

# АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ТЕНЗОРА СЕЙСМИЧЕСКОГО МОМЕНТА СИЛЬНЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ НОВЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ СЕЙСМОГРАММ

В.М. Павлов, И.Р. Абубакиров

Камчатский филиал Учреждения Российской академии наук Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН), pvm@emsd.ru

Предлагается алгоритм для расчета тензора сейсмического момента (ТСМ) сильных ( $M_w \approx 8$ ) землетрясений. Существующие методики расчета ТСМ, как правило, не учитывают протяженность очага землетрясения, что недопустимо при сильных землетрясениях и использовании станций на удалениях до трех тысяч километров. Исключением является работа японских ученых [Nakano et al., 2008], в которой одновременно с ТСМ оценивается временная функция источника (ВФИ). Однако такой способ достаточно сложен, а устойчивость получаемых с ее помощью оценок вызывает определенные сомнения. В данной работе применен относительно простой способ, в котором форма ВФИ зафиксирована, а неизвестной является лишь ее длительность.

Учет протяженности очага производится через длительность его временной функции. При этом излучение протяженного очага на низких частотах аппроксимируется излучением точечного источника с подходящей временной функцией. Для фиксированных глубины и длительности пробная оценка ТСМ вычисляется инверсией наблюдаемых широкополосных сейсмограмм, отфильтрованных в полосе периодов 60–120 секунд. Наилучшая оценка ТСМ находится в результате систематического перебора глубин и длительностей ВФИ. Коэффициенты при компонентах ТСМ являются функциями Грина, которые рассчитываются предварительно.

Для вычисления функций Грина используется компьютерная программа на основе оригинального алгоритма [Pavlov, 2004; Павлов, 2009]. Алгоритм относится к классу дискретноволновых. Оригинальным является метод расчета, так называемых, векторов движения-напряжения – неизвестных функций глубины. Для этого вводится матричный импеданс – матрица, при умножении на которую вектора движения получается вектор напряжения. Для слоисто-однородной изотропной упругой среды импеданс, а с его помощью и вектор движения-напряжения, рассчитываются по формулам, исключая источники численной неустойчивости. Алгоритм эффективен для слоев любой мощности и для любых частот.

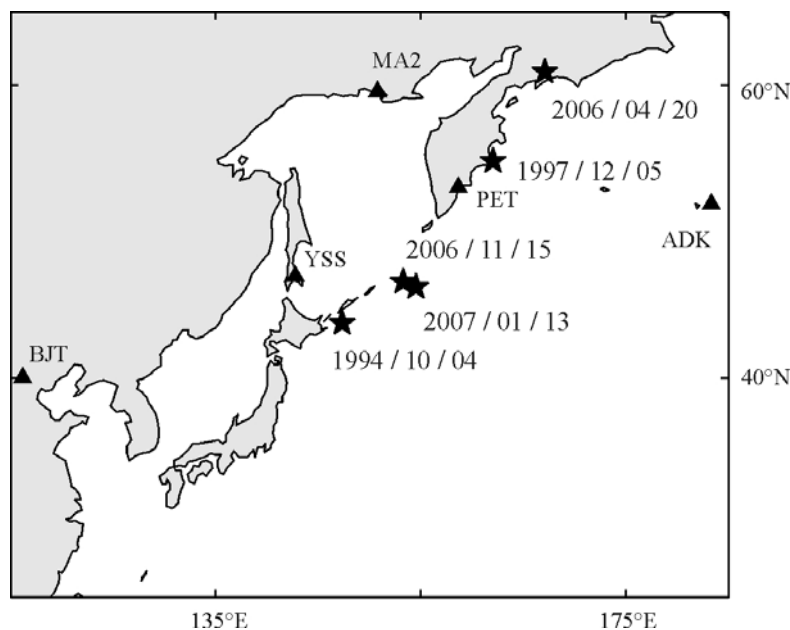
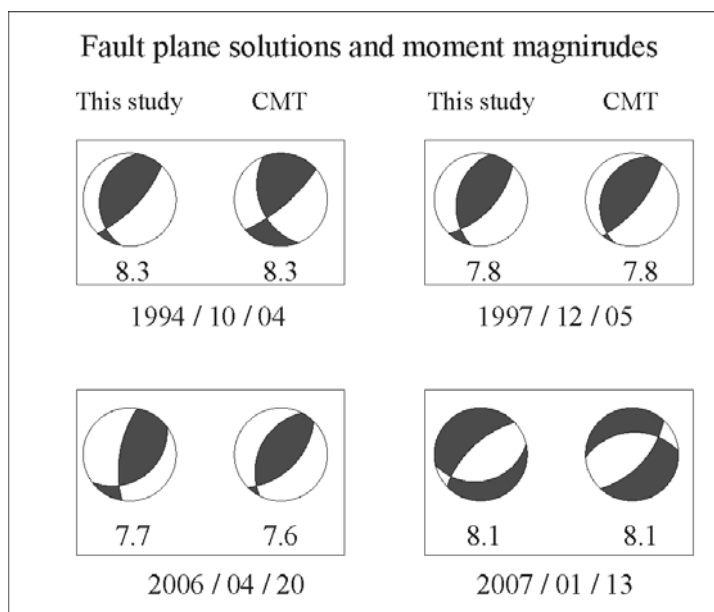


