

НЕОБЫЧНАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВИЗАЦИЯ В КАРАГИНСКОМ ЗАЛИВЕ (МАРТ – СЕНТЯБРЬ 2013 Г.)

В.А. Салтыков

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, salt@emsd.ru

Введение

Одним из интересных сейсмических эпизодов 2013 г. на Камчатке является активизация в районе Карагинского залива, начавшаяся 13 марта 2013 г. 3:12 землетрясением $M_L = 6.2$, $M_W = 5.8$ (рис. 1), которое стало наиболее значительным в цепи последующих землетрясений. По мнению автора, необычными особенностями последовательности этих землетрясений являются 1) ярко выраженная линейность облака афтершоков, 2) большая протяженность этой линейной группы: ≈ 150 км, что на порядок превышает размеры афтершоковой области для землетрясения с магнитудой $M \sim 6$. Впрочем, сам факт возникновения землетрясения с магнитудой $M \sim 6$ в районе Карагинского залива уже представляется интересным. Ниже приведены фактические данные, относящиеся к самому землетрясению, а также обсуждаются некоторые аспекты обработки этих землетрясений.

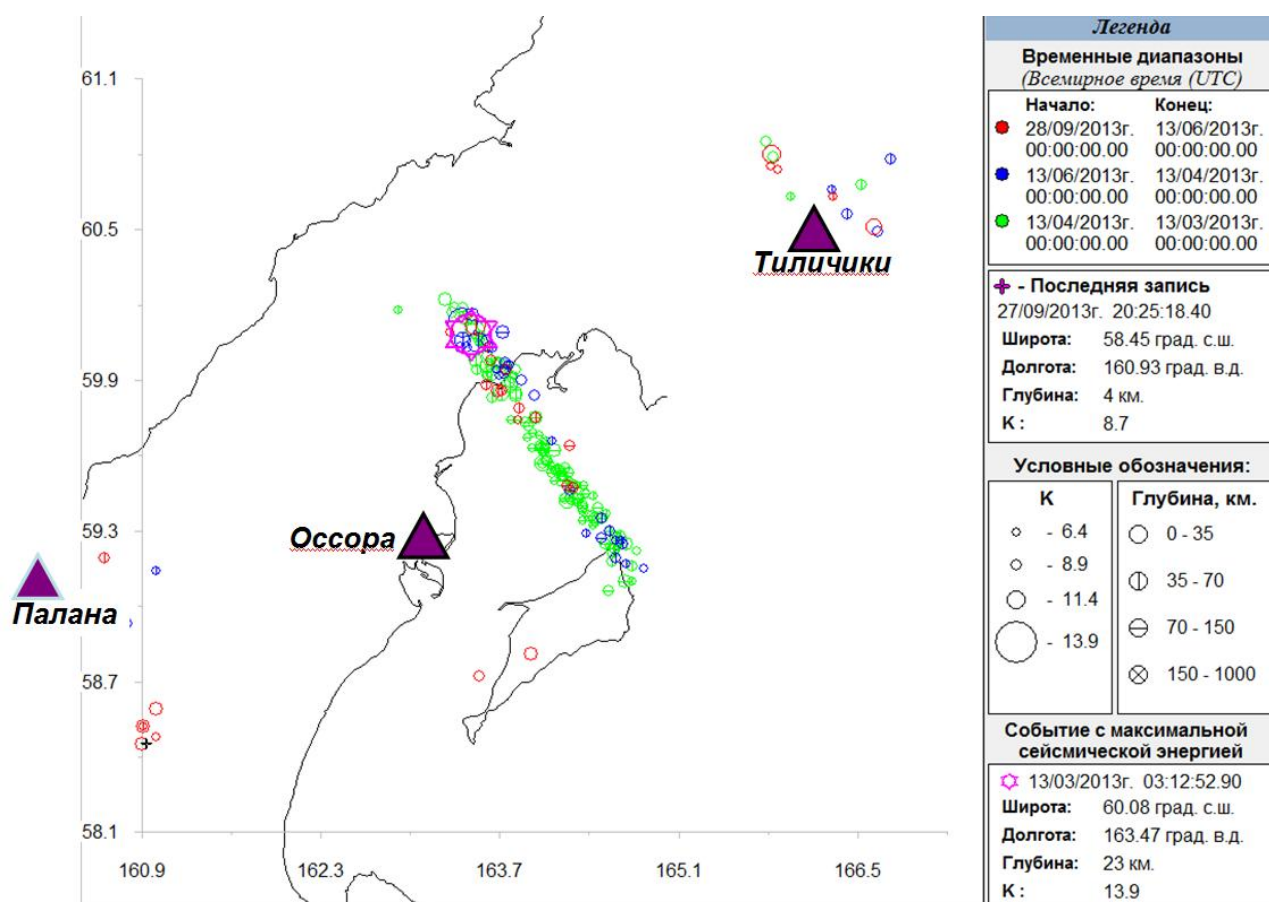


Рис. 1. Схема эпицентров землетрясений в районе Карагинского залива, произошедших с 13 марта по 28 сентября 2013 г. (данные каталога КФ ГС РАН). Треугольниками отмечены ближайшие к основному событию сейсмические станции.

Наблюдательная сеть на севере Камчатке

Как видно на рис. 1 региональные сейсмические станции в районе землетрясения 13 марта 2013 г. немногочисленны и имеют линейное расположение, что предполагает худшую точность эпицентрии в поперечном направлении (что соответствует положению облака эпицентров).

График повторяемости (рис. 2) демонстрирует нам достаточно неплохую представительность каталога в настоящее время – энергетический класс $K = 8.7$, что близко к среднему для всей Камчатки значению. Наклон графика повторяемости γ , оцениваемый как 0.49 ± 0.06 , также соответствует среднему для Камчатки – 0.50.

