

УДК 550.343

СХЕМА ОЧАГОВЫХ ЗОН СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАМЧАТКИ ЗА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

А. А. Гусев^{1,2}

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

²*Камчатская опытно-методическая сейсмологическая партия Геофизической службы РАН
г. Петропавловск-Камчатский*

Аннотация. Составлена карта-схема очаговых зон сильнейших землетрясений тихоокеанской фокальной зоны у берегов Камчатки за 1899-2000 г.г. на основе критической компиляции данных из разных источников по состоянию на 2003 г. Важное преимущество карты-схемы – учет существенной ревизии магнитуд каталога Гутенберга и Рихтера, предпринятой Абе и Ногучи.

Ключевые слова: сейсмичность, каталог землетрясений, магнитуда, Камчатка.

THE SCHEMATIC MAP OF THE SOURCE ZONES OF LARGE KAMCHATKA EARTHQUAKES OF THE INSTRUMENTAL EPOCH

A. A. Gusev^{1,2}

¹*Institute of Volcanology and Seismology, Far East Branch, Russ.Ac.Sci.*

²*Kamchatkan Methodical Seismological Department., Geophysical Service, Russ.Ac.Sci
Petropavlovsk-Kamchatsky*

Abstract. A schematic map is compiled of the source zones/faults of the largest earthquakes in the Pacific seismic zone near Kamchatka for 1899-2000 on the basis of critical reviewing of the data from various sources. The main advantage of the new schematic map is the incorporation of the major revision of magnitudes of the catalog of Gutenberg&Richter performed by Abe and Noguchi.

Key words: seismicity, earthquake catalog, magnitude, Kamchatka.

В 1960–е годы С.А.Федотовым [5,6] была составлена довольно непротиворечивая схема пространственной организации протяженных очаговых зон сильных землетрясений Курило-Камчатской сейсмической зоны. Схема Федотова в определенной мере базировалась на гипотезе наличия «мертвого времени» (порядка 70 лет) для заполнения участка фокальной зоны очагом следующего сильнейшего землетрясения. Ниже приводятся обновленные схемы такого рода для Камчатки с учетом пересмотра магнитуд М Гутенберга для периода 1898-1917 г., проведенного Абе и Ногучи в работах [7,8,9,10]. При этом известная серия камчатских землетрясений 1904 г. потеряла свой характер уникально мощного события: ее суммарная моментная магнитуда едва достигает 7.7. Принцип мертвого времени при построении схемы специально не учитывался, но в соответствии с этим принципом при рисовке близких по времени очаговых зон с плохо известными деталями избегали перекрытий. При нанесении на схему малонадежных очаговых зон учитывали результаты С.А.Федотова [5] и А.В. Викулина [1].

Результаты Абе и Ногучи были ранее рассмотрены А.А. Гусевым и Л.С. Шумилиной (далее ГШ) [3]. В этой статье также подробно обсуждены вопросы определения и уточнения магнитуды камчатских землетрясений за последние три века; обоснован и обсужден переход к шкале моментной магнитуды M_w , и составлен каталог значений M_w . Мы будем пользоваться результатами этой работы. Ниже будут даны некоторые дополнения и поправки к каталогам из этой статьи. Землетрясения на глубине более 200 км не рассматривались.

На рис 1. приведен новый вариант расположения очаговых зон землетрясений Камчатки за 1899-2003 гг. (Под «очаговой зоной» здесь понимается проекция очага на плоскость карты). Нижний уровень по магнитуде выбран $M_w > 7.5$, глубины до 120 км. Нанесены также некоторые очаги с $M_w = 7.3-7.4$. На схеме выделяются следующие четыре категории рисовки границ очаговых зон: (1) – возможные, когда реальная ошибка эпицентра может быть ощутимо больше размера изображенной очаговой зоны; (2) – сомнительные, когда эпицентр скорее всего накрыт изображением очаговой зоны; (3) – малоточные, когда границы очага проведены в основном по телесейсмически определенным эпицентрам афтершоков; и (4) – относительно надежные, проведенные в основном по эпицентрам афтершоков, полученным местной сетью.

