

**ANALIZA PORÓWNAWCZA
EFEKTYWNOŚCI TŁUMIENIA FALI POWIERZCHNIOWEJ
ZA POMOCĄ TRANSFORMACJI FALKOWEJ,
TRANSFORMACJI RADONA, FILTRACJI PASMOWEJ
ORAZ FILTRACJI F-K**

**The comparison of the effectiveness of the surface wave attenuation
by means of wavelet transform, Radon transform, bandpass filter
and F-K filter**

Żaneta SZYMAŃSKA-MAŁYSA

*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Katedra Geofizyki; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;
e-mail: zmalysa@geol.agh.edu.pl*

Treść: Celem pracy jest analiza porównawcza efektywności tłumienia fali powierzchniowej za pomocą transformacji falkowej, liniowej transformacji Radona, filtracji pasmowej oraz filtracji F-K. Transformację falkową wykonano w programie do obliczeń matematycznych MATLAB, natomiast transformację Radona, filtrację pasmową oraz filtrację F-K realizowano w systemie przetwarzania danych sejsmicznych ProMAX. Zasadniczą część pracy poświęcono analizie efektywności tłumienia fali powierzchniowej za pomocą transformacji falkowej z uwagi na nowatorski charakter jej wykorzystania w przetwarzaniu danych sejsmicznych. Dane do analizy stanowiły trasy kolekcji wspólnego punktu wzbudzenia (rekordy sejsmiczne) z wykorzystaniem źródeł dynamitowych. Określono wpływ parametrów transformacji falkowej na skuteczność usuwania fali powierzchniowej z obrazu falowego rekordów. Analizę porównawczą przeprowadzono na podstawie obrazów falowych rekordów oraz ich uśrednionych widm amplitudowych.

Słowa kluczowe: geofizyka stosowana, metody sejsmiczne, przetwarzanie, transformacja falkowa, tłumienie fali powierzchniowej

Abstract: The objective of the paper is to present the comparison analysis of the effectiveness of surface wave attenuation using wavelet transform, Radon transform, bandpass filter and F-K filter. Wavelet transform was performed in MATLAB computing environment. Radon transform, bandpass filter and F-K filter were realized in seismic data processing system ProMAX. The basic part of the paper is devoted to the analysis of surface wave attenuation by means of the wavelet transform treated as innovative tool of seismic data processing. In the analysis the common shot point gathers (seismic records) were used for the case of dynamite seismic. The influence of the wavelet transform parameters on the effectiveness of surface wave attenuation from seismic records wave images was defined. The comparison was performed using seismic records wave images and their mean amplitude spectra.

Key words: applied geophysics, seismic methods, processing, wavelet transform, surface wave attenuation

WSTĘP

Transformacja falkowa stanowi obecnie jedno z najpopularniejszych i najbardziej dynamicznie rozwijających się narzędzi analizy sygnałów niestacjonarnych. Dzięki zmiennej rozdzielczości czasowo-częstotliwościowej znalazła bardzo szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach nauki i techniki, m.in. w filtracji, dyskryminacji szumu oraz kompresji sygnału i analizie obrazu (np. Wawrzyniak 2007). W dziedzinie sejsmiki wykorzystywano to narzędzie do tłumienia zakłóceń koherentnych (Deighan & Watts 1997), zwiększenia rozdzielczości danych sejsmicznych (Smith *et al.* 2008), analizy statystycznej danych geofizyki poszukiwawczej (Holschneider *et al.* 2005, Kritski *et al.* 2007) oraz dekompozycji spektralnej w domenie czas-częstotliwość $f-t$ (Chakraborty & Okaya 1995).

Fala powierzchniowa, ze względu na pasmo częstotliwości, które częściowo pokrywa się z falą użyteczną w zakresie niskich częstotliwości, stanowi poważny problem przy przetwarzaniu danych sejsmicznych. Stworzone dotychczas algorytmy tłumienia fali powierzchniowej (filtracja pasmowa, filtracja F-K, liniowa transformacja Radona, transformacja K-L) nie spełniają wymogów sejsmiki, powodując m.in. częściową utratę informacji (składu częstotliwościowego) o falach użytecznych. Zaletą transformacji falkowej w stosunku do powszechnie dziś znanych i stosowanych metod jest wydobycie informacji zarówno z domeny częstotliwości, jak i czasu bez utraty informacji o sygnale użytecznym.

Celem pracy jest analiza porównawcza efektywności tłumienia fali powierzchniowej za pomocą transformacji falkowej, liniowej transformacji Radona, filtracji pasmowej oraz filtracji F-K. Zasadniczą część pracy poświęcono analizie efektywności tłumienia fali powierzchniowej za pomocą transformacji falkowej z uwagi na nowatorski charakter jej wykorzystania w przetwarzaniu danych sejsmicznych. Dane do analizy stanowiły trasy kolekcji wspólnego punktu wzbudzenia (rekordy sejsmiczne), zarejestrowane z wykorzystaniem źródeł dynamitowych. Analizę porównawczą przeprowadzono na podstawie obrazów falowych rekordów oraz ich uśrednionych widm amplitudowych.

PODSTAWY TEORETYCZNE TRANSFORMACJI FALKOWEJ

Analiza falkowa realizuje rozkład sygnału na przesunięte i przeskalowane wersje fali elementarnej (*mother wavelet*). Fala elementarna definiowana jest jako forma falowa o efektywnie ograniczonym czasie trwania oraz wartości średniej równej zero, zlokalizowana w czasie i przestrzeni. Ideą analizy falkowej jest przejście z domeny amplituda-czas do domeny skala-czas (Fig. 1) (Misiti *et al.* 2009).