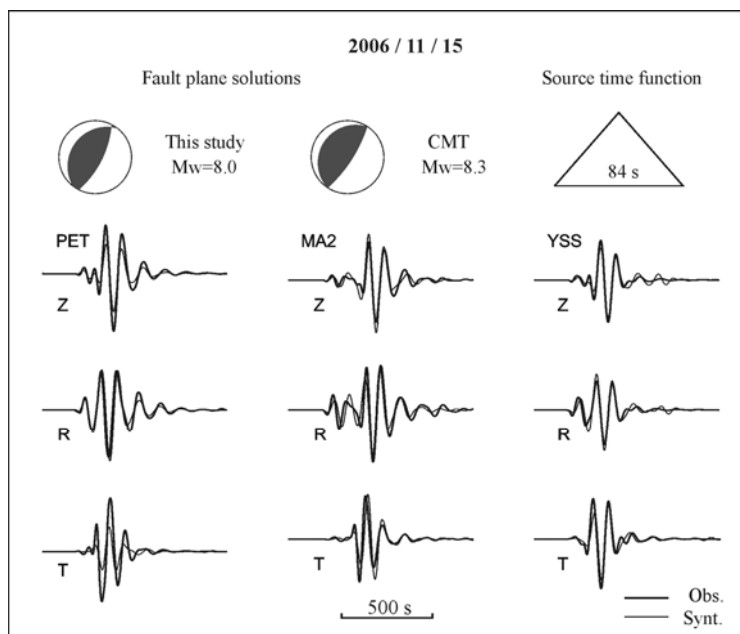
Рис. 1. – Положение эпицентров землетрясений и станций. Для каждого землетрясения использованы 3 станции: PET, YAK (на рисунке отсутствует), VJT для события 1994/10/04; MA2, YSS, ADK для события 1997/12/05; MA2, PET, YSS для событий 2006/04/20, 2006/11/15 и 2007/01/13.

Практическая оценка ТСМ выполнена для пяти крупнейших землетрясений, произошедших за последние пятнадцать лет на Дальнем Востоке России (см. рисунок 1): Шикотанское 4.11.1994 г. ( $M_w=8.3$ ), Кроноцкое 5.12.1997 г. ( $M_w=7.8$ ), Олюторское 20.04.2006 г., ( $M_w=7.6$ ), Симуширское 15.11.2006 г., ( $M_w=8.3$ ) и Симуширское землетрясение 13.01.2007 г., ( $M_w=8.1$ ). Использовались широкополосные записи этих землетрясений, записанные сейсмическими станциями региона в диапазоне эпицентральных расстояний от 800 до 2600 километров.

