

## ГЕОФІЗИКА

УДК 550.34

Д. Малицький, д-р фіз.-мат. наук, проф.  
E-mail: dmytro@cb-igph.lviv.uaО. Грицай, асп.  
E-mail: grycaj.oksana@gmail.comО. Обідіна, асп.  
E-mail: jane.det@yandex.uaА. Павлова, канд. фіз.-мат. наук  
Карпатське відділення  
Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,  
вул. Наукова, 3-6, м. Львів, 79060 Україна**ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВОГНИЩА ЗЕМЛЕТРУСУ В РАЙОНІ АЛЬБЕРТИ, КАНАДА  
( $\Phi = 58.16^\circ\text{N}$ ,  $\Lambda = -115.25^\circ\text{E}$ ,  $M_w=3.98$ )**

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук, проф. Г.Т. Продайводою)

Метою даної роботи є визначення механізму вогнища землетрусу, що відбувся в провінції Альберта (Канада) за допомогою графічного методу, а також уточнення глибини залягання вогнища методом кореляційного аналізу реальних та синтетичних сейсмограм. Для визначення механізмів вогнищ землетрусів у регіоні з малою сейсмічною активністю запропоновано графічний метод. Цей метод оснований на розподіленні полярності вступу повздовжніх Р-хвиль на зони стиску та розтягу, які розділені нодальними площинами. Важливими параметрами також є нечіткі вступу Р-хвиль на станціях та величина відношення амплітуд S- та Р-хвиль, які характеризують розміщення станції відносно нодальної площини. Для застосування графічного методу необхідно мати правильну швидкісну модель середовища та чіткі записи зі станцій. Представлено результати побудови механізмів вогнищ для події, що відбулась в регіоні зі слабою сейсмічною активністю провінції Альберта (Канада). Механізми вогнищ побудовано графічним методом для цієї події, використовуючи повні записи із станцій, що її зафіксували, та протоколи про ці записи для різних глибин залягання джерела. Проведено порівняльний аналіз реальних та синтетичних сейсмограм та визначено, що ця сейсмічна подія відбулась на глибині 6 км. Вперше визначено механізм вогнища землетрусу в провінції Альберта за допомогою графічного методу. За допомогою кореляційного аналізу між реальними та синтетичними записами, було уточнено глибину залягання землетрусу. Найбільший коефіцієнт кореляції між реальними записами та синтетичними сейсмограмами, побудованими для глибини залягання вогнища 6 км, що вказує на те, що авторами було визначено глибину залягання джерела землетрусу в цій роботі. Результати цієї роботи будуть використанні для подальшого вивчення сейсмічності Карпатського регіону, визначення механізмів вогнищ землетрусів та вивчення напружено-деформованого стану гірських порід у цьому регіоні.

**Ключові слова:** механізм вогнища, кореляційний аналіз, нодальна площина, глибина залягання вогнища землетрусу.

**Вступ.** Визначення механізмів вогнищ землетрусів є однією з головних задач сейсмології. Поряд із класичним визначенням механізму вогнищ, яке базується на полярності вступу повздовжніх хвиль [2-4], потрібно знайти нові методи до розв'язання задачі у випадку малої сейсмічності.

На основі вивчення наслідків Каліфорнійського землетрусу 1906 року, Рейд висунув теорію пружної віддачі. В 1923 році Нокано вперше описав закономірний розподіл знаків перших вступів сейсмічних хвиль на сейсмічних станціях, розташованих в різних напрямках від вогнища землетрусу і ввів поняття нодальних площин [2].

Район Альберти з сейсмічно малою активністю, та малою кількістю зареєстрованих землетрусів потребує вивчення. Між 1918 і серединою 1960-х років, філія федерального уряду, в той час відома як Землетруси Канади, записала менше десятка малих землетрусів у провінції Альберта. Моніторинг сейсмічної активності в регіоні почався в середині 60-х років з установкою декількох сейсмографів. До 1975 року зафіксовано менше 20 землетрусів щорічно. З 1977 року було помітне збільшення зареєстрованих подій. Альберта мало відома своїми землетрусами, і більшість людей може бути здивована, дізнавшись, що в провінції виникло 605 землетрусів між 1985 і 2011 роками. Хоча ці землетруси були дуже малі, це значна цифра в порівнянні з 41 зареєстрованими землетрусами у провінції Саскачеван протягом того ж періоду часу.

Велика кількість сейсмічних станцій має вирішальне значення для визначення фокального механізму. На рис. 1 показано мережу сейсмічних станцій в районі Альберти (Канада).

У 2006 році було встановлено шість автономних станцій CRANE (Canadian Rockies and Alberta Network) в центральній Альберті.

**Визначення механізму вогнищ землетрусів.** Поряд із класичним визначенням механізму вогнищ, яке ґрунтується на полярності вступів повздовжніх Р-хвиль [2-4], потрібно шукати нові підходи до розв'язання задачі у випадку малої сейсмічності. Нодальні площини – система двох ортогональних площин, які розділяють області стиску від областей розтягу в зоні вогнища землетрусу. Одна з нодальних площин асоціюється з площиною посувки [2].

Для визначення сімейства нодальних площин застосовують різноманітні методи:

- 1) Знаходження амплітуд Р-хвиль [9];
- 2) Знаходження механізму за тензором сейсмічного моменту, визначеного з інверсії хвильових форм трикомпонентних сейсмограм, що записані на локальних сейсмічних станціях [5];
- 3) Використання логарифма співвідношення амплітуди S-хвилі до амплітуди Р-хвилі [7, 14].

Названі методи мають свої переваги та недоліки. Правильність розв'язання задачі визначення механізму вогнища за будь-яким підходом залежить від точності визначення гіпоцентру та швидкісної моделі середовища. Однак існують й інші фактори, які потрібно враховувати при визначенні механізму вогнища. Наприклад, методи, що базуються на визначенні тензора сейсмічного моменту з використанням хвильових форм, вимагають інформацію про АЧХ приладів, які реєструють події та інформації про середовище під станцією. Використання даних щодо логарифма відношення амплітуди S-хвилі до амплітуди Р-хвилі не можна застосовувати для удосконалення розв'язку задачі визначення вже відомих механізмів, але це може допомогти у виборі найбільш коректного розв'язку, знайдених за полярністю вступу повздовжніх Р-хвиль [14].