Zaletą analizy falkowej jest stosowanie okien o zmieniających się rozmiarach. Do uzyskania informacji o niskich częstotliwościach stosuje się szersze okna czasowe. Do jednej z najważniejszych zalet transformacji falkowej należy zdolność wykrywania zjawisk, które są niezauważalne dla innych technik analizy sygnału, takich jak np. wykrywanie punktów nieciągłości sygnału oraz nieciągłości wyższych pochodnych.

Ciągła transformacja falkowa (*Continuous Wavelet Transform, CWT*) jest definiowana jako suma po czasie sygnału $f(t)$ pomnożonego przez przeskalowane i przesunięte wersje funkcji waveletu ψ (np. Kasina 2009).

Wyraża ją zależność:

$$F_W(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

gdzie:

- $F_W(a,b)$ – mapa czas-skala,
- a – skala,
- b – translacja,
- $\Psi_{(a,b)}(t)$ – funkcja bazowa.



Fig. 1. Idea transformacji falkowej – przejście z domeny amplituda czas do domeny skala-czas

Fig. 1. The idea of wavelet transform – transformation from amplitude-time domain to scale-time domain

Wynikiem CWT są współczynniki falkowe, będące funkcją skali i pozycji. Składowe elementarne oryginalnego sygnału uzyskuje się przez pomnożenie każdego współczynnika przez odpowiednio skalowaną i przesuniętą falę elementarną (Fig. 2) (Misiti *et al.* 2009).

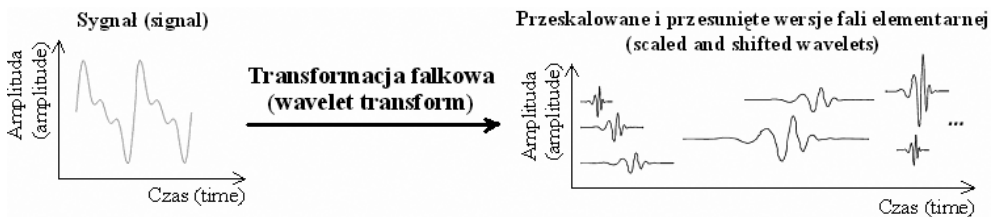


Fig. 2. Wynik analizy falkowej – właściwie przeskalowane i przesunięte fale elementarne

Fig. 2. The result of wavelet analysis – properly scaled and shifted wavelets

Skalowanie fali elementarnej oznacza jej rozciąganie bądź kompresję, a tym samym zmianę jej pasma częstotliwości (Fig. 3) (Misiti *et al.* 2009). Im wyższy współczynnik skalowania a , tym bardziej rozciągnięta w czasie jest fala elementarna i powolne zmiany sygnału są mierzone przez współczynniki waveletu. Niskie skale oznaczają natomiast kompresję fali elementarnej oraz szybko zmieniające się cechy sygnału. Przesunięcie b oznacza opóźnienie fali elementarnej na osi czasu (Fig. 4) (Misiti *et al.* 2009).

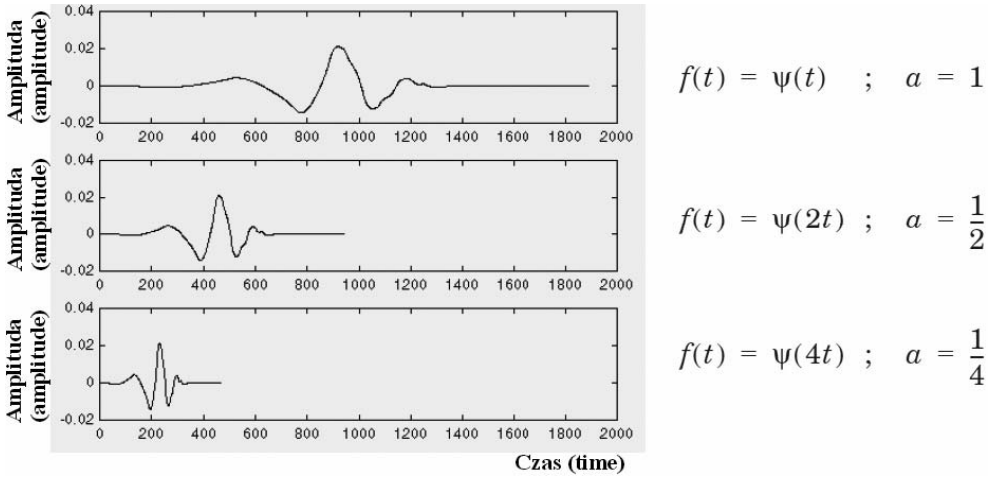


Fig. 3. Idea skalowania fali elementarnej

Fig. 3. The idea of scaling a wavelet

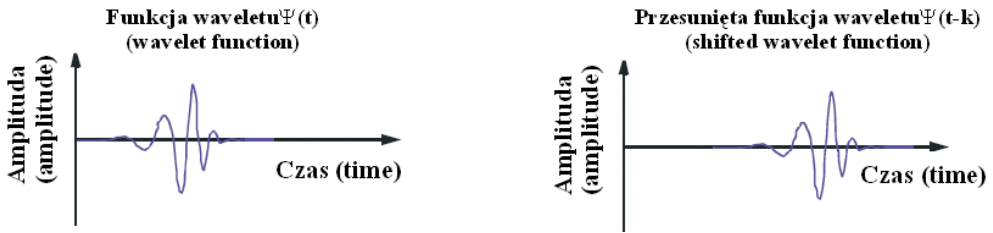


Fig. 4. Idea przesunięcia fali elementarnej

Fig. 4. The idea of shifting a wavelet

Rekonstrukcję funkcji $f(t)$ na podstawie jej transformacji falkowej $F_W(a, b)$ uzyskuje się z relacji (Sinha *et al.* 2005):

$$f(t) = \frac{1}{C_\Psi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) F_W(a, b) \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \frac{da}{a^2} \frac{db}{\sqrt{a}} \quad (2)$$

gdzie C_Ψ – stała dla fali elementarnej.