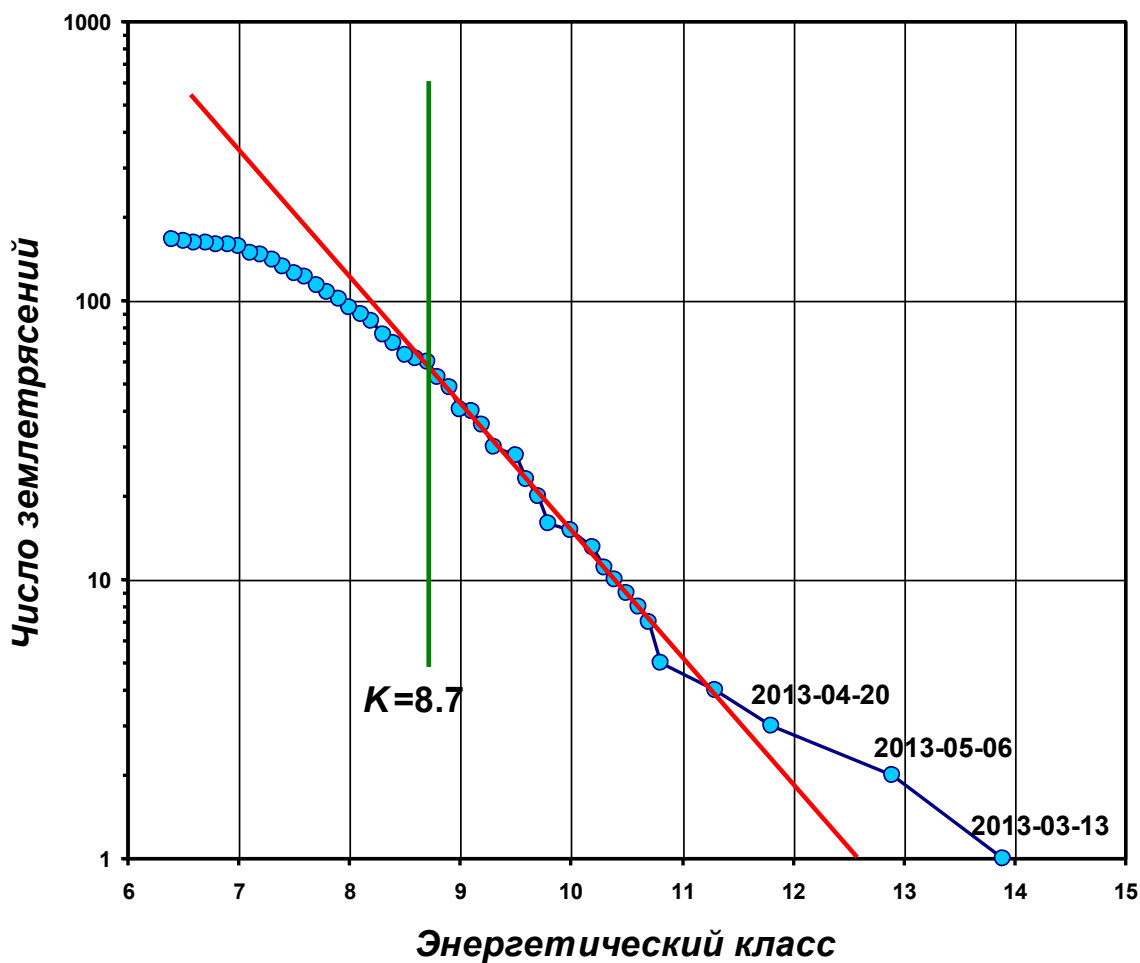


Рис. 2. Кумулятивный график повторяемости для землетрясений марта-сентября 2013 г. Отмечена левая граница линейного участка графика повторяемости.

Механизм землетрясения

Механизм землетрясения 13 марта 2013 г. $M_W = 