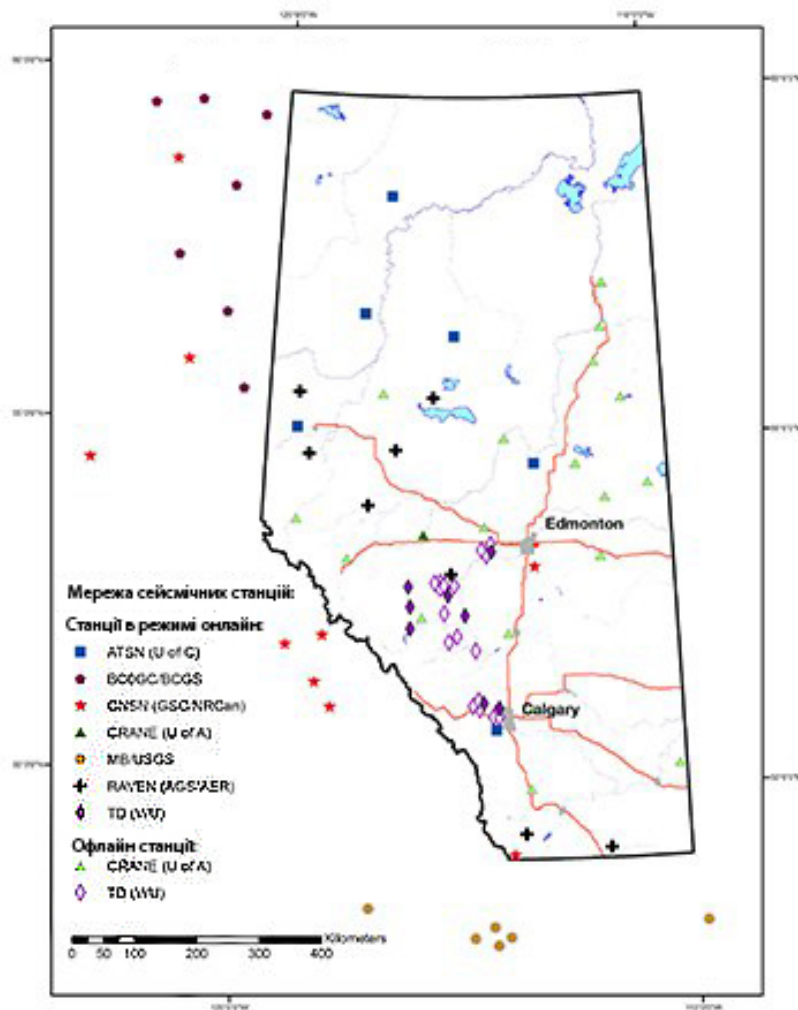


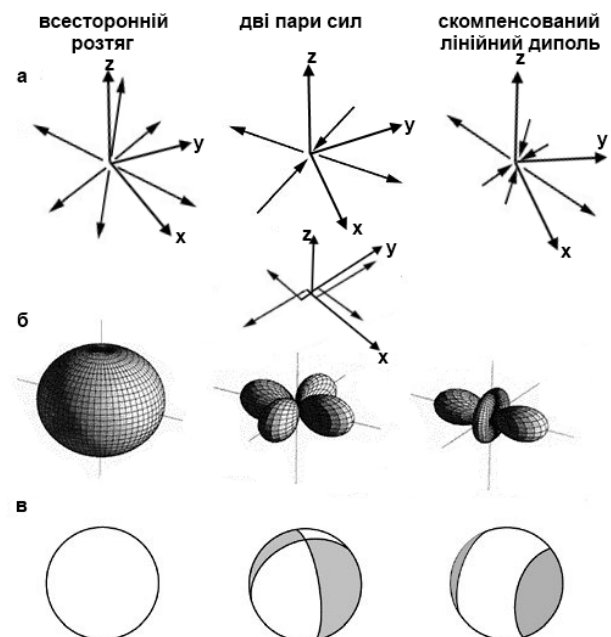
Рис. 1 Мережа сейсмічних станцій в районі Альберти (Канада)

У цій роботі визначення механізмів вогнищ запропоновано графічний метод [1], який використовує інформацію як про перші вступи Р-хвиль, так і про логарифм відношення амплітуди S-хвилі до амплітуди Р-хвилі.

Полярність вступу Р-хвилі, що випромінюється від джерела землетрусу і який спостерігають на вертикальній компоненті сейсмограми, може приймати два протилежні значення: "+" (рух частинок від джерела – стиск) і "-" (рух частинок до джерела – розтяг). Дані з усіх станцій щодо полярності першого імпульсу розміщені за азимутом довкола епіцентру за певною схемою. Їх умовно можна розділити на квадранти стиску і розтягу взаємно перпендикулярними прямими [2–4, 6]. Такий квадрантний розподіл і визначає діаграму напрямку випромінювання зсувної дислокації для Р-хвиль (рис. 2б). Діаграму напрямку найзручніше зображувати на фокальній сфері одиничного радіуса з центром в джерелі.

Розміщення точок на фокальній сфері визначають за кутом виходу променя, який відраховують від вертикалі і за азимут на станцію, який визначають від напрямку на північ до станції. Щоб показати фокальну сферу на площині, використовують її стереографічну проекцію [2–4, 6] (рис. 2в).

Отже, саме з проекції фокальної сфери і визначають параметри механізму вогнища тобто орієнтацію площини розриву, напрямку зсувів, орієнтацію головних осей (рис. 3) [2–4, 6, 8].



**Рис. 2. Основні типи сил в точковому джерелі:**  
 а – головні осі координат системи еквівалентних сил;  
 б – діаграми випромінювання;  
 в – двовимірні проекції фокальних сфер [11]

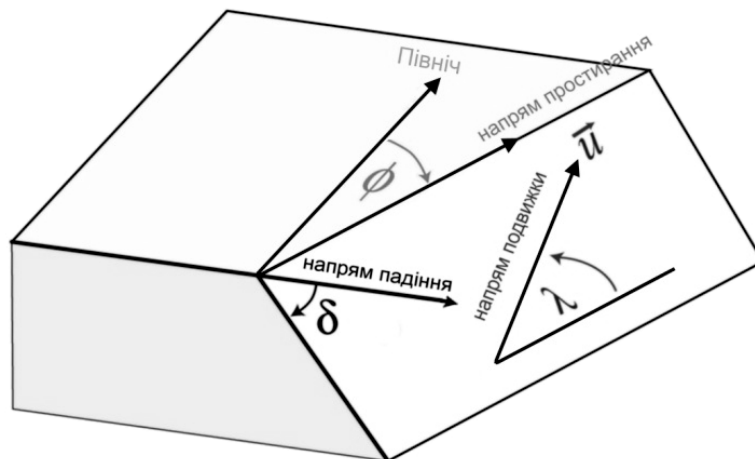


Рис. 3. Дислокаційна модель вогнища землетрусу

Точність визначення параметрів вогнищ залежить від кількості і якості вхідних даних: достатньої кількості станцій, які зафіксували подію; точності визначення епіцентральної відстані, глибини вогнища землетрусу, кутів виходу, що, в свою чергу, залежить від швидкісної моделі середовища; точності визначення знаку вступу Р-хвилі на вертикальній компоненті запису події. [16].