Rodzina fal elementarnych jest bardzo duża. Należą do nich m.in. fala elementarna Morleta, fale elementarne Daubechies, fale elementarne Coifmana, fale elementarne Meyera, fale elementarne biortogonalne (Kasina 2009).

Obliczanie współczynników waveletu dla każdej możliwej skali stanowi ogromną pracę i generuje dużą ilość danych, ale za to pozwala na analizę subtelnych cech sygnału.

W wielu przypadkach wystarcza **dyskretna transformacja falkowa** (*Discrete Wavelet Transform*, DWT), pozwalająca na zmniejszenie czasu obliczeniowego i ilości generowanych danych. DWT uzyskuje się w wyniku próbkowania parametrów a i b (wzór (1)), otrzymując w ten sposób szereg falkowy. Gdy zmiana skali następuje z potęgą dwójki, mówi się o skalowaniu diadycznym. W praktycznej realizacji tej transformaty nie wykorzystuje się falek, tylko związane z nimi filtry – dolno- i górnoprzepustowy (Mallat 1989). Sygnał jest filtrowany przez połowę pasma filtra dolnoprzepustowego i połowę pasma filtra górnoprzepustowego, a następnie poddany procesowi zmniejszenia częstotliwości próbkowania przez usunięcie co drugiej próbki. Tak przefiltrowany sygnał poddawany jest kolejnej filtracji dolno- i górnoprzepustowej, a proces ten kontynuowany jest do momentu uzyskania pożądanego poziomu dekompozycji (każdy poziom dekompozycji odpowiada kolejnej iteracji j). W wyniku każdej iteracji uzyskuje się składową zwaną detalem D (nie podlega dalszej filtracji) oraz składową A , zwaną aproksymacją analizowanego sygnału. Aproksymacje, będące pewnym przybliżeniem sygnału, oraz detale pozwalają na rekonstrukcję sygnału na dowolnym poziomie dekompozycji j :

$$s = A_j + \sum_j D_j \quad (3)$$

Do niewątpliwych zalet transformacji falkowej należą: zdolność wykonania lokalnej analizy, wykrywanie pewnych zjawisk, które są niezauważalne przez inne techniki analizy sygnału, takich jak np. trendy, punkty nieciągłości oraz nieciągłości wyższych pochodnych. Ponadto technika ta bardzo często pozwala na kompresję sygnału czy usunięcie zakłóceń bez znacznej utraty użytecznej informacji. Słabością CWT jest jednak brak jednolitej rozdzielczości na całej płaszczyźnie czas-częstotliwość z powodu stosowania okien o zmiennych rozmiarach (Kasina 2009). Problem dotyczy pośrednich częstotliwości, dla których rozdzielczość nie jest wystarczająca przy wykorzystaniu CWT.

TRANSFORMACJA FALKOWA W PROGRAMIE MATLAB

Do wykonania dyskretniej transformacji falkowej wykorzystano program do obliczeń matematycznych MATLAB (Matlab 2009). W pierwszym etapie do programu wczytano dane sejsmiczne – rekordy polowe ze wzbudzenia dynamitowego. Rekordy rejestrowane były metodą pokryć wielokrotnych z zastosowaniem rozstawu środkowego 120-kanalowego przy interwale pomiarowym 50 m oraz interwale strzałowym 100 m. Na przykładowym rekordzie sejsmicznym (Fig. 5) fala powierzchniowa jest silna, charakteryzuje się dużym nachyleniem osi fazowych (ma małą prędkość pozorną) i przecina fale odbite jednokrotne oraz wielokrotne. Obszar jej występowania otoczono następnie poligonem, do którego ograniczono wykonanie transformacji falkowej.

Utworzono algorytm, w którym zmiennymi były: rodzaj wykorzystanego waveletu i poziom dekompozycji oraz numery skali wykorzystanych do rekonstrukcji. Program MATLAB oferuje wiele rodzin fal elementarnych, które ze względu na swoją różnorodność dają różne wyniki. Wybór odpowiedniej rodziny jest subiektywny – należy się kierować zasadą, aby kształt fali elementarnej był jak najbardziej zbliżony do oryginalnego sygnału

sejsmicznego. Do porównania wybrano ortonormalną falę elementarną Daubechies rzędu 3 („db3”) oraz falę elementarną Coifmana rzędu 3 („coif3”) (Fig. 6). W przypadku prezentowanych danych sejsmicznych spośród wszystkich rodzin najlepsze dopasowanie uzyskano dla fali elementarnej Daubechies rzędu 3 (Fig. 6B).