Дадим пояснения к схеме в календарном порядке. В том же списке дадим попутно предлагаемые уточнения и добавки к [3]. Обозначения НК – «Новый каталог...» [4], ГР – Gutenberg&Richter [13]: CENT – гл. 41 в «International Handbook...» [14].

1899.11.23. 53.0° с.ш. 159.0° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w = 7$ (ГШ). Первое из инструментально зарегистрированных землетрясений на Камчатке. Его время в очаге и координаты приводит Гутенберг в известной сводке [12], и приписывает ему магнитуду $M = 7.9$. Составители наиболее авторитетного в СССР/России «Нового каталога...» не ревизуют эти цифры, и приписывают эпицентру точность: $\pm 3^\circ$ по широте, и $\pm 2^\circ$ по долготе. Само же землетрясение отмечено как «сомнительное», несмотря на то, что Гутенберг имел в своем распоряжении материалы регистрации мировой сетью приборов Милна, которая насчитывала в 1899 г. 14 станций [9]. В названной работе Абе и Ногучи опубликовали исходную магнитуду M_s из записей Гутенберга: $M_s^{(GR)} = 7.8$. (Здесь и ниже верхний индекс GR указывает на исходную калибровку шкалы M_s Гутенбергом, в то время как «современная» магнитуда M_s по Пражской формуле, обозначаемая далее $M_s^{(PR)}$, в среднем на 0.2 выше). Позднее Абе и Ногучи [10] обнаруживают систематическую ошибку всех предыдущих работ – неучет резонансного характера кривой увеличения приборов Милна до введения в них затухания Шоу, и дают исправленное значение $M_s^{(GR)} = 7.4$, что соответствует $M_s^{(PR)} = 7.6$. На основе известной корреляции $M_s - M_w$ в ГШ для события оценена $M_w = 7.6$. В каталоге SECNE [15] происхождение оценок координат и глубины ошибочно приписано якобы существующим макросейсмическим данным. Приводится также оценка $M_w = 7.0$ по балльности в эпицентре! К сожалению, на самом деле макросейсмических данных о событии 1899.12.23 не имеется. Формально, эпицентр по Гутенбергу, определенный по сети приборов Милна, оказывается на берегу Авачинского залива в 40 км к востоку от Петропавловска-Камчатского. Полностью исключить возможность подобного землетрясения здесь в 1899 г. невозможно, но это представляется маловероятным. Отсутствие макросейсмических данных с учетом весьма низкой точности эпицентра заставляет предполагать гораздо более обычное положение очага – в основной фокальной зоне Камчатки, под континентальным склоном. На схеме рис. 1 приведен вариант возможного положения очага события 1899 г. в основной фокальной зоне к югу от Петропавловска-Камчатского, на расстоянии более 100 км. При таком удалении ожидаемая, балльность 6 или менее вполне могла остаться неотмеченной в реальных условиях тогдашнего населенного пункта. Наш выбор далек от однозначного: другой эпицентр с подобным же удалением от Петропавловска-Камчатского, например, в Кроноцком заливе или на траверзе Авачинской губы, также вполне приемлем.