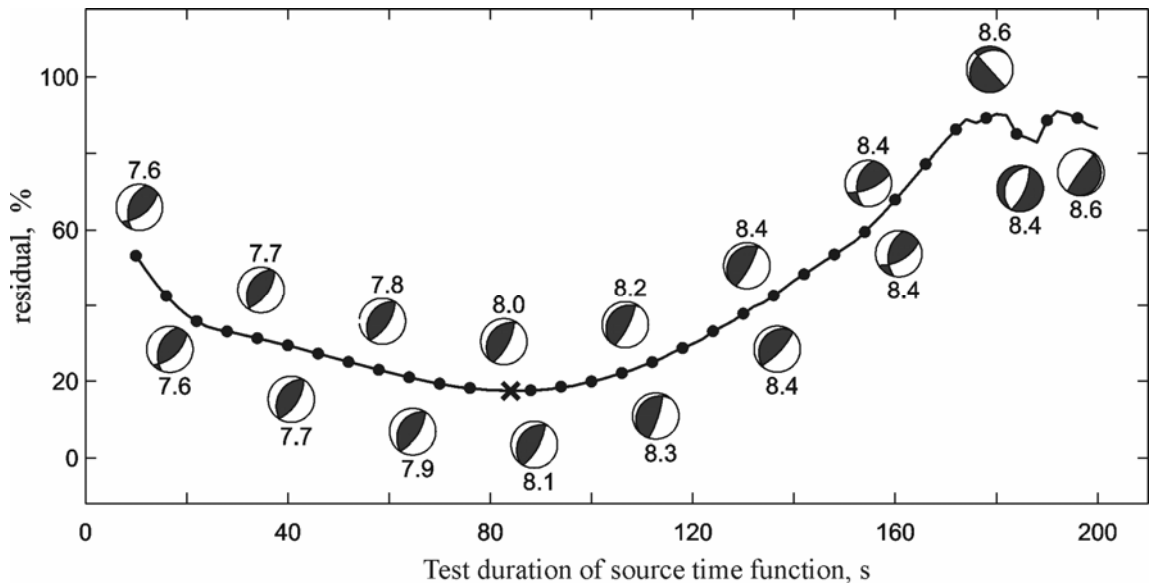
Сравнение с оценками СМТ-определений показывает, что тензоры ориентации («механизмы») находятся в хорошем согласии. Тогда как наши оценки  $M_w$  несколько ниже – в среднем на 0.2 единицы. Результаты показаны на рисунках 2-4.



**Рис. 2.** – Механизмы и моментные магнитуды  $M_w$  для 4-х из 5-ти землетрясений. Для землетрясения 2006/11/15 см. рисунки 3 и 4.



**Рис. 3.** – Механизмы и моментные магнитуды  $M_w$  для землетрясения 2006/11/15. Показана временная функция источника и результаты подгонки наблюдаемых сейсмограмм. Как наблюдаемые так и синтетические сейсмограммы профилированы в полосе периодов 60–120 секунд.



**Рис. 4.** – Зависимость результатов подгонки от пробной длительности временной функции источника для землетрясения 2006/11/15 (крестиком отмечен минимум). Слева шкала остаточной невязки.

### Список литературы

**Павлов В.М.** Матричный импеданс в задаче расчета синтетических сейсмограмм в слоисто-однородной изотропной упругой среде // Физика Земли, 2009. В печати.

**Nakano M., Kumagai H., Inoue H.** Waveform inversion in the frequency domain for the simultaneous determination of earthquake source mechanism and moment function // Geophys. J. Int. 2008. V. 173. P. 1000-1011.

**Pavlov V.M.** A convenient technique for calculating synthetic seismograms in a layered half-space // Proceedings of the Intern. Conf. "Problems of Geocosmos" / St. Petersburg: 2002. P. 320-323.