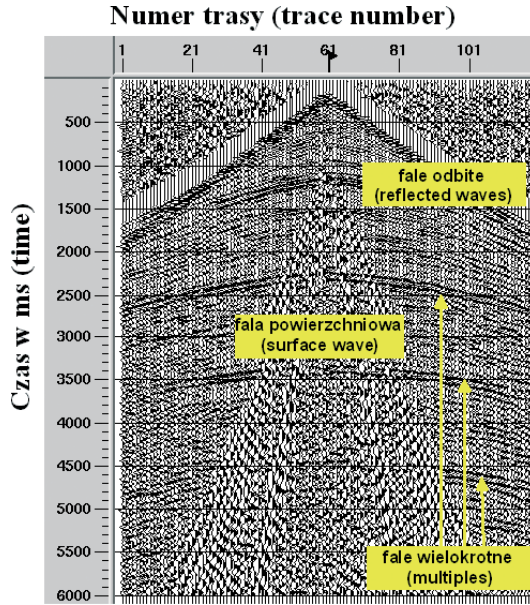


Fig. 5. Typowy rekord sejsmiczny po zastosowaniu procedury TAR (*True Amplitude Recovery*) do usuwania wpływu rozwierania sferycznego

Fig. 5. A typical seismic record after TAR (*True Amplitude Recovery*) application in order to spherical divergence removal

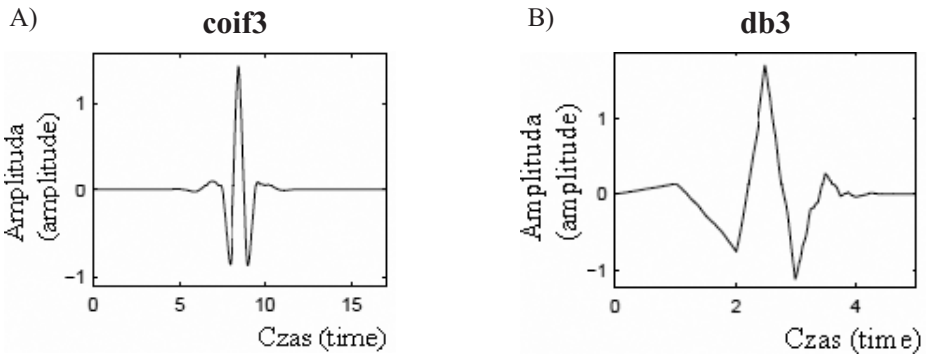


Fig. 6. Fala elementarna Daubechies rzędu 3 (A) i fala elementarna Coifmana rzędu 3 (B)

Fig. 6. Daubechies wavelet (order 3) (A) and Coifman wavelet (order 3) (B)

Do rekonstrukcji użyto różnych zakresów skali. Niskie skale odpowiadają informacji wysokoczęstotliwościowej, natomiast wysokie – informacji niskoczęstotliwościowej. Idea usunięcia fali powierzchniowej polega na usunięciu w procesie rekonstrukcji wybranych zakresów skali w obszarze jej występowania i pozostawieniu reszty rekordu bez zmian.

Na figurze 7 przedstawiono rekord polowy z figury 5 po zastosowaniu transformacji falkowej z wykorzystaniem fal elementarnych z figury 6. W celu wzmocnienia słabszych odbić zastosowano automatyczną regulację wzmocnienia (*Automatic Gain Control, AGC*). Wpływ rozwierzenia sferycznego usunięto za pomocą procedury TAR (*True Amplitude Recovery*). Rekord z zastosowaniem fali elementarnej Daubechies (Fig. 7B) cechuje się dużo lepszą dynamiką odbić i znaczną poprawą ciągłości refleksów w porównaniu do rekordu z zastosowaniem fali elementarnej Coifmana (Fig. 7A). Na podstawie figury 7 można wnioskować, że zastosowanie fali elementarnej Daubechies w procesie rekonstrukcji pozwala na lepsze odwzorowanie rekordu wejściowego.

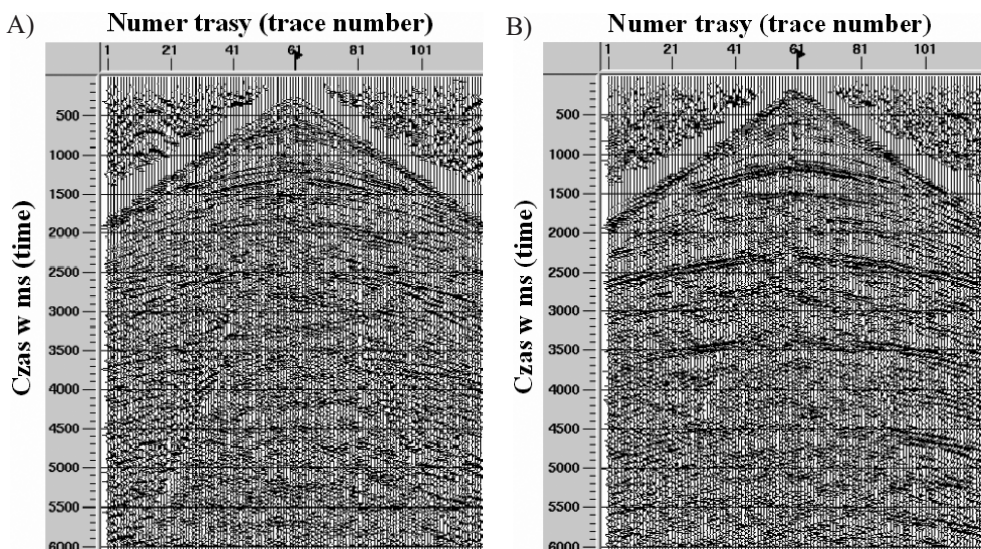
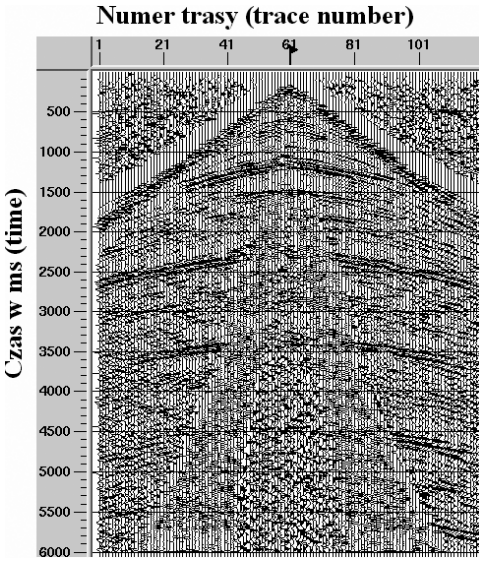