5.8$ взят на сайте Геологической службы США (рис. 3) и определен как взбросо-сдвиг. Ориентация нодальной плоскости NP2 достаточно близка направлению простирания облака афтершоков.

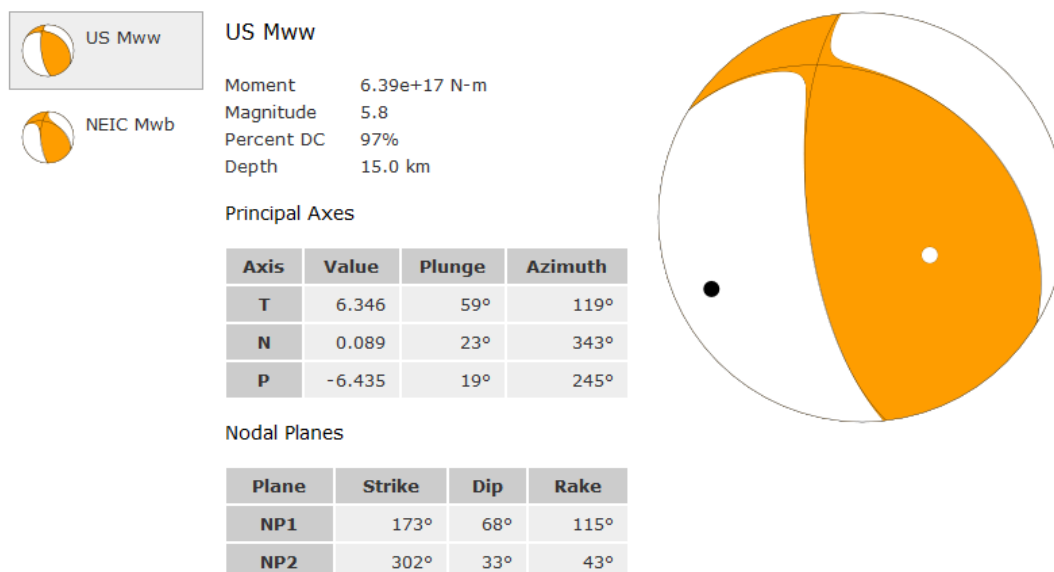
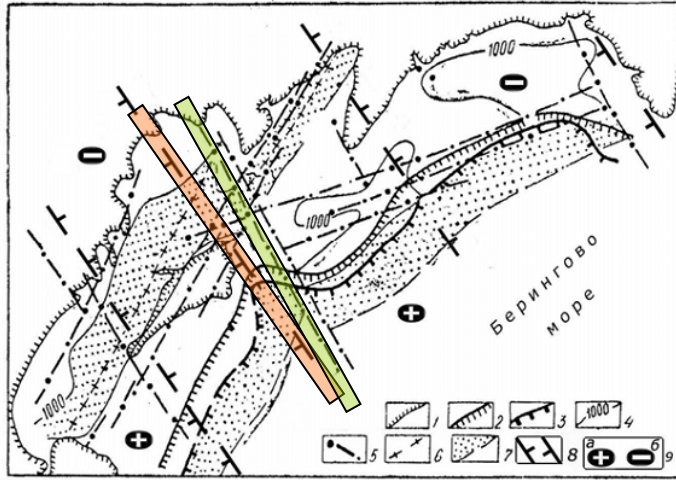