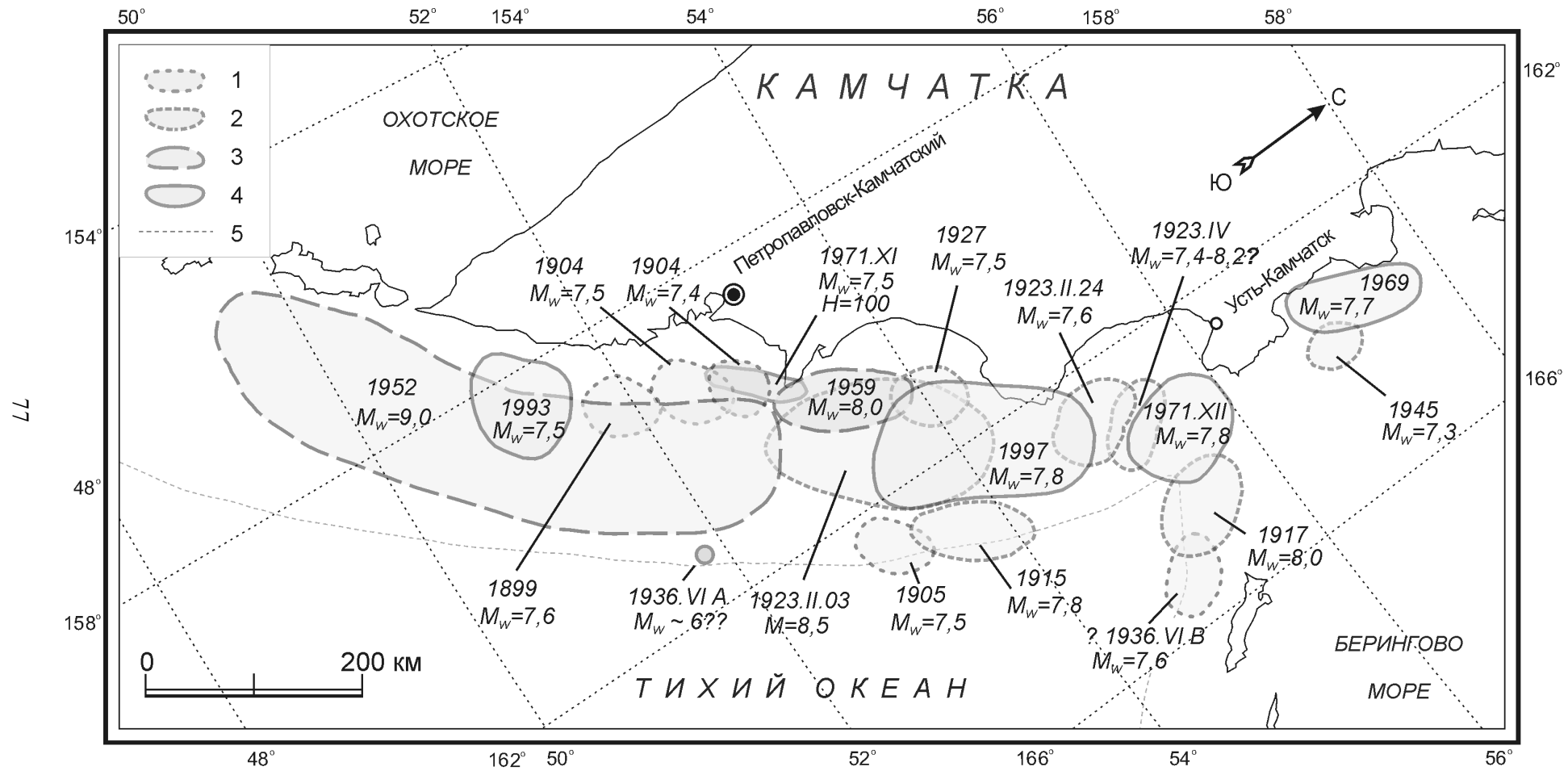


Рис. 1. Новый вариант расположения очаговых зон землетрясений Камчатки за 1899-2003 гг.

1904.06.25. 14:45 52.0° с.ш. 159.0° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.4$ (ГШ).

1904.06.25. 21:00 52.0° с.ш. 159.0° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.5$ (ГШ). Эти два события и еще толчок 1904.06.27 с $M_w=7.5$. имеют в НК точность эпицентра $\pm 1^\circ$. Вероятно, очаги находились ближе к Петропавловску-Камчатскому, иначе едва ли они создали бы там сотрясения в 8 баллов. Они нанесены гипотетически с учетом этого соображения.

1905.09.15. 53.0° с.ш. 164.0° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.5$ (ГШ).

1907.08.17. 52.0° с.ш. 157.0° в.д., глубина 120 км (НК), $M_w=7.0$ (Исправление к ГШ).

1911.05.04. 51.8° с.ш. 156.0° в.д., глубина 140 км (НК), 240 км (ГР), $M_w=7.5$. Нет в (ГШ).

1915.07.31. 53.5° с.ш. 163.3° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.8$ (ГШ).

1917.01.30. 55.2° с.ш. 164.5° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=8.0$ (ГШ).

1923.02.03. 53.0° с.ш. 161.0° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=8.5$ (ГШ). Возможно, M_w ближе к 8.7.

1923.02.24. 55.0° с.ш. 162.4° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.6$ (Исправление к ГШ).