Fig. 7. Rekord z figury 5 po zastosowaniu fali elementarnej Coifmana (A) i Daubechies (B)

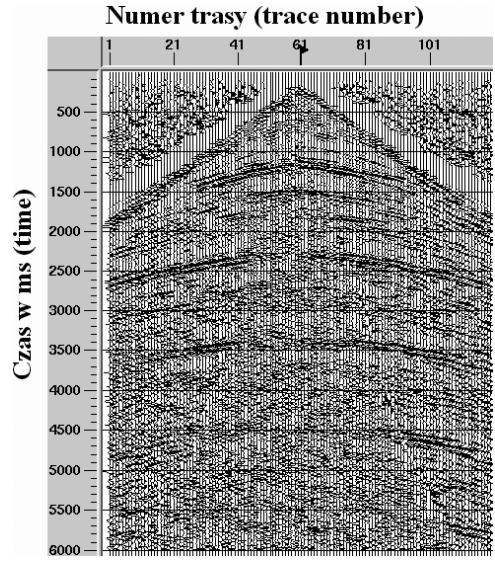
Fig. 7. Record from figure 5 after Coifman wavelet application (A) and Daubechies wavelet application (B)

Na figurze 8 zaprezentowano efekt działania transformacji falkowej z zastosowaniem fali elementarnej Daubechies dla różnych wartości skali wykorzystanych w procesie rekonstrukcji. Usunięcie w procesie rekonstrukcji składowych skali 2 i większych (Fig. 8A) powoduje znaczną utratę informacji o falach użytecznych, polegającą na osłabieniu refleksów jedno- i wielokrotnych. Natomiast usunięcie składowych skali 4 i większych (Fig. 8C) nie zapewnia efektywnego wytłumienia fali powierzchniowej (widoczne pozostałości fali powierzchniowej). Optymalną rekonstrukcję (znaczne osłabienie fali powierzchniowej przy jednoczesnym zachowaniu odbić na rekordzie) uzyskano w przypadku usunięcia składowych skali 3 i większych (Fig. 8B) i ten przykład wykorzystano w dalszym etapie pracy.

A)



B)



C)

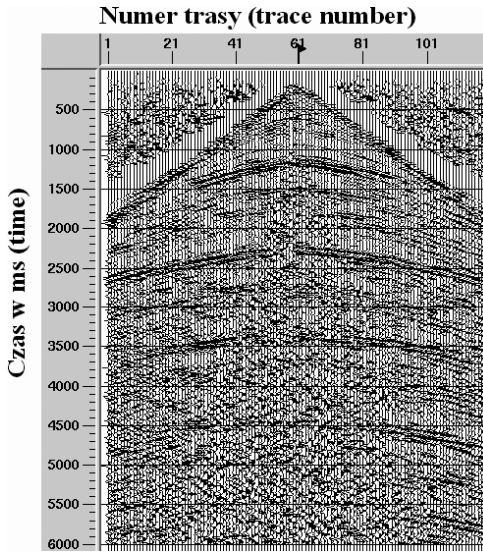


Fig. 8. Rekord z figury 5 po usunięciu składowych skali 2 i większych (A), skali 3 i większych (B) oraz skali 4 i większych (C)