Рис. 3. Механизм землетрясения 13 марта 2013 г. $M_W = 5.8$ по данным NEIC (<http://earthquake.usgs.gov>).

Тектоника региона

Тектонические особенности Карагинского залива представлены на карте (рис. 4), взятой из [3]. Следует отметить: 1) соответствие в положении и ориентации облака эпицентров рассматриваемой последовательности землетрясений и выделенных на карте тектонических структур, 2) соответствие механизма землетрясения с нодальной плоскостью NP2 знакам вертикальных движений блоков коры в районе землетрясений.



субвертикальных движений сопредельных глыб коры: а – (опаздывающие в воздымании)

Рис. 42. Прогибы и основные разрывы в заливе Карагинском (по Ежову Б.В.(1983), с дополнениями)

1 – береговая линия; 2 – бровка шельфа; 3 – тыловой шов подводного склона; 4 – стратоизогипса 1000 м второй отражающей поверхности; 5 – тектонические нарушения и точки пересечения их профилями МОВ; 6 – «талвег» палеожелоба в проливе Литке; 7 – прогибы в проливе Литке и вдоль окраины континентального склона.

Дополнения: 8 – поперечные межглыбовые (сквозькоровые) разломы северо-западного – алеутского направления; 9 – направления воздымающиеся, б – опускающиеся

Рис. 4. Тектоническая схема региона из [3], составленная на основе [2]. Отмечены структуры, расположенные вблизи линейной области афтершоков землетрясения 13.03.2013.

Историческая сейсмичность

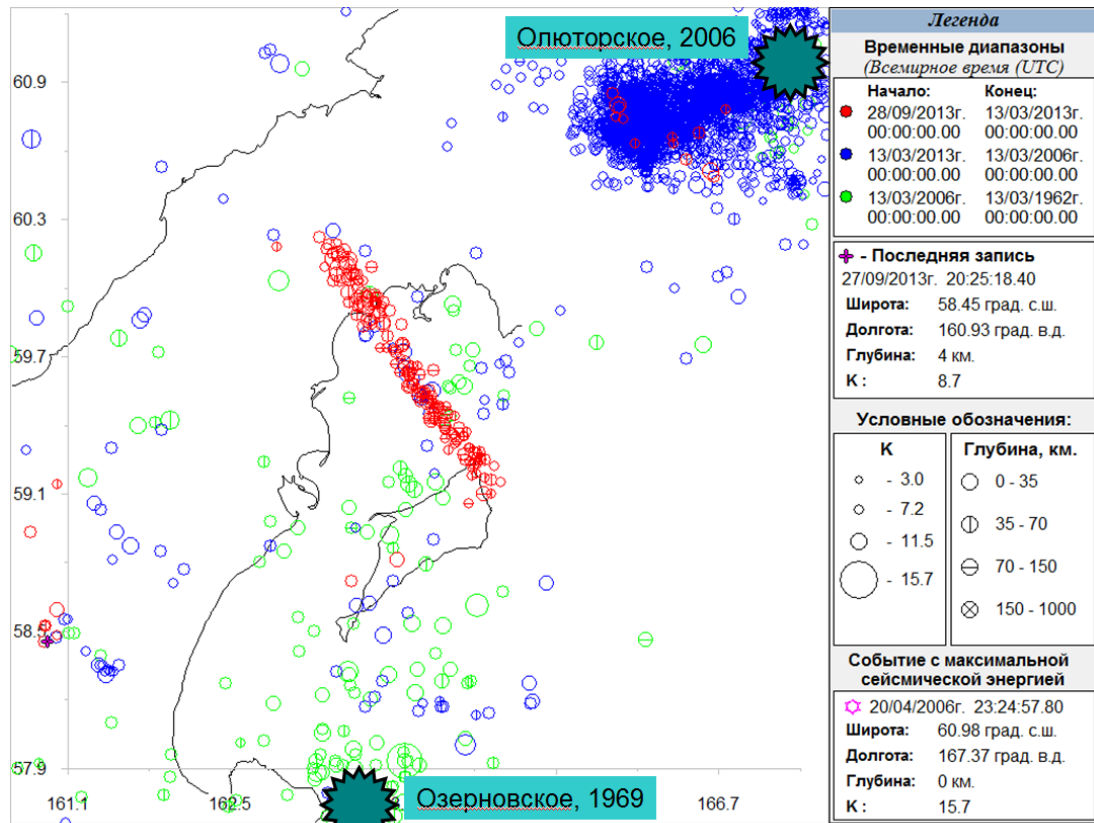


Рис. 5. Эпицентры зарегистрированных за время детальных сейсмологических наблюдений (с 1962 г.) землетрясений. Отмечены наиболее примечательные для этого района землетрясения: Озерновское (1969 г.) и Олюторское (2006 г.).

Каталог землетрясений для рассматриваемого района имеет существенно более низкое качество по сравнению с каталогом Южной и Центральной Камчатки. Уровень надежной регистрации достиг приемлемого уровня лишь в последние годы (после организации регистрации на станциях «Оссора», «Палана», «Тиличики», «Каменское»). Однако, можно предполагать, что подобная сейсмическая аномалия была бы выявлена и на недостаточно детальном исходном материале. Как следует из рис. 5, подобные ситуации в этом районе ранее не наблюдались. Для зоны с линейными размерами $200 \times 200 \text{ км}^2$ рассматриваемое землетрясение является сильнейшим за время детальных сейсмологических наблюдений (с 1962 г.). Да и для существенно большего района такие землетрясения большая редкость – ближайшими соседями являются Олюторское землетрясение 20 апреля 2006 г. $M = 7.3$ и Озерновское 22 ноября 1969 г. $M = 7.7$. То есть сам факт возникновения землетрясения с магнитудой около 6 в этом районе – уже примечателен. Никакие линейные структуры в сейсмичности (за исключением рассматриваемой) не выявляются.

Афтершоковая последовательность

Кумулятивный график накопления числа землетрясений рассматриваемой последовательности не выявляет никаких аномалий (Рис. 6) и достаточно близок закону Омори,

который описывается уравнением: $\frac{dN}{dt} = At^{-p}$, где N – число афтершоков, t – время, отсчитываемое

от основного события. Обычно показатель степени $p \sim 1$. В нашем случае зависимость N от t хорошо аппроксимируется степенной функцией с показателем 0.23, что соответствует $p = 0.77$. Следует отметить, что из расчета исключались первые 1.2 час. после мэйншока, в течение которых представительность каталога существенно искажается. Можно сделать вывод, что по характеру временной зависимости возникновения землетрясений рассматриваемая последовательность является типичной затухающей афтершоковой последовательностью.

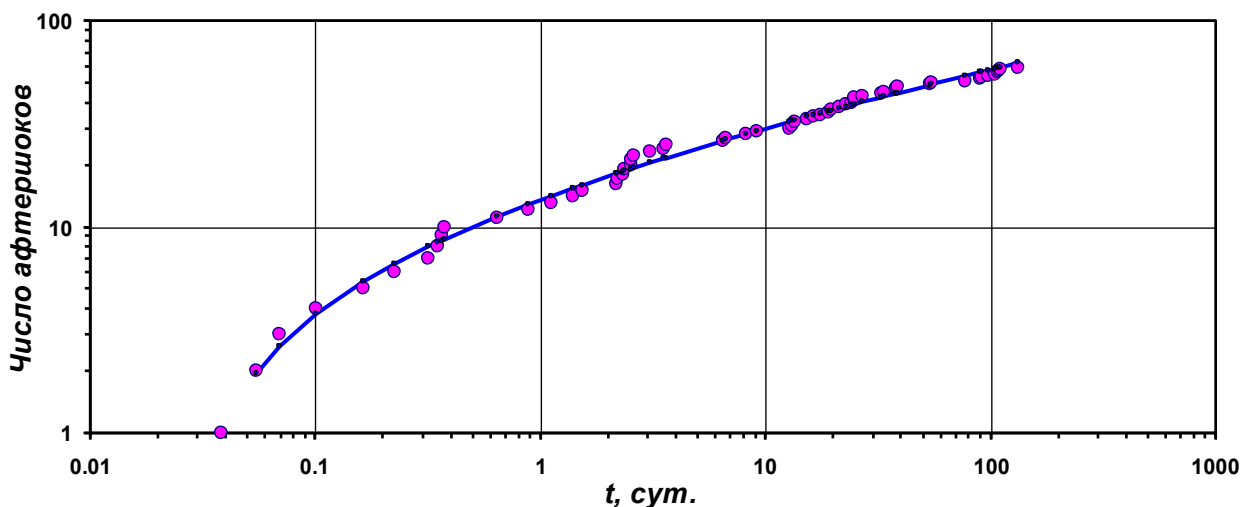


Рис. 6. Временная зависимость числа землетрясений от времени, аппроксимируемая кривой в соответствии с законом Омори.

Детали пространственного расположения афтершоков.

На вертикальных разрезах (Рис. 7) эллипсом оконтурены условно поверхностные ($h < 30 \text{ км}$) землетрясения, которые визуально разделяются по глубине с остальными землетрясениями. Хотя размер этого эллипса и превышает средние размеры очаговой области землетрясения с $M \sim 6$, но все-таки это больше похоже на афтершоковую область, чем вся последовательность.

Приводимые в оперативном каталоге КФ ГС РАН оценки точности определения координат свидетельствуют в пользу аномально большой протяженности сейсмической активизации – ошибки определения координат существенно меньше размеров активизации. Перерасчет гипоцентрии для тех же исходных данных, но по другой программе [1] также не дал повода усомниться в реальности этой аномалии. Однако, использование поляризационного анализа показывает, что, с высокой вероятностью, мы имеем дело с артефактом.