По НК, полагая использование пражской формулы, $M_s^{(PR)}=7.7$, в то время как по Абе $M_s^{(GR)}=7.4$, так что $M_s^{(PR)}=7.6$. Осредняя и переходя к M_w , получаем приводимую оценку. Образует пространственный дублет вместе со следующим событием. В СЕНТ «уточненный» эпицентр (55.94N 162.62E) попадает в окрестность Усть-Камчатка; это противоречит глухой информации о сотрясениях. (5-6 баллов по [1]).

1923.04.13. 55.4° с.ш. 162.8° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.4-8.2$ (Исправление к ГШ) Магнитуда этого землетрясения обладает большой неопределенностью: сейсмические волны дают $M_s^{(GR)}=7.2$, а масштаб цунами и на побережье, и вдали указывает на цунами-магнитуду $M_t=8.2$. Возможно, имело место «цунами-землетрясение» по Канамори, когда M_t заметно превышает сейсмологическую оценку M_w . [16] реконструировал источники трех известных цунами-землетрясений: Алеутского 1946, Никарагуа 1992 и Санрику 1896. Каждый из этих случаев он объясняет необычно высокой эффективностью генерации цунами за счет малой глубины очага, его удлиненной формы, его расположения в низко модульной среде (аккреционная призма, осадки вблизи желоба) либо за счет необычно резкого рельефа дна. В данном случае расположение вблизи желоба маловероятно (9 баллов в Усть-Камчатке).

1927.12.28. 53.8° с.ш. 161.4° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.5$ (ГШ) В НК это землетрясение ошибочно приписано к 1925 г. В СЕНТ «уточненный» эпицентр (55.66N 160.04E) попадает глубоко на сушу и, скорее всего, ошибочен (цунами-магнитуда $M_t=7.5$), либо относится к первому событию тесного во времени дублета.

1936.06.30. 55.0° с.ш. 165.0° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.6$ В НК отмечено противоречие инструментальных координат (51.2N 161.6E) и макросейсмических данных (8-9 баллов на о. Беринга, соответствующий гипотетический эпицентр по НК см. выше). Предположительно, имел место тесный дублет (с запаздыванием по времени от 10 с до 5 мин), с первым событием на траверзе Авачинского зал. (А на схеме) и вторым, намного более мощным, в Алеутском желобе (В на схеме).

1945.04.15. 57.0° с.ш. 164.0° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.3$ (ГШ).

1952.11.04. 52.3° с.ш. 161.0° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=9.0$ (ГШ).

1952.11.29. 52.8° с.ш. 159.2° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.3$. (Исправление к ГШ).

1959.05.04. 53.1° с.ш. 160.3° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=8.0$ (ГШ).

1959.06.18. 53.9° с.ш. 160.5° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.0$. (Исправление к ГШ).

1969.11.22. 57.8° с.ш. 163.6° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.7$ (ГШ).

1971.11.24. 52.67° с.ш. 159.5° в.д., глубина 125 км (НК), $M_w=7.5$ (ГШ). На карте отмечена глубина 100 км по данным местной сети.

1971.12.15. 55.91° с.ш. 163.37° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.8$ (ГШ).

1993.06.08. 51.25° с.ш. 157.77° в.д., глубина 50 км, $M_w=7.5$ (ГШ).

1996.01.01. 54.00° с.ш. 159.65° в.д., глубина 10 км, $M_w=6.7$. Землетрясение пропущено в Гарвардском каталоге, так как плохо выделяется на фоне толчка с $M=7.6$ в Индо-

незии, произошедшего на 2 часа ранее. Магнитуды: $M_s(\text{NEIC USA})=6.6$. $M_L(\text{ЦСО Обнинск})=7.0$. $M_w=6.7$ и глубина центраида 10 км определены В.М. Павловым по совместному анализу длиннопериодного смещения в ближней зоне и статических деформаций.

1997.12.05. 54.88° с.ш. 161.95° в.д., глубина нормальная (НК), $M_w=7.8$. (Исправление к ГШ).

Анализ движений пунктов GPS [2,11] и Гарвардский каталог одинаково дают $M_w=7.8$ для косейсмической подвижки; при суммарном учете пресейсмической, косейсмической и постсейсмической подвижки за интервал времени (-15 сут. - +18 сут) относительно момента землетрясения получили $M_w=8.0$.