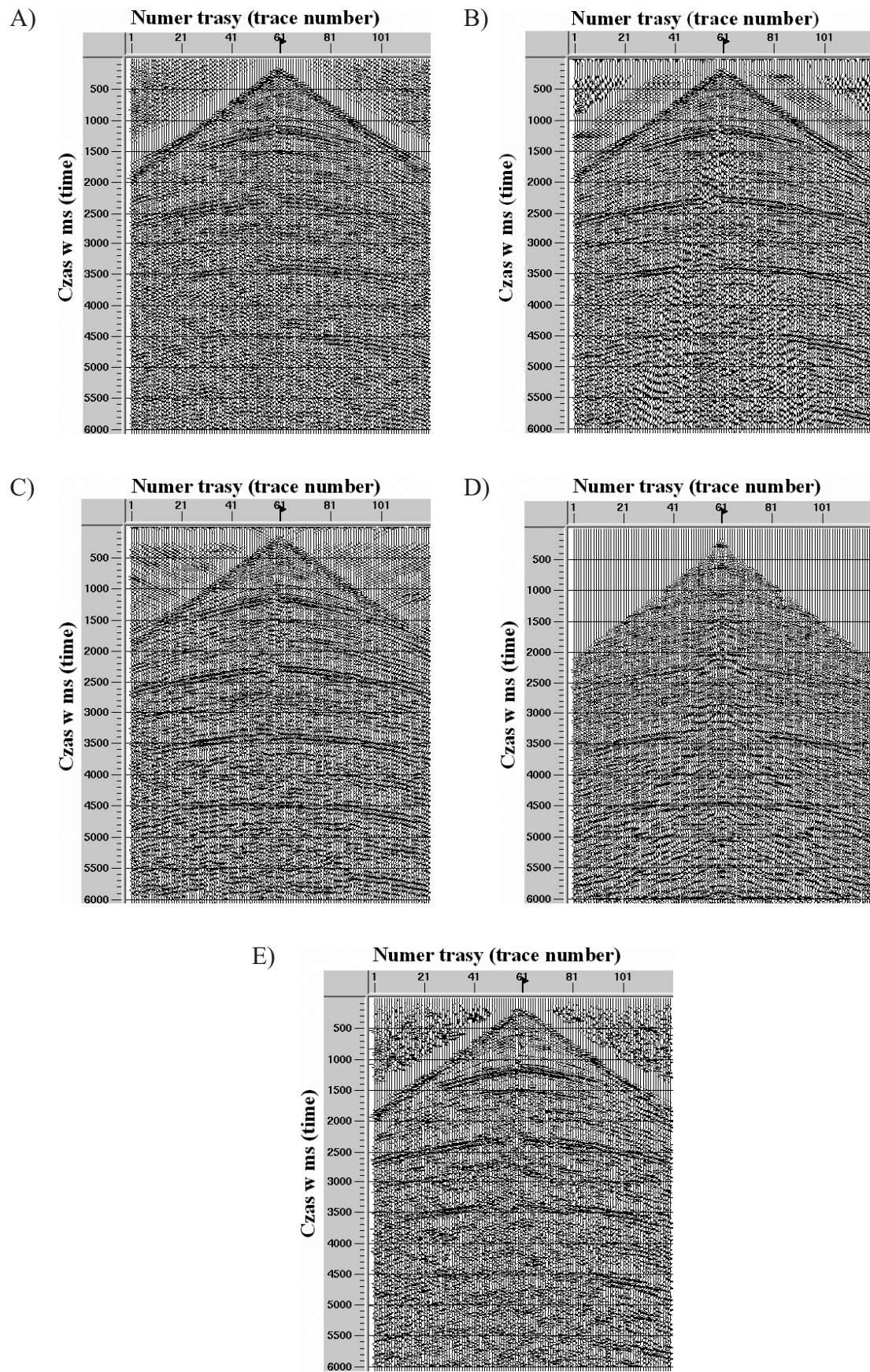


Fig. 9. Rekord z figury 5 po zastosowaniu filtracji pasmowej (A), filtracji F-K w wariacie łagodniejszym (B), filtracji F-K w wariacie mocniejszym (C), transformacji Radona (D) oraz transformacji falkowej (E)

Fig. 9. Record from figure 5 after bandpass filter (A), weak F-K filter (B), strong F-K filter (C), Radon transform (D) and wavelet transform (E)

ANALIZA PORÓWNAWCZA TRANSFORMACJI FALKOWEJ, TRANSFORMACJI RADONA, FILTRACJI PASMOWEJ I FILTRACJI F-K

Przeprowadzono analizę porównawczą efektywności tłumienia fali powierzchniowej za pomocą dostępnych narzędzi. Rekord wejściowy z figury 5 poddano omawianym filtracjom. Liniową transformację Radona, filtrację pasmową oraz filtrację F-K realizowano w systemie przetwarzania danych sejsmicznych ProMAX (Kasina 2005), do którego dostęp uzyskano w ramach programu grantowego firmy Landmark Graphics Corporation (*Landmark University Grant Program*). Wyniki wyżej wymienionych procedur porównano z wynikami transformacji falkowej, wykonanej w programie MATLAB.

Na figurze 9 (na wklejce) zestawiono rekordy wynikowe po zastosowaniu filtracji pasmowej (Fig. 9a), filtracji F-K w dwóch wariantach – łagodnej (Fig. 9B) i mocniejszej (Fig. 9C), transformacji Radona (Fig. 9D) oraz dyskretnej transformacji falkowej (Fig. 9E).

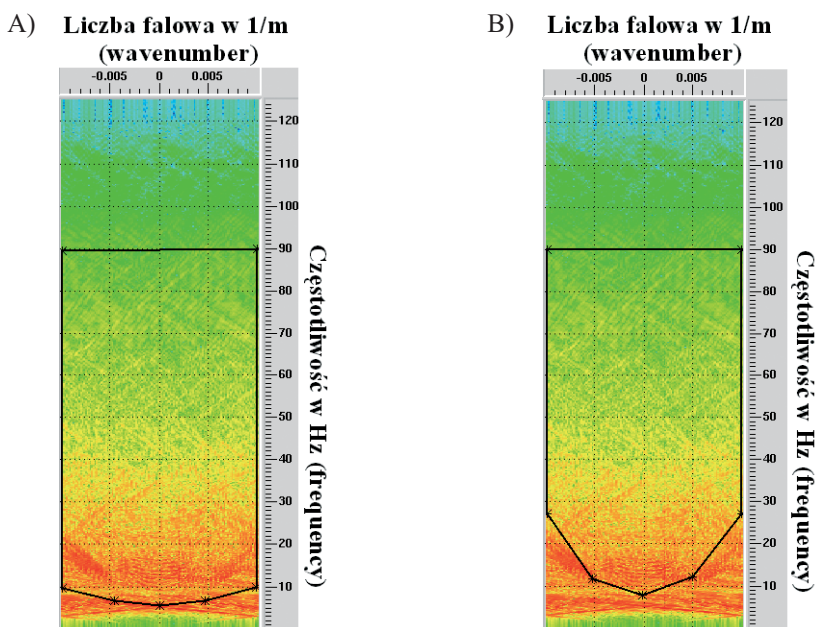


Fig. 10. Poligony zastosowane w filtracji F-K: szersze pasmo przepuszczania (A) oraz węższe pasmo przepuszczania (B)

Fig. 10. Polygons applied in F-K filtration: wider (a) and narrower (B) pass band

Filtracja F-K w wariantcie łagodnym polegała na zastosowaniu szerszego pasma przepuszczania (Fig. 10A). W filtracji mocniejszej zastosowano węższe pasmo przepuszczania (Fig. 10B).

