

ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА МАГНИТУДЫ M_{WP} УМЕРЕННЫХ И СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО РЕГИОНАЛЬНЫМ ШИРОКОПОЛОСНЫМ СЕЙСМОГРАММАМ

Абубакиров И.Р., Павлов В.М., Федосеева Е.Н.
Камчатский филиал Геофизической службы РАН

Петропавловск-Камчатский
2013

Цель исследования

Для быстрой оценки моментной магнитуды M_W в ряде зарубежных центров предупреждения о цунами используется магнитуда M_{WP} , которая определяется по сети станций путем интегрирования широкополосных записей смещений P -волн (Tsuboi, 1995, 1999). В условиях Дальневосточной сети использование стандартного метода не позволяет получить достаточно устойчивые оценки M_{WP} : расхождение с оценками M_W из глобального каталога СМТ может достигать более одной единицы магнитуды (Чебров Д.В., Гусев А.А., 2010).

Цель – разработать метод устойчивой оперативной оценки магнитуды M_{WP} , ориентированный на внедрение в СПЦ на Дальнем Востоке России. Здесь мы представляем разработанный метод и результаты его опробования на примере 92 умеренных и сильных ($M_W = 6.5–9.1$) землетрясений, произошедших в зоне ответственности Российской СПЦ в период с января 1994 г. по март 2013 г. Для реализации метода требуются региональные широкополосные сейсмограммы вертикальной компоненты. Координаты эпицентра предполагаются известными.

Метод оценки моментной магнитуды по широкополосным сейсмограммам P -волн, реализованный в РТВС и ВС/АТВС: M_{WP}

- Расчет значений M_{WP} по отдельным станциям:

$$M_0 = 4\pi\rho\alpha^3 r \max \left| \int_{t_p-10c}^{t_p+130c} u_z(x_r, t) dt \right|, \quad M_{wp} = \frac{2}{3} (\log_{10} M_0 - 9.1)$$

где u_z – вертикальная компонента записи смещений грунта, r – эпицентральное расстояние, ρ и α – значения плотности и скорости P -волн, t_p – время вступления P -волны.

- Усреднение стационарных оценок M_{WP}
- Аддитивная поправка 0.2 к средней по сети оценке M_{WP} , для компенсации эффектов диаграммы направленности
- Магнитудно-зависимая поправка

$$M_{wp} = (M_{wp} - 1.3) / 0.843$$

Новый метод оценки M_{WP} , основанный на обработке записей в нескольких полосах частот

- (1) Расчет значений $M_{WP}(f)$ для набора частотных полос.
- (2) Выбор финальной оценки M_{WP} из набора оценок $M_{WP}(f)$.

Для расчета M_{WP} в каждой из полос используется модифицированный вариант процедуры, внедренной в RTWC и WC/ATWC.

Модификация касается способов расчета скалярного сейсмического момента и усреднения стационарных значений $M_{WP}(f)$.

Расчет стационарных значений $M_0(f)$ для набора частотных полос

$$M_0(f_j) = \max \left(\left| \int_{t_p}^{t_p+d} u_z(\mathbf{x}_r, t | f_j) dt \right| \right) 4\pi\rho\alpha^3 r,$$

$$d = \min(120, (2000 - r)/\alpha + 120, t_s - t_p)$$

- $u_z(\mathbf{x}_r, t | f_j)$ – профильтрованная запись вертикальной компоненты истинных смещений грунта, которая рассчитывается по исходной записи широкополосного велосиметра путем последовательного применения операций деконволюции, интегрирования и полосовой фильтрации.
- Значение α принято равным 7.9 км/с, $\rho = 3400$ кг/м³.
- Значение $t_s - t_p$ оценивается как r/v , где $v = 9.7$ км/с.
- Величина d , для эпицентральных расстояний $r=6^\circ$ - 22° , находится в диапазоне от 64 до 120 с.