Щоб пояснити спостережуваний розподіл полярностей перших вступів сейсмічних хвиль за азимутом, запропоновано декілька теоретичних моделей вогнища з різними системами сил, що діють в точковому джерелі. Теорія випромінювання пружних хвиль точковим джерелом бере свій початок з XIX століття (теорія пружності Лява); в сейсмології основи теорії сейсмічних джерел заклав Накано в 1923 р. [15]. Основними типами точкових джерел є: направлена сила, диполі (подвійна сила) і центр розширення [13]. Останній тип практично не застосовано до тектонічних землетрусів, так як механізм процесу руйнування в джерелі представляється ковзанням в площині розриву (зсувна дислокація). Джерело типу подвійного диполя (комбінація двох диполів) з моментом або без моменту найкращим чином задовольняють спостережуваним даним. На рис. 2а показано різні типи сил в точковому джерелі:

$\delta$  – кут падіння;

$\phi_s$  – кут простягання;

$\lambda$  – кут між напрямками зсуву і простягання.

**Методика.** Механізм вогнища землетрусу представляється сферою одиничного радіуса з центром у вогнищі землетрусу [10]. Враховуючи центральну симетрію прийнятої теоретичної картини випромінювання, при розрахунках використовують, як правило, половину фокальної сфери (верхню або нижню). Всі точки, що лежать на верхній або нижній півсфері, проєктуються на екваторіальну стереографічну проєкцію градусної сітки кулі, яка проходить через її центр.

Крім нодальних площин механізм вогнища показує орієнтацію головних осей напружень розтягу (Т) і стиснення (Р), під дією яких і відбувається зсув. Оскільки механізм вогнища оцінюється ретроспективно, то вісь стиснення Р знаходиться в квадранті мінусів, а вісь розтягування Т – в квадранті плюсів [16]. Осі напружень характеризуються азимутом (AZ) і кутом їх занурення щодо горизонту (PL). Залежно від орієнтації осей напружень виділяється кілька режимів напруженого стану земної кори: при горизонтальному розтягуванні і вертикальному стисненні створюються умови розтягування, при горизонтальному положенні обох осей – умови зсуву, і при вертикальному розтягуванні і горизонтальному стисненні спостерігається режим стиснення. Очевидно, що в першому

випадку домінуючим типом зміщення будуть скиди, у другому зсуви і в останньому насуви [12].

**Результати.** У роботі визначено механізм вогнища для кожної події за певною схемою:

- визначення полярності вступу Р-хвилі із сейсмограм;

- обчислення азимута на станцію від напрямку на північ ( $\phi$ ) і кута виходу променя хвильового фронту з вогнища на станцію ( $i$ );

- нанесення на стереографічну сітку точок проєкцій променів стиску та розтягу, а також точок проєкцій нечітких вступів, якщо вони є. Від напрямку на північ уздовж кола відкладають азимут на станцію  $\phi$ , від центру в напрямку позначки про азимут – кут виходу  $i$ . Якщо кут виходу більший за  $90^\circ$  (промінь виходить у верхню півплощину), то відкладають точку з азимутом, зміненим на  $180^\circ$ , і кутом виходу ( $180^\circ - i$ );

- визначення розміщення нодальних ліній відповідно до розподілу полярностей перших вступів (точки одної полярності мають лежати в одному квадранті), нечітких вступів (нодальні лінії мають проходити через точки нечітких вступів або близько до них), логарифма відношення амплітуд (малі значення всередині квадранта, більші – ближче до нодальних ліній);

- визначення із стереографічної проєкції орієнтації нодальних площин (простягання – Strike, падіння – Dip), напрямку зсуву – Slip, орієнтації осей стиску – Р, розтягу Т, нульової N (азимут – Az, заглиблення – Pl).

Для визначення механізму вогнища землетрусу в районі Альберта (Канада) використано дані з 13 сейсмічних станцій. На рис. 4. зображено Z-компоненти реальної та синтетичних сейсмограм для станції TD008, отриманих для різних глибин з урахуванням швидкісної моделі, наведеної в табл. 1.

Проведено порівняльний аналіз реальної та синтетичних сейсмограм. У табл. 2 наведено коефіцієнти кореляції між Z-компонентою сейсмограми зі станції TD008 та синтетичними сейсмограмами.