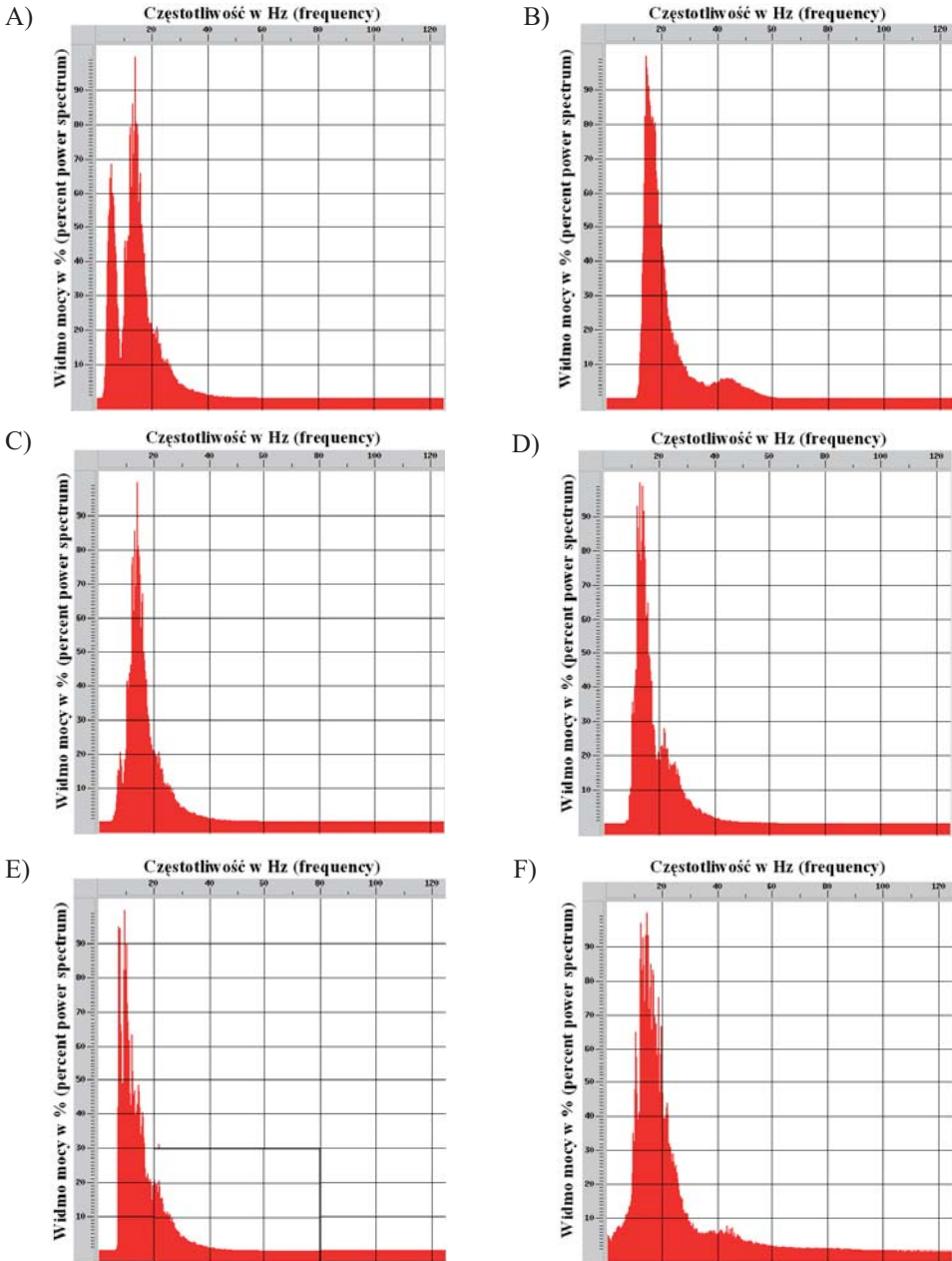


Fig. 11. Widma amplitudowe rekordu z figury 5 przed zastosowaniem filtracji (A), po zastosowaniu filtracji pasmowej (B), filtracji F-K w wariancie łagodniejszym (C), filtracji F-K w wariancie mocniejszym (D), transformacji Radona (E) oraz transformacji falkowej (F)

Fig. 11. Amplitude spectra of record from figure 5 before filtration (A), after bandpass filter (B), weak F-K filter (C), strong F-K filter (D), Radon transform (E) and wavelet transform (F)

Zastosowanie każdej z metod spowodowało wytłumienie fali powierzchniowej. Na podstawie figury 9 można wnioskować, że najbardziej efektywnymi technikami okazały się transformacja falkowa (Fig. 9E) oraz filtracja F-K w wariancie mocniejszym (Fig. 9C). W tych przypadkach dynamika refleksów jest najsilniejsza, fale użyteczne są najlepiej zachowane, natomiast fala powierzchniowa jest niewidoczna. Filtracja pasmowa zerofazowym filtrem Ormsby'ego o częstotliwościach narożnych 10–15–50–70 Hz (Fig. 9A) i liniowa transformacja Radona (Fig. 9D) spowodowały pewien ubytek informacji, objawiający się zanikiem odbić jednokrotnych. Filtracja F-K w wariancie łagodniejszym (Fig. 9B) nie zapewniła natomiast efektywnego wyeliminowania fali powierzchniowej.