Расчет средних по сети значений $M_{WP}(f)$

$$M_{wp}(f_j) = \frac{\sum_{i=1}^{n_{sta}} w_i(f_j) M_{wp}^i(f_j)}{\sum_{i=1}^{n_{sta}} w_i(f_j)} + 0.2$$

$$w_i(f_j) = \frac{\max\left(\left|\int_{t_p}^{t_p+d} u_z(\mathbf{x}_{r_i}, t|f_j) dt\right|\right)}{\max\left(\left|\int_{t_p-d}^{t_p} u_z(\mathbf{x}_{r_i}, t|f_j) dt\right|\right)}$$

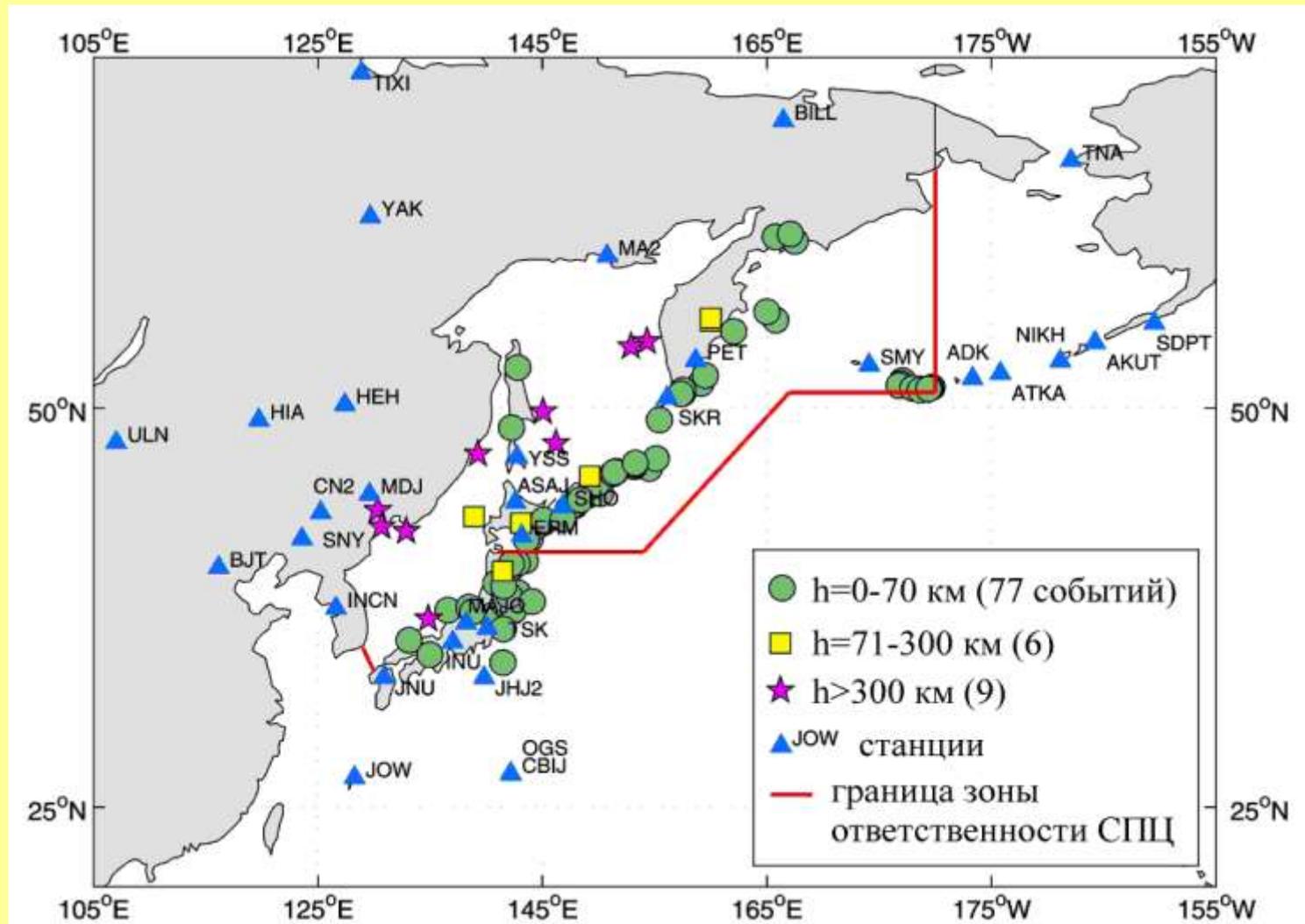
- $w_i(f_j)$ – веса, представляющие собой оценку отношения сигнал/шум.
- Магнитудно-зависимая поправка **не** используется.

