

ЗАСТОСУВАННЯ МАТРИЧНОГО МЕТОДУ В ОБЕРНЕНИХ ЗАДАЧАХ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕАЛЬНИХ ЗАПИСІВ

Наводяться результати розв'язання оберненої задачі для землетрусу, що відбувся 24.10.2012, 03:13:40.501 ($\varphi = 48.1676^\circ$, $\lambda = 23.6525^\circ$, $h = 5\text{км}$). Зроблено порівняння побудованих механізмів вогнища землетрусу графічним методом та за отриманими кутами орієнтації площини розриву в оберненій задачі. Виконано порівняльний аналіз реальних сейсмограм із синтетичними, побудованими за отриманим тензором сейсмічного моменту.

Ключові слова: обернена задача, механізм вогнища землетрусу, кути орієнтації площини, анізотропія, трансверсально-ізотропне середовище.

Вступ

За останні роки спостерігається великий інтерес до досліджень поширення сейсмічних хвиль в анізотропних середовищах. Співвідношення, що моделюють явища розповсюдження фронтів хвиль в анізотропних середовищах дають змогу досліджувати загальні закономірності впливу неоднорідностей фізичних властивостей середовищ на хвильові поля, які зареєстровано на вільній поверхні шаруватого півпростору. За допомогою результатів таких досліджень можна прогнозувати динамічні властивості пружних середовищ, а також враховувати вплив анізотропії в задачах інверсії щодо визначення параметрів джерела [Chapman, 2004, Christensen, 1979]. Тому задачі математичного моделювання поширення сейсмічних хвиль в анізотропному середовищі залишаються актуальними.

Відомо, що обернені задачі за своєю суттю є некоректними. У сейсмології досить часто використовуються методи і підходи, які зводяться до підбору фізичних характеристик досліджуваного середовища або/і джерела землетрусу [Crampin, 1981]. Розробки нових методик та алгоритмів для обернених задач сейсмології відносно джерела є актуальними і важливими проблемами. Для анізотропного середовища важко побудувати теорію, яка б базувалась лише на аналітичних співвідношеннях. Тому для розв'язування обернених задач використовуються числові алгоритми для визначення параметрів вогнища землетрусу [Малицький та ін, 2013].

Обернена задача

Для аналізу обрано землетрус, який відбувся біля с. Угтя (Закарпаття) 24.10.2012, 03:13:40.501 ($\varphi = 48.1676^\circ$, $\lambda = 23.6525^\circ$, $h = 5\text{км}$).

Для відновлення механізму вогнища землетрусу використано реальні записи на станції «Брід». Обернену задачу відносно орієнтації площини розриву, шляхом визначення кутів (φ_s , δ , λ), розв'язано для трансверсально-ізотропного шаруватого середовища, параметри якого подано в табл. 1.

Таблиця 1

Параметри середовища

№	C_{11} , ГПа	C_{13} , ГПа	C_{33} , ГПа	C_{44} , ГПа	C_{66} , ГПа	ρ , г/м ³
1	81,12	25,33	84,39	27,04	28,13	3
2	117,6	38,8	115,3	39,2	38,3	3.3
3	130,7	43,56	130,7	43,56	43,56	3.5

