

**МЕХАНИЗМ ОЧАГА БЕРЕГОВСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 23 НОЯБРЯ 2006 г.**

Впервые для района Закарпатья получено решение механизма очага ощутимого землетрясения. Землетрясение произошло под действием горизонтальных сил сжатия, ориентированных в широтном направлении и близгоризонтальных сил растяжения субмеридиональной ориентации. Тип подвижки в очаге – сдвиг-надвиг.

**Ключевые слова:** механизм очага; землетрясение; нодальные плоскости; напряжения; тензор сейсмического момента.

23 ноября 2006 г. в верхней части земной коры сейсмотектонической зоны Закарпатского прогиба в районе г. Берегово на глубине 9 км произошло землетрясение с  $MS=3.7$ ,  $mb=4.6$  и интенсивностью в эпицентральной зоне 6 баллов [Пронишин и др., 2008]. Сейсмические колебания от этого события были зарегистрированы всеми сейсмическими станциями Украины и мировой сетью до эпицентральных расстояний  $\Delta=9788$  км [ISC], что позволило впервые собрать необходимую информацию для восстановления очаговых параметров.

Для решения механизма очага (рис. 1) использовано 69 определений знаков первых вступлений продольных волн, полученных по записям станций, окружающих очаг в широком азимутальном створе. В анализе в основном использованы первичные записи сейсмограмм, взятые из архивов международных сейсмологических агентств, а также частично опубликованные данные сводной обработки.

Определение двух возможных положений поверхности разрыва и осей главных напряжений, действующих в очаге, проведено по стандартной методике [Балакина и др., 1972]. Углы выхода сейсмических волн определены для удаленных станций по годографу “ak135” [Kennet, 2005], а для близких – по региональному годографу [Кутас и др., 1999].

В таблице 1 приведены результаты решения механизма очага: параметры нодальных плоскостей  $NP$  (азимут простирания –  $STK$ , угол падения –  $DP$ , скольжение –  $SLIP$ ) и осей главных напряжений  $P, N, T$  (азимут  $AZM$  и угол выхода  $PL$ ).

Таблица 1

Параметры механизма очага землетрясения

Нодальные плоскости			Оси главных напряжений								
NP1			NP2			P	N		T		
STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	AZM	PL	AZM	PL	AZM	PL
122	67	25	22	67	155	252	1	162	57	342	34

Землетрясение произошло под действием горизонтальных сил сжатия, ориентированных близширотно ( $AZM = 252^\circ$ ) и близгоризонтальных сил растяжения близмеридионального направления ( $AZM = 342^\circ$ ). Тип подвижки в очаге – сдвиг-надвиг (рис. 1).

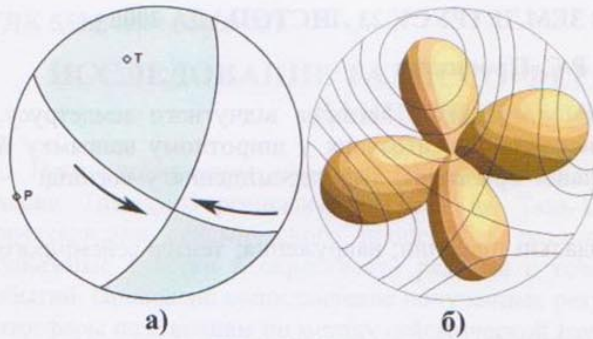
Простирание одной из нодальных плоскостей – диагональное ( $STK=122^\circ$ ), а другое – субмеридиональное ( $STK=22^\circ$ ). Обе нодальные плоскости имели наклонное падение ( $DP=67^\circ$ ): одна на юго-запад, вторая – на юго-восток-восток.

За наиболее вероятную (главную) плоскость разрыва можно принять диагональную  $NP1$  ( $STK=122^\circ$ ), направление которой согласуется с простиранием крупного регионального внутрикорового Припаннонского разлома (рис.2) и ориентацией первой (высшей) изосейсты [Пронишин и др., 2008]. При этом сжимающие  $P$  и растягивающие  $T$  напряжения были направлены под углом около  $45^\circ$  к простиранию разлома. Разрыв по второй вспомогательной субмеридиональной нодальной плоскости  $NP2$  ориентирован вдоль разрывной структуры “с невыясненной морфологией” (согласно условным обозначениям к рис.2) и потому маловероятен.

С использованием данных о параметрах механизма очага и модуля сейсмического момента  $M_0=5.75 \cdot 10^{22}$  Дин-см, вычисленного по средней долговременной зависимости  $M_0=f(K)$  [Pronishin R.S., Pustovitenko V.G., 1986], рассчитаны значения компонент тензора сейсмического момента, приведенные на рисунке 3.

След тензора (сумма диагональных элементов) равен **0.01**, т.е. приблизительно **0**, что в соответствии с моделью двойного диполя говорит о том, что поверхность разрыва представляет собой плоскость, по которой произошел чистый сдвиг. Собственные значения тензора сейсмического момента: **-1.0021**, **-0.0025**, **1.0047**. Центральное собственное значение **-0.0025** близко к нулю, при близких по модулю граничных значениях, коэффициент Лодэ-Надаи  $\mu = -0.0038$ , что также согласуется с определением модели чистого сдвига по плоскости в начальной стадии процесса в очаге.

**Выводы.** Береговское землетрясение сдвиг-надвигового типа произошло в зоне Припаннонского разлома под действием горизонтальных сил сжатия и субгоризонтальных сил растяжения. Движение активных блоков в очаге происходило как левосторонний сдвиг по главной плоскости разрыва, ориентированной по простиранию Припаннонского разлома диагональной ориентации и вытянутости первой изосейсты землетрясения.