Правило выбора финальной оценки M_{WP} из набора значений $M_{WP}(f)$

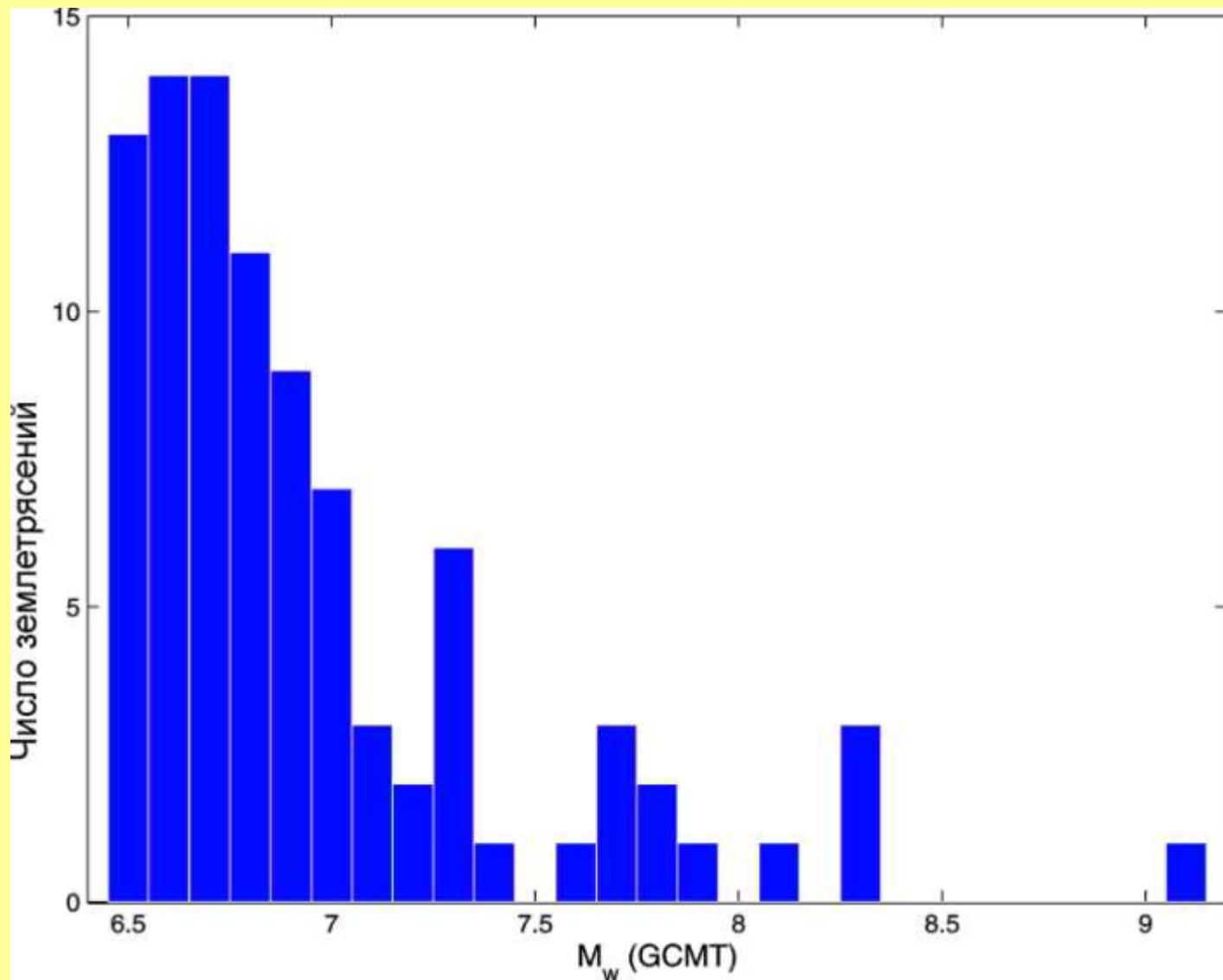
Пороговые уровни магнитуд $M_{WP}(f)$:

№ полосы частот	Диапазон частот, мГц (периодов, с).	Пороговый уровень магнитуды
1	20-200 (50-5)	6.7
2	13.3-33.3 (75-30)	7.05
3	6.67-33.3 (150-30)	7.35
4	2.5-33.3 (400-30)	7.95
5	1-33.3 (1000-30 с)	∞

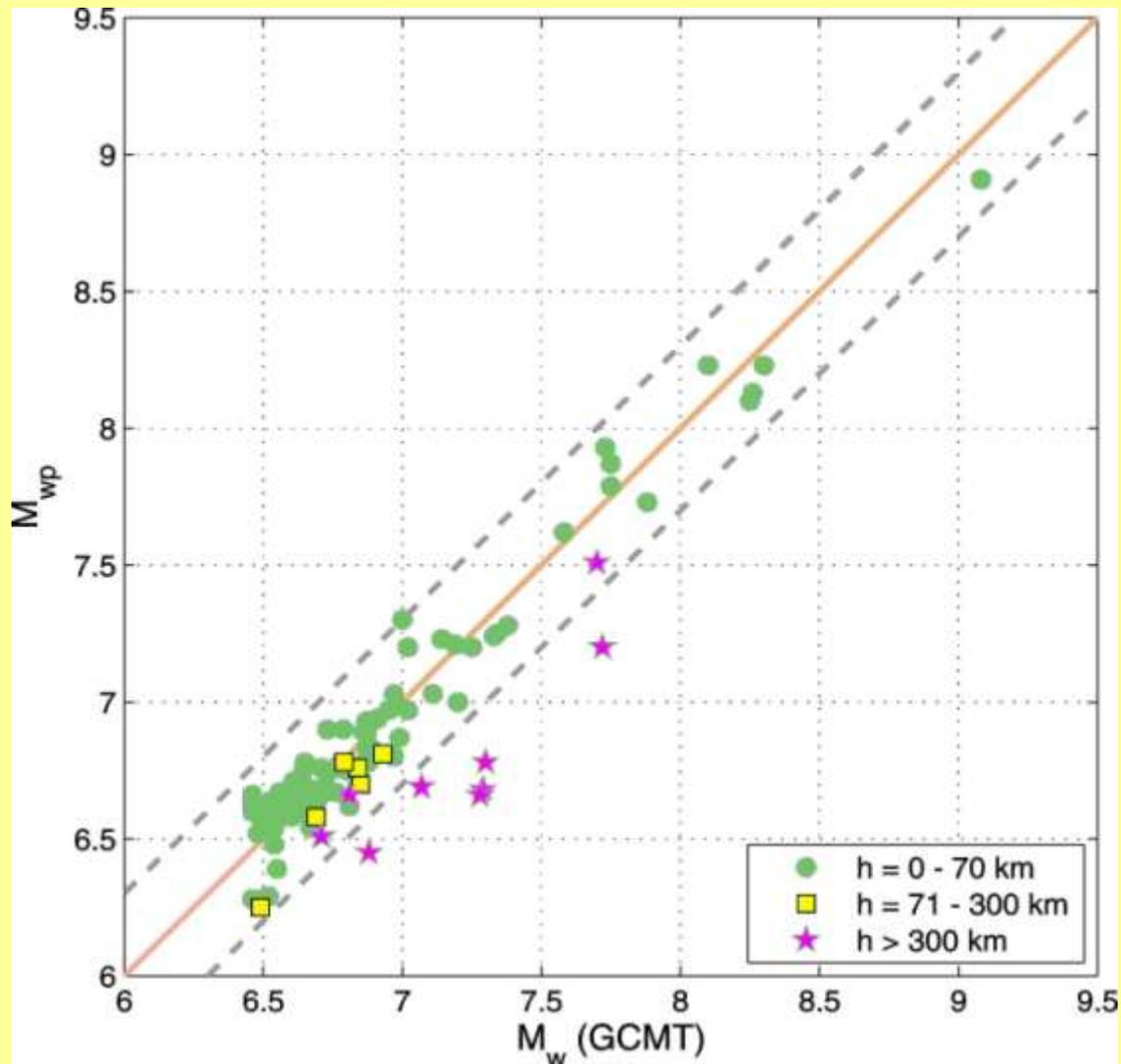
Положение эпицентров 92 обработанных землетрясений ($M_W = 6.5-9.1$) и использованных сейсмических станций ($\Delta = 6^\circ-22^\circ$)



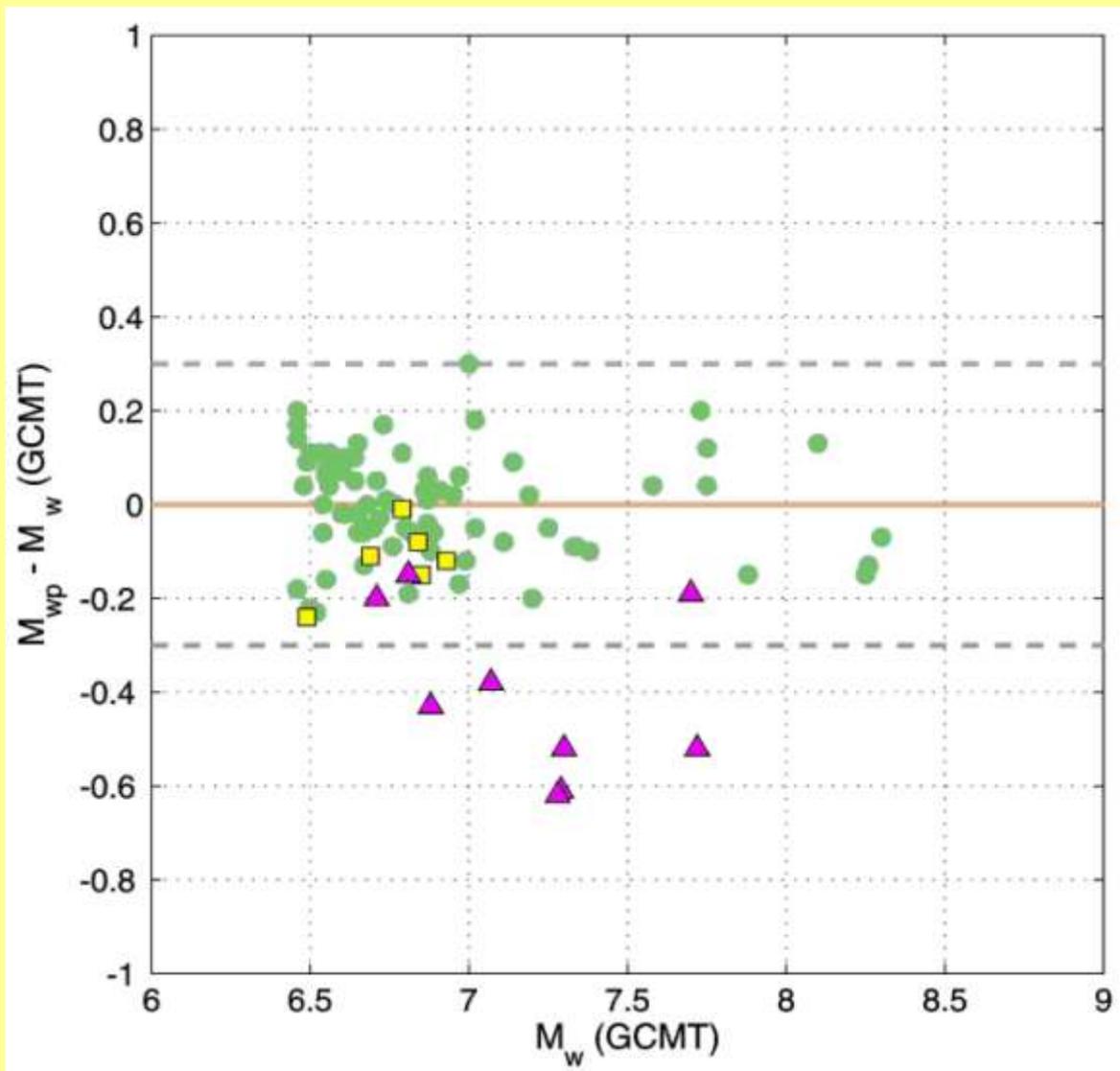
Распределение обработанных землетрясений по магнитуде