Можемо зробити висновок, що розглянута подія відбулась на глибині 6 км, оскільки саме для цієї глибини отриманий найвищий коефіцієнт кореляції між реальними записами та сейсмограмами.

На рис. 5 показано варіанти механізмів вогнищ, побудовані для різних глибин. Остаточний варіант механізму для події ( $\phi = 58.16^\circ N$ ,  $\lambda = 115.25^\circ E$ ,  $M_w = 3.98$ ) зображено на рис. 5б.

Вперше визначено механізм вогнищ землетрусу в провінції Альберта за допомогою графічного методу. За допомогою кореляційного аналізу між реальними записами та синтетичними було уточнено глибину залягання землетрусу.

Таблиця 1

| Швидкісна модель |       |         |         |                            |
|------------------|-------|---------|---------|----------------------------|
| №                | h, m  | Vp, м/с | Vs, м/с | $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> |
| 1                | 2000  | 3200    | 1500    | 2280                       |
| 2                | 4000  | 6310    | 3660    | 2790                       |
| 3                | 5000  | 4680    | 2720    | 2300                       |
| 4                | 10000 | 6310    | 3660    | 2790                       |
| 5                | 15000 | 6500    | 3780    | 2850                       |
| 6                | 20000 | 6580    | 3820    | 2870                       |
| 7                | 25000 | 6750    | 3920    | 2930                       |
| 8                | 30000 | 6780    | 3940    | 2940                       |
| 9                | 35000 | 7000    | 4070    | 3010                       |
| 10               | 40000 | 7100    | 4120    | 3040                       |
| 11               | 45000 | 7280    | 4230    | 3100                       |

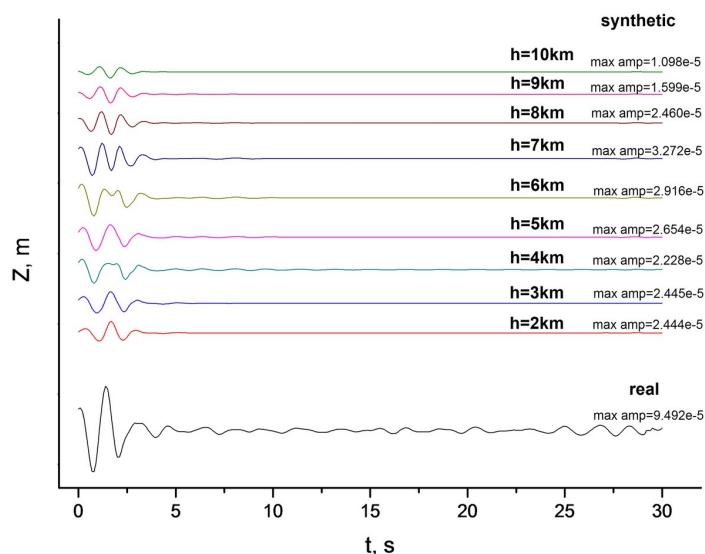


Рис. 4. Z-компоненти реальної та синтетичних сейсмограм, отриманих для різних глибин, для станції TD008, розташованої на епіцентральної відстані 75 км для події, що відбулась в районі Альберти, Канада ( $\varphi = 58.16^\circ\text{N}$ ,  $\lambda = -115.25^\circ\text{E}$ ,  $M_w = 3.98$ )

Таблиця 2

| Кореляційний аналіз |                |
|---------------------|----------------|
| h, км               | R              |
| 2                   | 0.36448        |
| 3                   | 0.52269        |
| 4                   | 0.64516        |
| 5                   | 0.58983        |
| <b>6</b>            | <b>0.64918</b> |
| 7                   | 0.40244        |
| 8                   | 0.16760        |
| 9                   | 0.14152        |
| 10                  | 0.30950        |

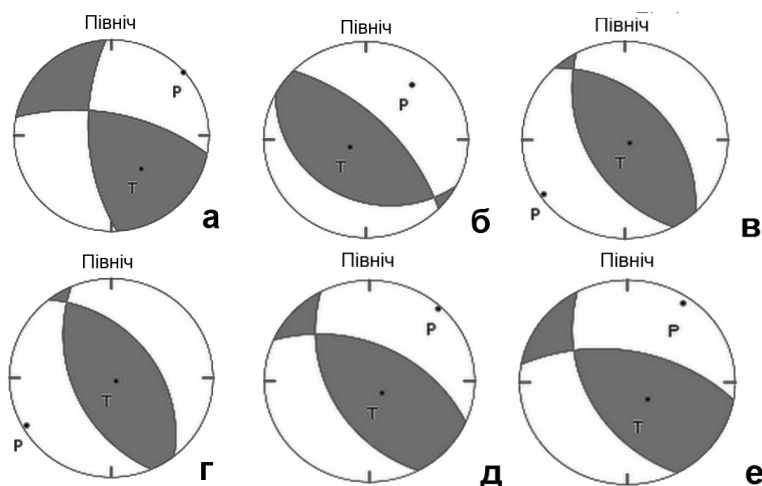


Рис. 5. Варіанти фокальних механізмів, отримані для різних глибин: а – 2, 3 та 4 км; б – 5, 6 км; в – 7 км; г – 8 км; д – 9 км; е – 10 км

Результати даної роботи будуть використанні для подальшого вивчення сейсмічності Карпатського регіону, визначення механізмів вогнищ землетрусів та вивчення напружено-деформованого стану гірських порід у цьому регіоні.

**Висновки.** Для побудови механізмів вогнищ при малій сейсмічній активності, яка притаманна регіону Альберти, Канада, є важлива велика кількість сейсмічних станцій, які реєструють подію, що збільшує точність і кількість вихідних даних. Завданням роботи було визначення механізму Канадського землетрусу в районі Альберти, знаходження джерела землетрусу порівнюючи механізми вогнищ на різних глибинах.

У роботі показано застосування графічного методу для визначення механізмів вогнища для різних глибин. Також було здійснено порівняльний аналіз реальних та синтетичних сейсмограм. Найвищий коефіцієнт кореляції між сейсмограмами є у випадку розташування джерела землетрусу на глибині 6 км. Отже, ми можемо стверджувати, що авторами визначено глибину, на якій відбулась подія. У наступних роботах аналогічні дослідження будуть проведені для сейсмічних подій Закарпаття.

#### Список використаних джерел

1. Визначення фокального механізму землетрусу в Закарпатті / Д. Малицький, О. Муйла, А. Павлова, О. Грицай // Вісник Київського університету. Геологія. – 2013. – С. 38-44.
2. Воронина Е. В. Механика очага землетрясения. Спецкурс / Е. В. Воронина – М.: Изд. Физ. фак-та МГУ, 2004. – 92 с.
3. Касахара К. Механика землетрясений / К. Касахара. – М.: Мир, 1985. – 264 с.
4. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений / Л. М. Балакина, А. В. Введенская, Н. В. Голубева и др. – М.: Наука, 1972. – 198 с.
5. Adamova P. Problematic non-double-couple mechanism of the 2002 Amfilochia Mw5 earthquake / P. Adamova, E. Sokos, J. Zahradnik // Western Greece. J. Seismol. – 2009. – № 13. – P. 1-12.
6. Aki K. Quantitative Seismology, 2<sup>nd</sup> edn. / K. Aki, P. G. Richards. – Sausalito, California: University Science books, 2002. – 520 p.
7. Baumbach M. New Manual of Seismological Observatory Practice. Determination of source parameters from seismic spectra. / M. Baumbach, P. Bormann. – Potsdam: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 2011.
8. Cronin V. S. Draft Primer on Focal Mechanism Solutions for Geologists / V. S. Cronin. [Electronic resource] – Режим доступу : [http://serc.carleton.edu/files/NAGTWorkshops/structure04/Focal\\_mechanism\\_primer.pdf](http://serc.carleton.edu/files/NAGTWorkshops/structure04/Focal_mechanism_primer.pdf).
9. Ebel J. E., Bonjer K. P. Moment tensor inversion of small earthquakes in southwestern Germany for the fault plane solution / J. E. Ebel, K. P. Bonjer // Geophys. J. Int. – 1990. – № 101. – P. 133-146.
10. Focal mechanisms of micro-earthquakes in the Dobra Voda seismoactive area in the Male Karpaty Mts. (Little Carpathians), Slovakia / L. Fojtikova, V. Vavrycuk, A. Cipciar, J. Madaras // Tectonophysics. – 2010. – Vol. 492. – P. 213-229.
11. Julian B. R. Non-double-couple earthquakes: 1. Theory / B. R. Julian, A. D. Miller, G. R. Foulger // Rev. Geophys. – 1998. – Vol. 36. – P. 525-549.
12. Madariaga R. Dynamics of an expanding circular fault / R. Madariaga // Bull. Seism. Soc. Am. – 1976. – Vol. 66. – P. 639-667.
13. Maruyama T. On two-dimensional elastic dislocations in an infinite and semi-infinite medium / T. Maruyama // Bull. Earthq. Res. Inst. – 1966. – Vol. 44. – P. 811-871.
14. Hardebeck J. L. Using S/P Amplitude Ratios to Constrain the Focal Mechanisms of Small Earthquakes / J. L. Hardebeck, P. M. Shearer // Bull. Seism. Soc. Am. – 2003. – Vol. 93. – № 6. – P. 2434-2444.
15. Nakano H. Notes on the nature of the forces which give rise to the earthquake motions / H. Nakano // Seism. Bull. Centr. Metrol. Observ. of Japan. – 1923. – Vol. 1. – P. 92-120.
16. Pavlova A. Ways of Determining the Focal Mechanisms in the Carpathian Region of Ukraine / A. Pavlova, O. Hrytsai, D. Malytsky // Journal of Earth Science and Engineering. – 2014. – Vol. 4, № 1. – P. 54-71.

#### References

1. Malytsky, D. Muyla, O. Pavlova, A. Grytsai, O. (2013). Determination of focal mechanism of the earthquake in Transcarpathia. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology*, 4(63), 38-44. [in Ukrainian].
2. Voronina, E.V. (2004). *Mechanics earthquake: Special Course*. Moscow: Publishing House. Def. Faculty of Moscow State University. [in Russian].
3. Kasahara, K. (1985). *Mechanics earthquakes*. Moscow: Mir. [in Russian].
4. Balakina, L.M. Vvedenskaya, A., Golubev, N.L., Misharina, A., Shirokov, E.I. (1972). *Elastic stress field of the Earth and earthquake focal mechanisms*. Moscow: Science. [in Russian].
5. Adamova, P., Sokos, E., Zahradnik, J. (2009). Problematic non-double-couple mechanism of the 2002 Amfilochia Mw5 earthquake. *Western Greece. J. Seismol.*, 13, 1-12.
6. Aki, K., Richards, P.G. (2002). *Quantitative Seismology, 2<sup>nd</sup> edn*. Sausalito, California: University Science books.
7. Baumbach, M., Bormann, P. (2011). *New Manual of Seismological Observatory Practice. Determination of source parameters from seismic spectra*. Potsdam: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ.
8. Cronin, V.S. Draft Primer on Focal Mechanism Solutions for Geologists. Retrieved from [http://serc.carleton.edu/files/NAGTWorkshops/structure04/Focal\\_mechanism\\_primer.pdf](http://serc.carleton.edu/files/NAGTWorkshops/structure04/Focal_mechanism_primer.pdf).
9. Ebel, J.E., Bonjer, K.P. (1990). Moment tensor inversion of small earthquakes in southwestern Germany for the fault plane solution. *Geophys. J. Int.*, 101, 133-146.
10. Fojtikova, L., Vavrycuk, V., Cipciar, A., Madaras, J. (2010). Focal mechanisms of micro-earthquakes in the Dobra Voda seismoactive area in the Male Karpaty Mts. (Little Carpathians), Slovakia. *Tectonophysics*, 492, 213-229.
11. Julian, B.R., Miller, A.D., Foulger, G.R. (1998). Non-double-couple earthquakes: 1. Theory. *Rev. Geophys.*, 36, 525-549.
12. Madariaga, R. (1976). Dynamics of an expanding circular fault. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 66, 639-667.
13. Maruyama, T. (1966). On two-dimensional elastic dislocations in an infinite and semi-infinite medium. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 44, 811-871.
14. Hardebeck, J.L., Shearer, P.M. (2003). Using S/P Amplitude Ratios to Constrain the Focal Mechanisms of Small Earthquakes. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 93(6), 2434-2444.
15. Nakano, H. (1923). Notes on the nature of the forces which give rise to the earthquake motions. *Seism. Bull. Centr. Metrol. Observ. of Japan.*, 1, 92-120.
16. Pavlova, A., Hrytsai, O., Malytsky, D. (2014). Ways of Determining the Focal Mechanisms in the Carpathian Region of Ukraine. *Journal of Earth Science and Engineering*, 4(1), 54-71.

