszawa 1965.

РЕЗЮМЕ

В работе представлен анализ вертикальных времён, измеренных в 26 скважинах, расположенных в юго-восточной части Краевого синклинория и по его обрамлению. На графиках сопоставлены вертикальные времена от дневной поверхности до подошвы мела и юры, а также подошвы и кровли карбона. Кривые в системе время — глубина аппроксимировались функциями путем подбора соответствующих эмпирических формул типа $T = k \cdot Z^n$. Затем проведено сокращение данных до подошвы третичной системы.

В результате проведенного анализа были получены зависимости, пригодные для практического использования, что доказано путем сравнения вертикального времени, полученного аналитически, с временем, измеренным непосредственно в скважине.

По данным анализа можно составлять региональные разрезы и карты скоростей, когда известна глубина или время расположения границ скоростных комплексов, что дает возможность более правильного выбора скоростей при использовании сейсмических данных.