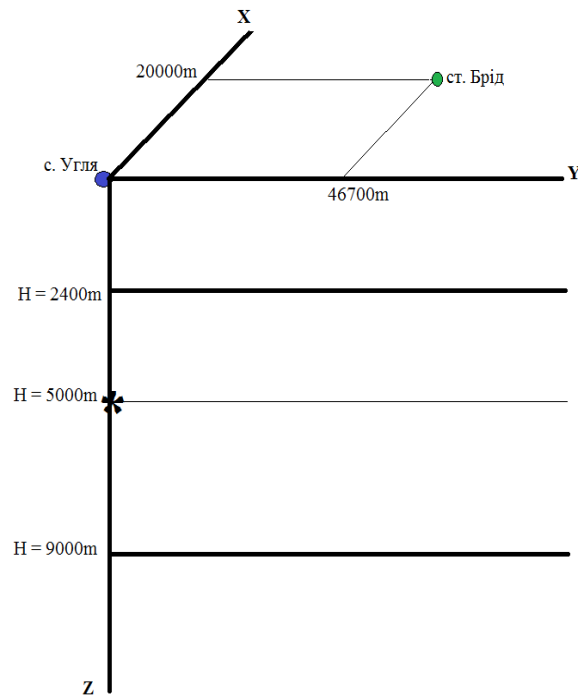


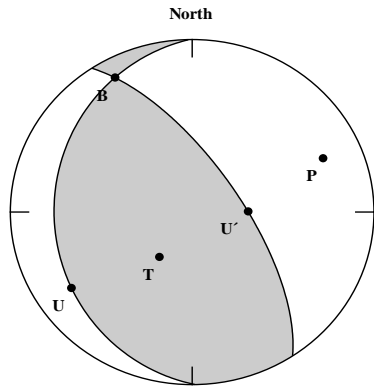
Рис. 1. Модель шаруватого середовища

У результаті розв'язання оберненої задачі отримано кути орієнтації площини розриву: $\varphi_s = 170^\circ$, $\delta = 25^\circ$, $\lambda = 120^\circ$, що відповідають механізму вогнища зображеного на рис.2.а. Із прямої задачі визначено сейсмічний момент $M_0 = 1.847 \cdot 10^{12}$. Даному набору кутів орієнтації площини відповідає тензор сейсмічного моменту (1). Для порівняння наведено механізм вогнища землетрусу отриманий графічним методом для даного землетрусу (рис.2.б.) та відповідний до нього тензор сейсмічного моменту (2).

$$M = \begin{pmatrix} -0.14 & -4.11 & -8.55 \\ -4.11 & -12.11 & -10.13 \\ -8.55 & -10.13 & 12.25 \end{pmatrix} \cdot 10^{11} \quad (1)$$

$$M = \begin{pmatrix} -1.86 & -6.25 & -9.96 \\ -6.25 & -10.94 & -7.69 \\ -9.96 & -7.69 & 12.81 \end{pmatrix} \cdot 10^{11} \quad (2)$$

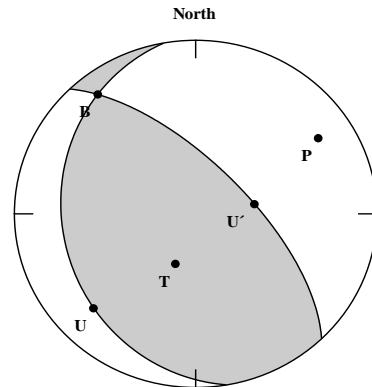
P axis in degrees: 246.51 22.46
T axis in degrees: 34.92 64.11



equal area lower
 fault plane in degrees: 179.00 25.00 120.00
 auxiliary plane in degrees: 326.50 68.53 76.88

Рис. 2.а. Механізм вогнища землетрусу, відновлений в оберненій задачі

P axis in degrees: 237.07 20.79
T axis in degrees: 21.02 64.85



equal area lower
 fault plane in degrees: 170.00 27.00 121.00
 auxiliary plane in degrees: 316.01 67.10 75.30