Надійшла до редколегії 10.08.15

D. Malytsky, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.

E-mail: dmytro@cb-igph.lviv.ua

O. Hrytsai, Postgraduate Student

E-mail: grycaj.oksana@gmail.com

O. Obidina, Postgraduate Student

E-mail: jane.det@yandex.ua

A. Pavlova, Cand. Sci. (Phys.-Math.)

Carpathian Branch of

Subbotin Institute of Geophysics

National Academy of Sciences of Ukraine

3-b Naukova St., Lviv, Ukraine, 79060

## DETERMINATION OF THE FOCAL MECHANISM OF EARTHQUAKE IN ALBERTA, CANADA

( $\Phi = 58.16^\circ\text{N}$ ,  $\Lambda = -115.25^\circ\text{E}$ ,  $M_w = 3.98$ )

*The aim of this paper is to determine focal mechanism of earthquake occurred in Alberta (Canada) province by using graphic method and to clarify the focus depth by doing correlation analysis of real and artificial seismograms. The graphic method is proposed for determining the focal mechanism of earthquake in the region with low seismic activity. This method is based on P-waves polarity distribution into zones of compression and extension, and division of nodal planes. Fuzzy P-waves arrivals in the station and the value of the ratio of the S-wave amplitude to P-wave are important parameters. They define the relative location to the nodal plane. To use the graphical method the correct velocity model of the medium and clear records of the stations might be used.*

*The results of construction of focal mechanism in Alberta (Canada) as the the region with low seismic activity are discussed. The focal mechanisms were constructed by graphic method with using the complete records from the station and documents about these records for the different depth of the source occurrence. The comparative analysis of real and artificial seismograms is made. It is determined that seismic event occurred at a depth of 6 km.*

*For the first time the focal mechanism of the earthquake in Alberta is determined. The depth of the earthquake occurrence is specified by correlation analysis between the actual and artificial tracks (seismogram). The highest correlation coefficient is observed between real records and artificial seismograms calculated for the earthquake depth of 6 km, which indicates the depth of the earthquake source determined in this work. The results of this paper will be used for further study of Carpathian region seismicity, determination of the focal mechanisms of earthquake and analysis of stress-strain state of rocks in this region.*

**Keywords:** focal mechanism, correlation analysis, nodal plane, the depth of earthquake source.

Д. Малицкий, д-р физ.-мат. наук, проф.

E-mail: dmytro@cb-igph.lviv.ua

О. Грицай, асп.

E-mail: grycaj.oksana@gmail.com,

О. Обидина, асп.

E-mail: jane.det@yandex.ua

А. Павлова, канд. физ.-мат. наук

Карпатское отделение

Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,

ул. Научная, 3-б, г. Львов, Украина, 79060

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЗМА ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В РАЙОНЕ АЛЬБЕРТА, КАНАДА

( $\Phi = 58.16^\circ\text{N}$ ,  $\Lambda = -115.25^\circ\text{E}$ ,  $M_w = 3.98$ )

Целью данной работы является определение механизма очага землетрясения, произошедшего в провинции Альберта (Канада), с помощью графического метода, а также уточнение глубины залегания очага методом корреляционного анализа реальных и синтетических сейсмограмм. Для определения механизмов очагов землетрясений в регионе с малой сейсмической активностью предложен графический метод. Данный метод основан на распределении полярности вступления продольных Р-волн на зоны сжатия и растяжения, разделенные нодальными плоскостями. Важными параметрами также являются нечеткие вступления Р-волн на станциях и величина отношения амплитуд S- и Р-волн, характеризующие расположение станции относительно нодальной плоскости. Для применения графического метода необходимо иметь правильную скоростную модель среды и четкие записи со станций. Представлены результаты построения механизмов очагов для события, которое состоялось в регионе со слабой сейсмической активностью провинции Альберта (Канада). Механизмы очагов построены графическим методом, с использованием полных записей со станций, которые их зафиксировали, и протоколов об этих записях для различных глубин залегания источника. Проведен сравнительный анализ реальных и синтетических сейсмограмм и определено, что это сейсмическое событие произошло на глубине 6 км. Впервые определен механизм очага землетрясения в провинции Альберта с помощью графического метода. С помощью корреляционного анализа между реальными записями и синтетическими была уточнена глубина залегания землетрясения. Наибольший коэффициент корреляции наблюдается между реальными записями и синтетическими сейсмограммами, построенными для глубины залегания очага 6 км, что указывает на глубину залегания источника землетрясения. Результаты данной работы будут использованы для дальнейшего изучения сейсмичности Карпатского региона, определения механизмов очагов землетрясений и изучения напряженно-деформированного состояния горных пород в этом регионе.

**Ключевые слова:** механизм очага, корреляционный анализ, нодальная плоскость, глубина залегания очага землетрясения.