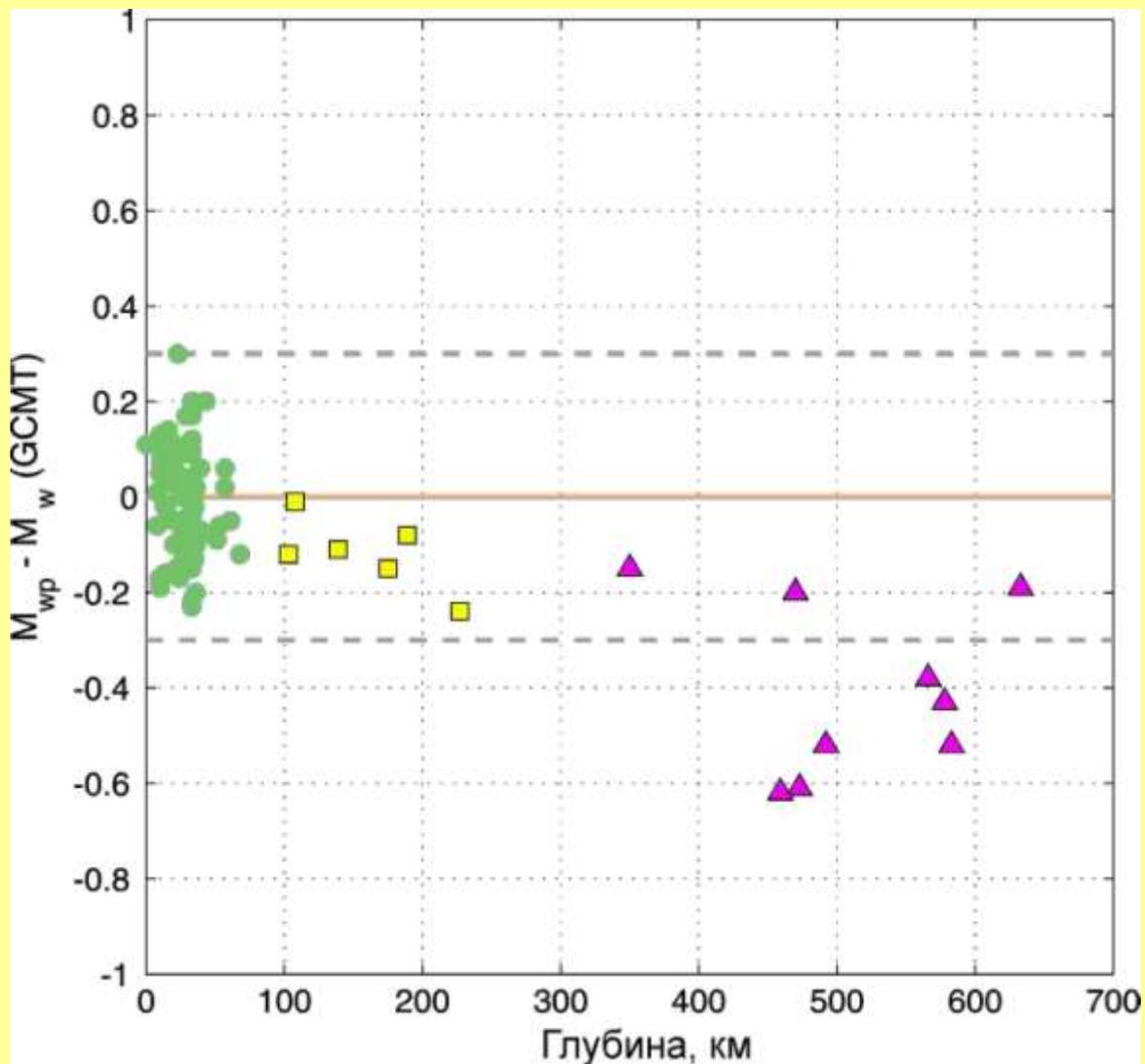
Сопоставление полученных оценок M_{WP} с оценками M_W из глобального каталога CMT