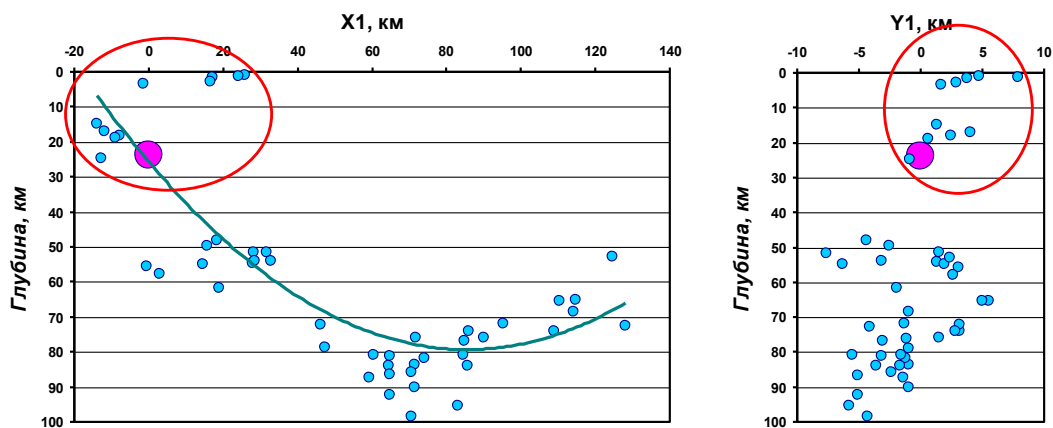


Рис. 7. Положение афтершоков в новой системе координат. Ось X1 – вдоль линии регрессии, Y1 – поперек, 0 – в эпицентре землетрясения М6.2. Слева: проекция гипоцентров на вертикальную плоскость через ось X1, справа – через ось Y1.

Исходя из того, что азимут поляризации Р-волн должен быть близок к направлению от станции на эпицентр землетрясения, была проведена проверка этого соответствия для главного события и нескольких наиболее сильных землетрясений, чьи эпицентры находятся на юго-восточном краю эпицентральной зоны. Рассматривались волновые формы, полученные на станциях «Оссора» и «Тиличики». Результаты расчета приведены в Таблице. Для юго-восточных землетрясений расхождение между азимутами на эпицентр и поляризацией оказались весьма существенными. Но главное, что средний азимут поляризации Р-волн для этих землетрясений на станции «Оссора» $15^\circ \pm 7^\circ$ и на станции «Тиличики» $273^\circ \pm 10^\circ$ соответствуют азимутам поляризации для основного события: 17° и 282° , соответственно. Это однозначно указывает на ошибку в определении эпицентрии, а, значит, все вышеотмеченные особенности распределения гипоцентров, включая большую протяженность зоны активизации, ставятся под сомнение.

Таблица. Азимуты на эпицентр землетрясений и поляризаций Р-волн этих же землетрясений на двух региональных сейсмических станциях

Землетрясение	Широта / долгота, °	Оссора: азимут на эпицентр / азимут поляризации Р-волны, °	Тиличики: азимут на эпицентр / азимут поляризации Р-волны, °
2013-03-13 03:12:52 $M_L 6.2$	60.08 / 163.47	14 / 17	255 / 282
2013-03-13 04:31:34 $M_L 4.0$	59.22 / 164.59	93 / 9	213 / 268
2013-03-13 04:52:08 $M_L 4.2$	59.10 / 164.68	101 / 18	209 / 285
2013-03-13 11:35:43 $M_L 4.0$	59.25 / 164.69	91 / 8	211 / 280
2013-03-15 07:53:58 $M_L 4.0$	59.43 / 164.27	75 / 26	223 / 259

Выводы

- 13 марта 2013 г. произошло редкое для севера Камчатки землетрясение с магнитудой около 6;
- Согласно каталогу землетрясение вызвало активизацию линейной пространственной области, существенно превышающей по своим размерам типичную афтершоковую зону для землетрясений М6;
- Анализ показал, что выявленная при оперативной обработке линейная структура эпицентров в Карагинском заливе в марте-сентябре 2013 г., вероятно, является артефактом;

Список литературы

1. Гусев А.А. Определение гипоцентров близких землетрясений Камчатки на ЭВМ // Вулканология и сейсмология. 1979. № 1. С. 74-81.
2. Ежов Б.В. Геоморфоструктурное развитие Курило-Камчатской секции Тихоокеанского подвижного пояса. Владивосток, 1983. 144 с.
3. Яроцкий Г.П. Поперечные дислокации активных окраин континентов Тихоокеанского рудного пояса. Петропавловск-Камчатский: изд-во КамГУ им. Витуса Беринга, 2008. 307 с.