Детальная интерпретация полученной карты-схемы не входила в задачу работы. Однако нельзя не отметить кажущейся тенденции очагов землетрясений «класса $M_w=7.4-7.5$ » располагаться полосой вдоль тыловой (западной) границы основной фокальной зоны. Эта тенденция, если ее реальность подтвердится в дальнейшем, геомеханически хорошо понятна: названные очаги маркируют зону концентрации напряжений, оперяющих разломов и/или сопряженных разломов более низкого ранга, которая должна формироваться на периферии площадок гигантских субдукционных очагов с $M_w=8.5-9$.

Взгляд на рис. 1 может навести на мысль о возможности и второй подобной полосы – вдоль глубоководного желоба. Такое рассуждение преждевременно. Во-первых, положение очагов 1905 и 1915 г известно с низкой точностью (± 1). Во вторых, могут иметь иной тектонический характер, и быть внутриплитовыми «нормальными» сбросами, типичными для подобных участков других зон субдукции.

Автор благодарен Л.С.Шумиловой за полезные замечания.

Список литературы

1. Викулин А.В. Вариант долгосрочного сейсмического прогноза для Камчатского залива и Кроноцкого полуострова. // Вулканол. Сейсмол. №3, 1986, с. 72-83.
2. Гордеев Е.И., Гусев А.А., Левин В.Е., Бахтиаров В.Ф., Павлов В.М., Чебров В.Н. и Касахара М. Предварительный анализ перемещений станций GPS на Камчатке: скорости плит и геодезический предвестник землетрясения. //Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы, Петропавловск-Камчатский, 2001, С. 82-94.
3. Гусев А.А., Шумилина Л.С. Повторяемость сильных землетрясений Камчатки в шкале моментных магнитуд. // Физика Земли, 2004, № 3. с.34-42.
4. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. 1977, М.: Наука, 535с.
5. Федотов С.А.. Закономерности распределения сильных землетрясений Камчатки, Курильских о-вов и северо-восточной Японии. // Труды Ин-та физики Земли, 1965, №36(203).
6. Федотов С.А. О сейсмическом цикле, возможности количественного сейсмического районирования и долгосрочном сейсмическом прогнозе // Сейсмическое районирование СССР. Гл. 8. М.: Наука, 1968.с. 121-150.
7. Abe, K. Magnitudes of large shallow earthquakes from 1904 to 1980. //Phys. Earth Planet. Interiors. 1981, 27. pp. 72-92.
8. Abe, K. Complements to magnitudes 1904 - 1980. //Phys. Earth Planet. Interiors. 1984, 34, pp. 17-23.
9. Abe K. and Noguchi S. Determination of magnitude for large shallow earthquakes, 1898-1917.//Phys. Earth Planet. Interiors. 1983, 32, pp. 45-59.
10. Abe K. and Noguchi S. Revision of magnitudes of large shallow earthquakes, 1897-1912// Phys. Earth Planet. Interiors. 1983, 33, pp. 1-11.

11. Gordeev E.I., A.A. Gusev, V.E. Levin, V.F. Bakhtiarov, V.M. Pavlov, V.N. Chebrov and M. Kasahara. Preliminary analysis of deformation at the Eurasia–Pacific–North America plate junction from GPS data. // *Geophys. J. Int.* 2001, 147, pp189–198.
12. Gutenberg B. Great earthquakes 1896-1903. // *Trans. Amer. Geophys. Union.* 1956, 37, pp.608-614.
13. Gutenberg B. and C. Richter. *Seismicity of the Earth and associated phenomena.* Princeton Univ. Press, Princeton, . 1954, 310 pp.
14. *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, part A,* Amsterdam, Academic Press, 2003, 934 pp.
15. Kondorskaya N.V., and V.I. Ulomov (Editors), *Special catalogue of earthquakes of the Northern Eurasia (SECNE)*, URL:
<http://www.seismo.ethz.ch/gshap/neurasia/nordasiacat.txt>
16. Satake K.. *Seismotectonics of tsunami.* Int. Workshop «Tsunami mitigation and risk assessment” 1996, Petropavlovsk-Kamchatskiy, Russia.