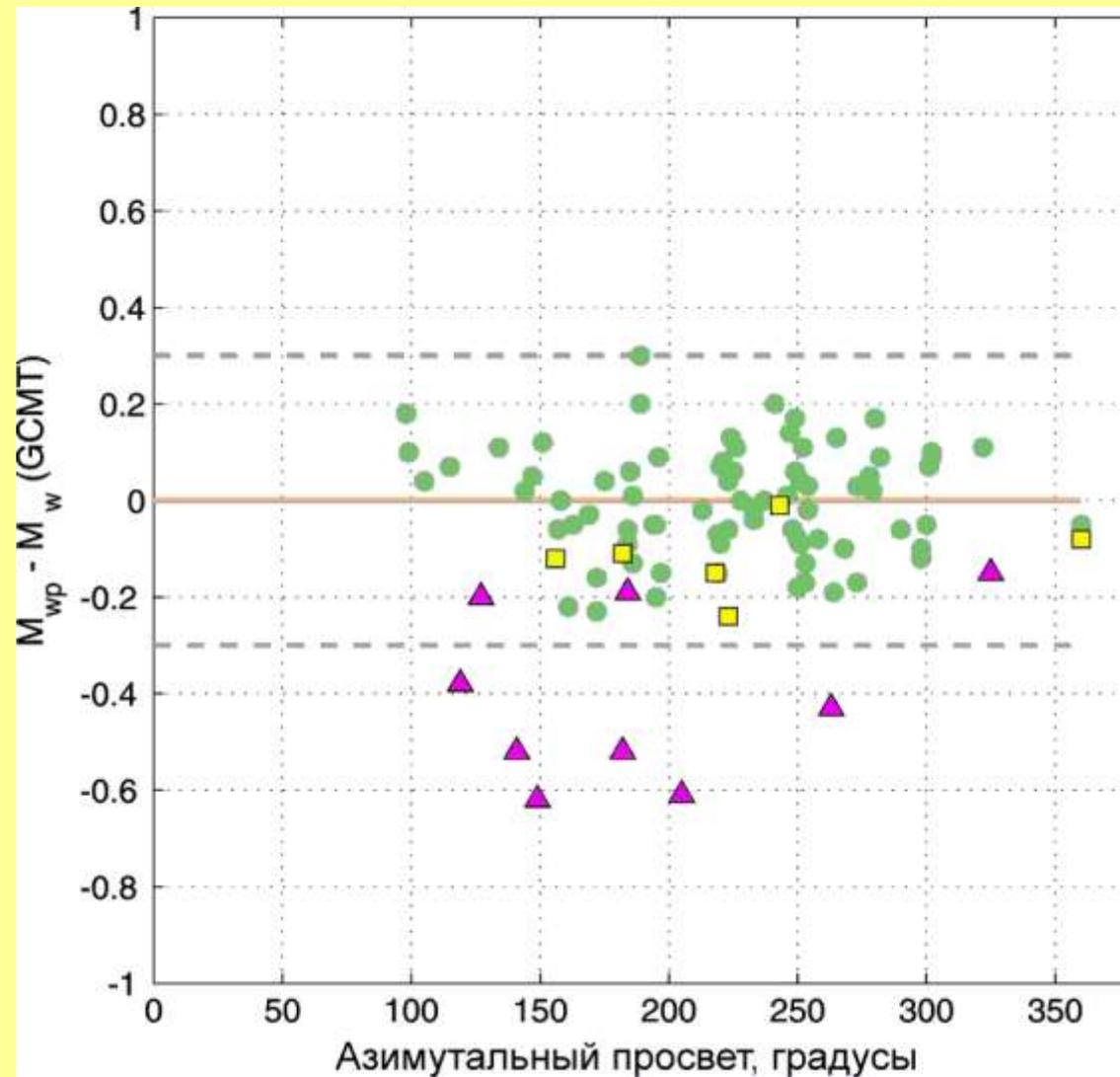
Невязка $M_{WP} - M_W$ как функция M_W



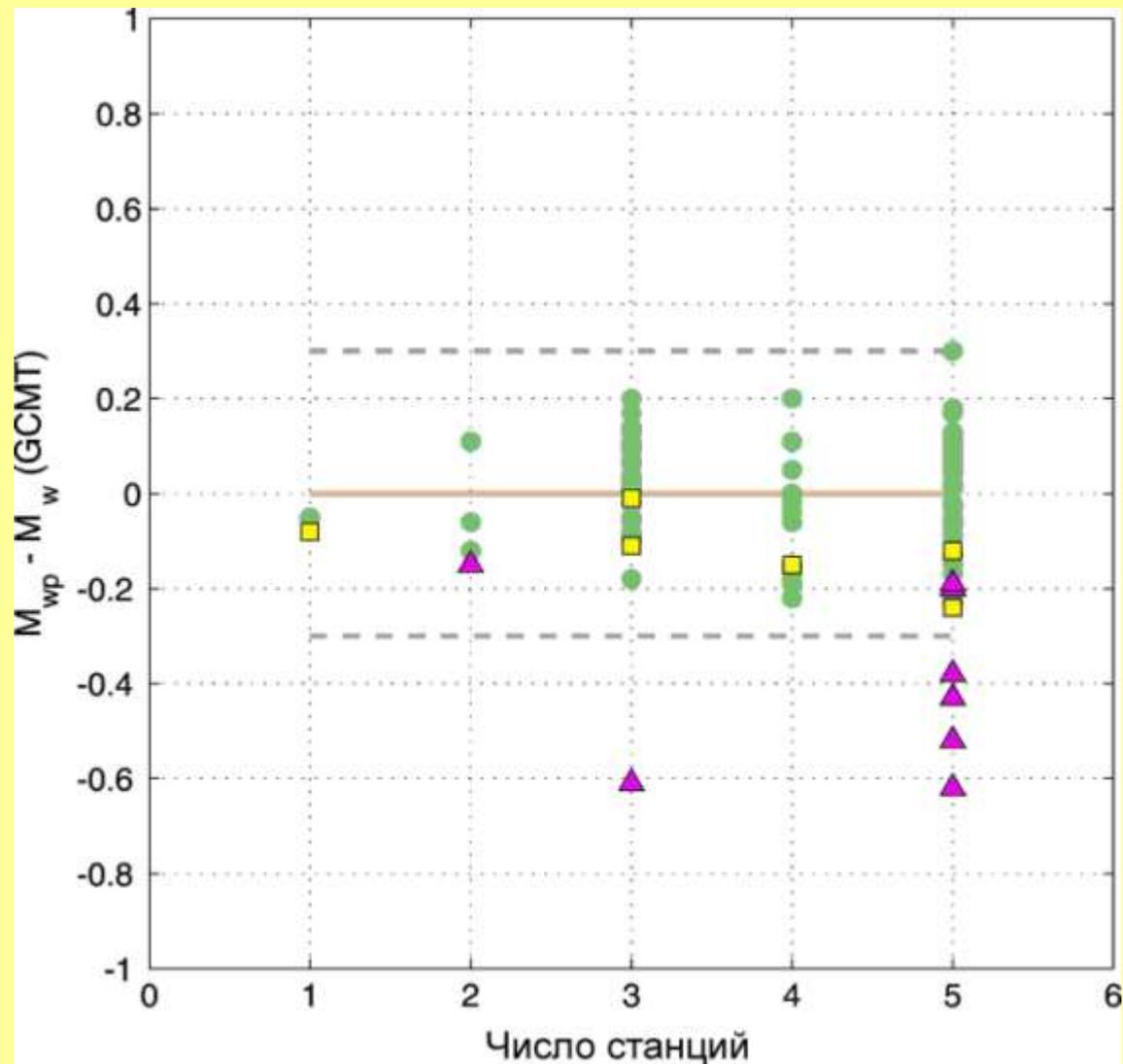
Невязка $M_{WP} - M_W$ как функция глубины гипоцентра



Невязка $M_{WP} - M_W$ как функция азимутального просвета



Невязка $M_{WP} - M_W$ как функция числа станций



Параметры распределения невязки магнитуд $M_{WP} - M_W$ для трех интервалов глубин гипоцентров

Интервал глубин, км	Среднее значение	Стандартное отклонение	Максимальное абсолютное значение
0-70	-0.001	0.11	0.30
71-300	-0.12	0.08	0.24
301-700	-0.40	0.18	0.62

Выводы

- Разработанный метод позволяет получить надежные оценки M_{WP} умеренных и сильных ($M_W = 6.5 - 9.1$) землетрясений из зоны ответственности СПЦ на Дальнем Востоке России по региональным широкополосным сейсмограммам P -волн, зарегистрированным в диапазоне эпицентральных расстояний от 6 до 22 градусов.
- Для **поверхностных и промежуточных** толчков максимальное расхождение с оценками M_W из глобального каталога СМТ не превышает **0.3** единиц магнитуды. Для **глубоких** событий недооценка M_W может достигать **0.6** единиц магнитуды.
- Время, необходимое для получения оценок M_{WP} , не превышает 7 мин от времени в очаге землетрясения.
- Для подготовки метода к внедрению в СПЦ необходимо:
 - (1) проверить устойчивость к ошибкам в определении координат эпицентра, типичным для условий работы СПЦ в режиме реального времени;
 - (2) расширить область применимости в сторону меньших магнитуд порядка 5.0-5.5.

- ***Спасибо за внимание***