Рис. 2.б. Механізм вогнища землетрусу, побудований графічним методом

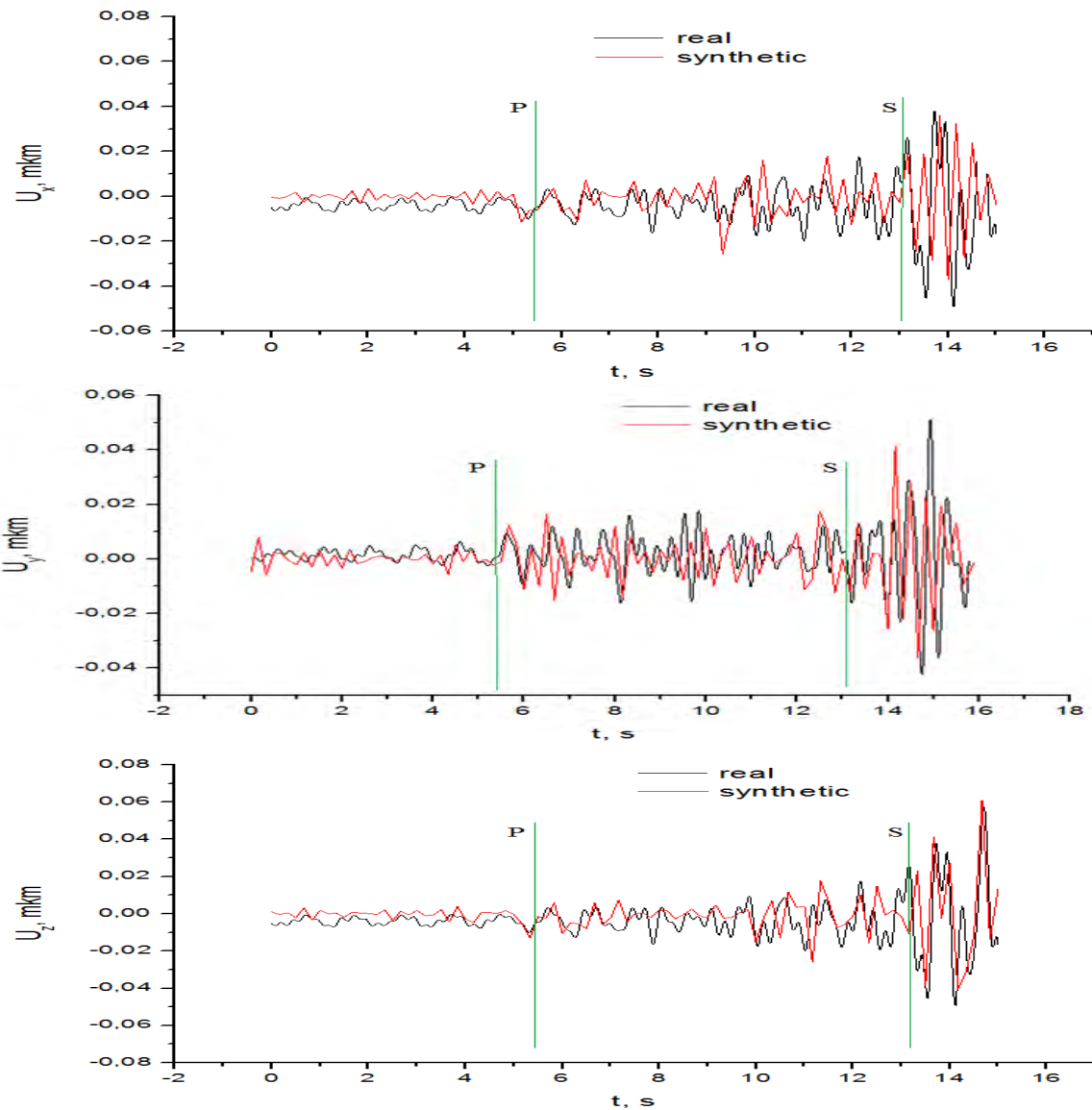


Рис. 3. Порівняння трьох компонент реальних сейсмограм (ст. Брід) із синтетичними, побудованими для середовища, параметри якого подано у табл. 1 та тензора сейсмічного моменту (1)

Висновки

У роботі наведено результати оберненої задачі сейсміки відносно параметрів вогнища землетрусу, котрий відбувся біля с. Угля. За знайденими кутами орієнтації площини розриву та сейсмічним моментом побудовані синтетичні сейсмограми для заданої швидкісної моделі середовища (табл.1). Порівнюючи побудовані синтетичні записи компонент переміщення із відповідними реальними записами (рис.3), отриманими на ст. «Брід», можемо зробити висновок, що запропонована методика визначення параметрів вогнища землетрусу з використанням матричного методу може бути використана для інтерпретації та аналізу реальних подій.

Робота виконана за підтримки проекту УНТЦ № 5726.

Література

- Chapman C. H. Fundamentals of seismic wave propagation // Cambridge university press, 2004. - p.608.
- Christensen N. I. Seismic anisotropy in the oceanic upper mantle: evidence from the Bay of Islands ophiolite complex / Christensen N. I., Salisbury M. H. // J. geophys. Res., 1979. - № 84, p. 4601-4610.
- Crampin S. A review of wave motion in anisotropic and cracked elastic-media // Wave motion 3, 1981. – P. 343-391.
- Малицький Д.В., Павлова А.Ю. Поширення сейсмічних хвиль в анізотропних середовищах. Пряма задача – I//Геоінформатика №1(45). – 2013. – с.25-30.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНОГО МЕТОДА В ОБРАТНЫХ ЗАДАЧАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАЛЬНЫХ ЗАПИСЕЙ

А.Ю. Павлова, Д.В. Малицкий, А.Д. Грицай, Е.М. Козловский

Приводятся результаты решения обратной задачи для землетрясения, произошедшего 24.10.2012, 03:13:40.501 ($\varphi = 48.1676^\circ$, $\lambda = 23.6525^\circ$, $h = 5$ км). Сделано сравнение построенных механизмов очага землетрясения графическим методом и по полученным углам ориентации плоскости разрыва в обратной задаче. Выполнен сравнительный анализ реальных сейсмограмм с синтетическими сейсмограммами построенными по полученном тензоре сейсмического момента.

Ключевые слова: обратная задача, механизм очага землетрясения, углы ориентации плоскости, анизотропия, трансверсально-изотропная среда.

APPLICATION OF THE MATRIX METHOD IN INVERSE PROBLEMS USING REAL SEISMOGRAMS

A.Yu. Pavlova, D.V. Malytsky, O.D. Hrytsai, E.M. Kozlovsky

The results of the inverse problem solving for the earthquake that took place at 24.10.2012, 03:13:40.501 ($\varphi = 48.1676^\circ$, $\lambda = 23.6525^\circ$, $h = 5$ km) are shown. The comparison of earthquake mechanisms, which were reconstructed with the graphical method as well as with the plane of rupture orientation angles which were obtained through the inverse problem solution, has been carried out. A comparative analysis of real and synthetic seismograms constructed from the obtained seismic moment tensor have been done.

Key words: inverse problem, mechanism of the earthquake, the angles of orientation of the plane, anisotropy, transversally isotropic medium.