Fala powierzchniowa stanowi jedno z głównych zakłóceń koherentnych obserwowanych na rekordach sejsmicznych. Jej widmo amplitudowe częściowo pokrywa się z widmem fali użytecznej. Osłabianie fali powierzchniowej w procesie przetwarzania rekordów sejsmicznych stwarza więc ryzyko utraty części informacji o fali użytecznej. W celu porównania wpływu omawianych technik na pasmo częstotliwości zestawiono widma amplitudowe rekordu z figury 5 (Fig. 11). Figura 11A przedstawia widmo amplitudowe rekordu przed filtracją. Dotychczas opracowane algorytmy tłumienia zakłóceń koherentnych (Fig. 11B–E) powodują częściową utratę informacji (składu częstotliwościowego) o falach użytecznych. Proces ten widoczny jest w obszarze niskich częstotliwości, gdzie filtracja pasmowa, filtracja F-K w dwóch omawianych wariantach oraz filtracja Radona powodują wyzerowanie częstotliwości w zakresie od 0 Hz do około 10 Hz. Transformacja falkowa (Fig. 11F) przedstawia się w tym świetle najlepiej, zachowując pasmo częstotliwości najbardziej zbliżone do pierwotnego i pozostawiając częściowo zakres częstotliwości 0–10 Hz (Fig. 11A).

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że transformacja falkowa stanowi użyteczne narzędzie tłumienia zakłóceń i zasługuje na szczegółową analizę pod kątem podniesienia stosunku sygnału do zakłóceń. Zaprezentowana praca wskazała na możliwości wykorzystania transformacji falkowej i może stanowić wstęp do dalszych badań. Szeroki zakres obliczeń pozwolił określić efektywność transformacji falkowej w tłumieniu fali powierzchniowej na rekordach sejsmicznych oraz wykazać jej zalety w stosunku do innych omawianych narzędzi. Potwierdzono, że bardzo ważnymi parametrami transformacji falkowej, decydującymi o jej efektywności, są wybór odpowiedniej fali elementarnej oraz zakres skali użytej do rekonstrukcji. Optymalny dobór parametrów wymaga interaktywnej analizy wyników rekonstrukcji.

LITERATURA

- Chakraborty A. & Okaya D., 1995. Frequency-time decomposition of seismic data using wavelet-based methods. *Geophysics*, 60, 1906–1916.
- Deighan A.J. & Watts D.R., 1997. Ground-roll suppression using the wavelet transform. *Geophysics*, 62, 1896–1903.

- Holschneider M., Diallo M.S., Kulesh M., Ohrnberger M., Luck E. & Scherbaum F., 2005. Characterization of dispersive surface waves using continuous wavelet transforms. *Geophysics*, 163, 463–478.
- Kasina Z., 2005. *Interaktywne przetwarzanie danych sejsmicznych w systemie ProMAX*. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków.
- Kasina Z., 2009. *Teoria sygnału sejsmicznego*. Wydawnictwa AGH, Kraków.
- Kritski A., Vincent A.P., Yuen D.A. & Carlsen T., 2007. Adaptive wavelets for analyzing dispersive seismic waves. *Geophysics*, 72, 1, 1–11.
- Mallat S., 1989. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation. *IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11, 7, 674–693.
- Matlab, 2009, MathWorks, Inc., numer licencji 161051.
- Misiti M., Misiti Y., Oppenheim G. & Poggi J.M., 2009. *Matlab Wavelet Toolbox User's Guide*. MathWorks, Inc.
- Sinha S., Routh P.S., Anno P.D. & Castagna J.P., 2005. Spectral decomposition of seismic data with continuous-wavelet transform. *Geophysics*, 70, 19–25.
- Smith M., Perry G., Stein J., Bertrand A. & Yu G., 2008. Extending seismic bandwidth using the continuous wavelet transform. *First Break*, 26, 97–102.
- Wawrzyniak K., 2007. *Analiza akustycznych obrazów falowych w aspekcie zwiększenia informacji o parametrach sprężystych i zbiornikowych skał*. Biblioteka Główna AGH, Kraków (rozprawa doktorska).

Summary

The paper presents a comparison analysis of the effectiveness of surface wave attenuation using wavelet transform, linear Radon transform, bandpass filter and F-K filter. In this work theoretical basis of wavelet analysis (Figs 1, 2) was described and scaling (Fig. 3) and shifting (Fig. 4) of wavelet were presented. The main part of the paper is devoted to the analysis of the effectiveness of surface wave attenuation by means of the wavelet transform treated as innovative tool of seismic data processing. Wavelet transform was performed in the Matlab computing environment. In the analysis, the common shot point gathers (seismic records) were used for the case of dynamite seismics (Fig. 5). The influence of the wavelet transform parameters such as a wavelet choice (Figs 6, 7) and scale range (Fig. 8) used in reconstruction process were defined. Radon transform, bandpass filter and two variants of F-K filter (Fig. 10) were realized in seismic data processing system ProMAX. The comparison analysis was performed using seismic records wave images (Fig. 9) and their mean amplitude spectra (Fig. 11).