**Рис. 1.** Механизм очага землетрясения 23 ноября 2006г:

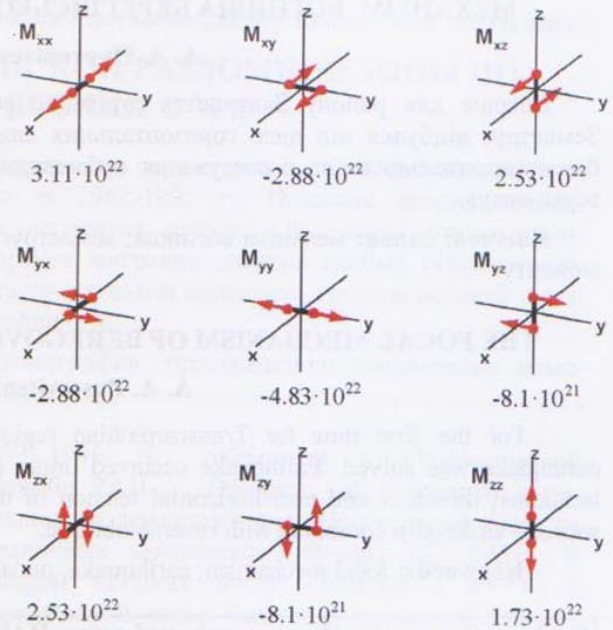
а – стереограмма по данным первых движений в продольных волнах (нижняя полусфера); б – направленность излучения волн Р для данного решения механизма (нижняя полусфера).



**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

- |                                                              |                     |
|--------------------------------------------------------------|---------------------|
| Разломные структуры                                          | кольцевые структуры |
| — краевые швы                                                | —                   |
| — субрегиональные внутрикоровые в подошве плитных комплексов | —                   |
| — с невыясненной морфологией                                 | —                   |
| — основные зоны линиаметов                                   | —                   |

**Рис. 2.** Сейсмотектоническая позиция очага Береговского землетрясения. Фрагмент тектонической карты Чоп-Мукачевской зоны по работе [Карта, 1988]. Разрывные нарушения (разломы): 6 – Припаннонский, 8 – Иванковский, 9 – Гатский, 10 – Мукачевский, 11 – Кольчинский, 12 – Боржавский, 13 – Виноградовский. На врезке: 1 – описываемый фрагмент карты; 2 – стереограмма механизма; 3 – простираение и падение разломов по нодальным плоскостям; 4 – направления главных напряжений.



**Рис. 3.** Компоненты тензора сейсмического момента (Дин·см).

**Литература**

Балакина Л. А., Введенская А. В., Голубева Н. В., Мишарина Л. А., Широкова Е. И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. – М.: Наука, 1972. – 198 с.  
 Карта разрывных нарушений и основных зон линиаметов юго-запада СССР, м-б 1:1000000, 1988, Мингео СССР, 4 листа.  
 Кутас В.В., Руденская И.М., Калитова И.А. Карпатский годограф Р и S – волн и неоднородности литосферы // Геофиз. журн. – 1999. – Т.21, №3. – С.45–54.  
 Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Корниенко Е.Е., Ярема И.И., Наривна М.М. Береговские землетрясения 15 и 23 ноября 2006 года // Сейсмологический бюллетень Украины за 2006 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2008. – С.42–62.  
 Юнга С. Л. О классификации тензоров сейсмических моментов на основе их изометрического отображения на сферу // Докл. РАН, 1997. – Т. 352, № 2. – С. 253–255.  
 Bulletin of the International Seismological Center (ISC), –2006. –Newbury–Berkshire.  
 Kennet B.L.N. Seismological Tables:ak135// Research School of earth Sciences Australian national University. Australia, Canberra, ACT0200. – 2005. – С.80.  
 Pronishin R.S., Pustovitenko B.G. Study of source parameters of the earthquakes of Transcarpatian region // Proceedings of the 3-rd International Symposium on the analysis of the seismicity and seismic risk. – Prague: Czechoslovak Academy, 1986. – P.225–231.

**МЕХАНІЗМ ВОГНИЩА БЕРЕГІВСЬКОГО ЗЕМЛЕТРУСУ 23 ЛИСТОПАДА 2006 р.**

**А. А. Пустовітенко, Р.С. Пронишин**

Вперше для району Закарпаття отримано розв'язок механізму вогнища відчутного землетрусу. Землетрус відбувся під дією горизонтальних сил стиснення, орієнтованих у широтному напрямку й близгоризонтальних сил розтягування субмеридіональної орієнтації. Тип переміщення у вогнищі – зсуво-насув.

**Ключові слова:** механізм вогнища; землетрус; нодальні площини; напруження; тензор сейсмічного моменту.

**THE FOCAL MECHANISM OF BEREGOVO EARTHQUAKE ON NOVEMBER, 23 IN 2006**

**A. A. Pustovitenko, R. S. Pronyshyn**

For the first time for Transcarpathian region the solution of the focal mechanism of perceptible earthquake was solved. Earthquake occurred under the influence of the horizontal compression, oriented in latitudinal direction and near-horizontal tension of the submeridional orientation. A first-motion type in the source – strike-slip combined with reverse-oblique.

**Keywords:** focal mechanism; earthquake; nodal planes; stresses; seismic moment tensor.

---

<sup>1</sup>*Отдел сейсмологии Института геофизики НАН Украины, г. Симферополь*

<sup>2</sup>*Отдел сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов*