

УДК 551.34

## СЕРИЯ СИЛЬНЫХ И КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СИМУШИРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 2006–2009 гг.: ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СЕЙСМОТЕКТОНИКА ОЧАГОВЫХ ЗОН

© 2009 г. Т. К. Злобин, Л. Н. Поплавская, А. Ю. Полец

Представлено академиком Г.С. Голицыным 16.05.2009 г.

Поступило 12.05.2009 г.

Впервые в истории инструментальных сейсмических наблюдений в Средне-Курильском блоке литосферы восточнее о-вов Симушир, Кетой, Матуа в последние два с половиной года (с 15.11.2006 г. по 07.04.2009 г.) произошла серия сильных и катастрофических землетрясений с магнитудой  $M_w$  до 8.3 (рис. 1). Это землетрясения 15.11.2006 г. ( $M_w = 8.3$ ), 13.01.2007 г. ( $M_w = 8.1$ ), 03.03.2008 г. ( $M_w = 6.5$ ), 15.01.2009 г. ( $M_w = 7.4$ ) и 07.04.2009 г. ( $M_w = 6.9$ ) (рис. 1). Названные события сопровождались афтершоками силой до  $M = 5$  и более (рис. 2).

Уже первые два из названных катастрофических события вызвали большой интерес и освещались нами и другими авторами (см. [1–3] и др.). Настоящая работа вызвана дальнейшим развитием сейсмической активности в этом блоке литосферы и последними сильными землетрясениями, произошедшими в 2008 и 2009 гг.

В настоящей работе рассмотрены названные сейсмические события совместно с полученными нами данными о глубинном строении земной коры на средних Курилах и прилегающих акваториях [4, 5], разрывная тектоника, а также механизмы очагов главных толчков. Было проанализировано положение эпицентров, региональных разломов (рис. 1), афтершоков (рис. 2), глубинный разрез земной коры по сейсмическому профилю вдоль средних Курил (рис. 3), вертикальный разрез области гипоцентров афтершоков (рис. 4), механизмы очагов и подвижки в главных толчках землетрясений 2006–2009 гг. Это позволило рассмотреть положение очаговых зон этих сильных землетрясений в структурах литосферы и сейсмоструктуру Средне-Курильского блока земной коры.

Детальный анализ карты эпицентров афтершоков всех названных пяти сильных и катастрофических землетрясений 2006–2009 гг. в районе средних Курил показал следующее (рис. 2). Аф-

тершоки землетрясений 15.11.2006 г., 13.01.2007 г., 03.03.2008 г. и 15.01.2009 г. в основном располагались от островов Курильской дуги до глубоководного желоба и 100 км за ним на траверзе от о. Симушир до о. Шиашкотан. Эпицентры афтершоков землетрясения 07.04.2009 г. образуют компактную группу, несколько вытянутую в северо-западном направлении, размером около 80–90 км под проливом Буссоль.

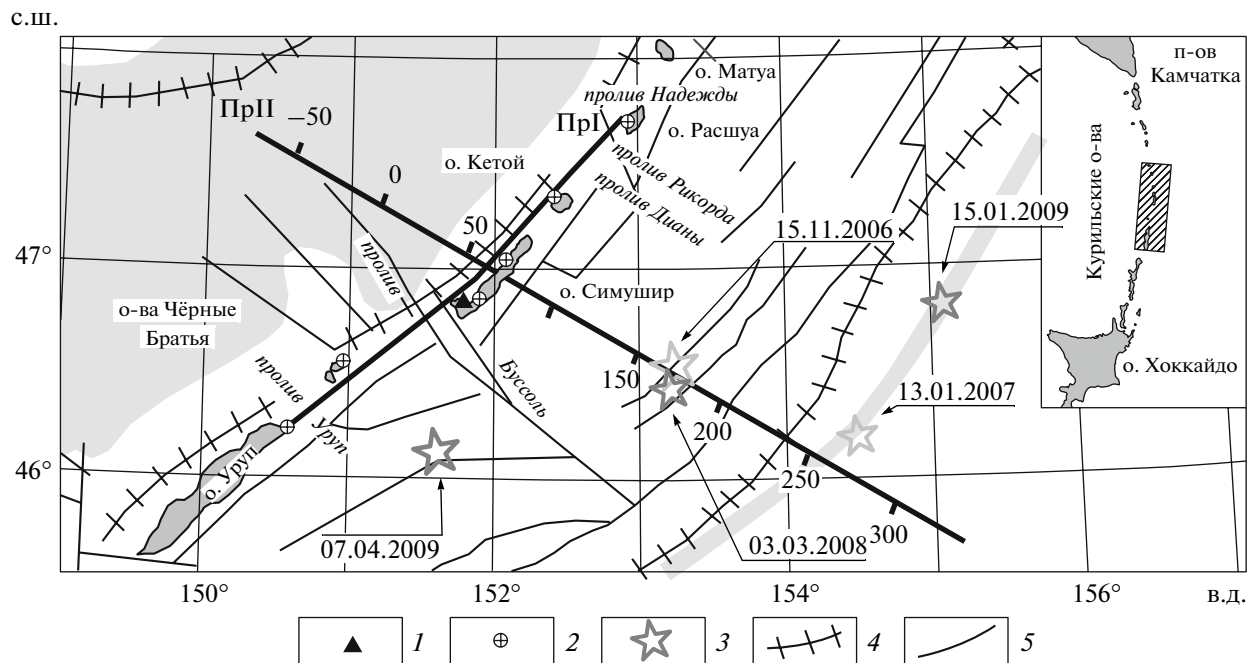
Глубинный разрез земной коры вдоль средних Курил (рис. 3) [4] показал, что подошва земной коры (граница М) установлена под о. Симушир и соседними островами (Чёрные Братья, Кетой, Ушишир, Расшуа) на глубинах около 30 км [4, 6, 7]. Однако под о. Симушир (140–170 км профиля I) выявлено аномальное строение земной коры: граница М не прослеживается и наблюдается 30-километровое “зияние” (ее “разрыв”), после которого северо-восточнее на 145 км профиля наблюдается резкое смещение границы до глубин 20 км. Эта зона, соответствующая блоку III (рис. 3), отличается в скоростном и, по-видимому, литологическом отношении, а ее границы, показанные на рис. 3 штриховыми линиями, могут соответствовать тектоническим нарушениям.

Сопоставление разреза земной коры и положения гипоцентров землетрясений 15.11.2006 г., 03.03.2008 г. и 07.04.2009 г. показало, что они находятся на траверзе разреза, названной аномальной зоной и юго-восточнее нее (рис. 3).

Рассмотрение региональных разломов и мегасдвигов в земной коре в районе средних Курил и под прилегающими акваториями на тектонической схеме Охотоморского региона [8] (см. рис. 1) показало, что южнее о. Симушир под проливом Буссоль и далее в Тихий океан по направлению, ортогональному простиранию Курильской дуги, предполагается разлом в земной коре, сопровождаемый серией оперяющих нарушений (см. рис. 1), с одним из которых, видимо, можно связывать землетрясение 07.04.2009 г.

Рассмотрение глубинного разреза земной коры вдоль средних Курильских островов и положе-

Институт морской геологии и геофизики  
Дальневосточного отделения  
Российской Академии наук, Южно-Сахалинск



**Рис. 1.** Схема расположения профилей ГСЗ, разломы, согласно тектонической схеме Охотоморского региона [8] и эпицентров землетрясений. 1 – сейсмическая станция “Симушир”; 2 – наземные, автономные станции МОВЗ “Черепуха”; 3 – положение эпицентров землетрясений 15.11.2006 г., 13.01.2007 г., 03.03.2008 г., 15.01.2009 г. и 07.04.2009 г.; 4 – мегасдвиги; 5 – региональные разломы. Прямыми линиями показано положение профилей ГСЗ. На врезке – район работ.

ния гипоцентра землетрясения 07.04.2009 г. показало, что его очаг расположен под проливом Буссоль в блоке II по разрезу (рис. 3) в переходной зоне от коры к мантии (границе М). При этом, согласно полученным нами данным [4, рис. 3], над ним находится мощный слой пониженной (6.5 км/с) скорости толщиной 15–20 км, подстилаемый породами верхней мантии со скоростью 8.0 км/с и перекрытый тонким (5 км) высокоскоростным (7.0–7.7 км/с) слоем. Таким образом, очаг приурочен к неоднородному блоку с резко дифференцированными скоростями и, видимо, плотностями, а также литологией.

Дальнейший анализ разрывной тектоники и положения эпицентров сильных землетрясений [8, рис. 1] показал следующее. Через полтора года после главного толчка катастрофического землетрясения 15.11.2006 г. в этой же очаговой зоне произошло вновь сильное сейсмическое событие 03.03.2008 г. Оба они оказались в зоне расположения двух параллельных разломов северо-восточного направления (рис. 1). Поскольку глубина гипоцентров обоих землетрясений согласно каталогу NEIC оценивается в 10 км, можно считать, что они расположены в земной коре, и их уместно связывать с ослабленной тектонической зоной этих разломов. Можно ожидать, что по ним были смещены блоки в прикурильском склоне желоба. При этом, согласно одному из возможных вари-

антов интерпретации механизмов, оба эти землетрясения являются пологими надвигами.

Отметим, что согласно данным детальной сейсмологии МОВ в районе желоба на сейсмограммах четко выделены надвиговые структуры, а авторы работы [9] считают, что региональное боковое сжатие в Курильской дуге и желобе связано с надвижением континентальной плиты (наклонная коромантийная пластина) вдоль сейсмофокальной зоны [9].

Последнее из рассматриваемых землетрясений 07.04.2009 г. произошло о зоне тектонического нарушения, опирающегося основной разлом земной коры под проливом Буссоль (рис. 1). Хотя гипоцентр этого землетрясения определен на глубине около 30 км, однако можно ожидать, что дезинтеграция пород в его зоне сказалась на появлении тектонического разрыва (надвига), вызванного землетрясением 07.04.2009 г.

Интересно отметить, что согласно данным NEIC гипоцентры двух сильных землетрясений 13.01.2007 г. и 15.01.2009 г. расположены прямо под осью глубоководного желоба, причем первое из них произошло на глубине около 12 км, а второе – около 31 км.

Анализ механизмов очагов всех рассматриваемых землетрясений показал следующее. Подвижки были трех видов: пологий надвиг, сброс и взброс. Первоначально в первом землетрясении

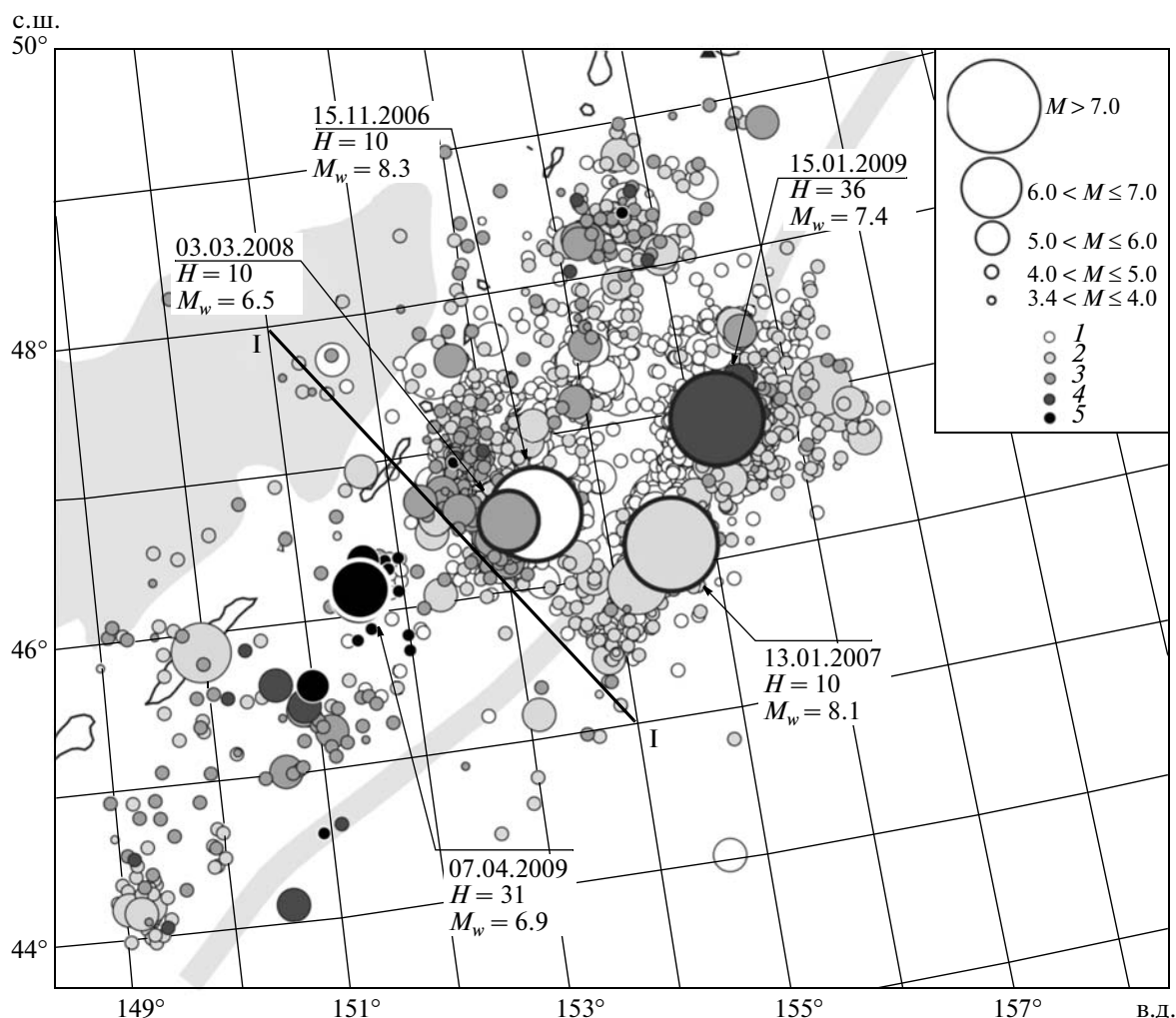


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений 15.11.2006 г. (1), 13.01.2007 г. (2), 03.03.2008 г. (3), 15.01.2009 г. (4), 07.04.2009 г. (5) и значения магнитуд.

15.11.2006 г. произошел пологий надвиг в западной, внешней прикурильской части сейсмофокальной зоны (СФЗ). Практически в той же очаговой зоне примерно на удалении около 10 км через год и 4 месяца произошло вновь сильное землетрясение 03.03.2008 г. Это, безусловно, говорит о том, что эти события были следствием одного и того же движения блоков земной коры, начавшегося 15.11.2006 г. и продолжавшегося, как минимум, до 3 марта 2008 г.

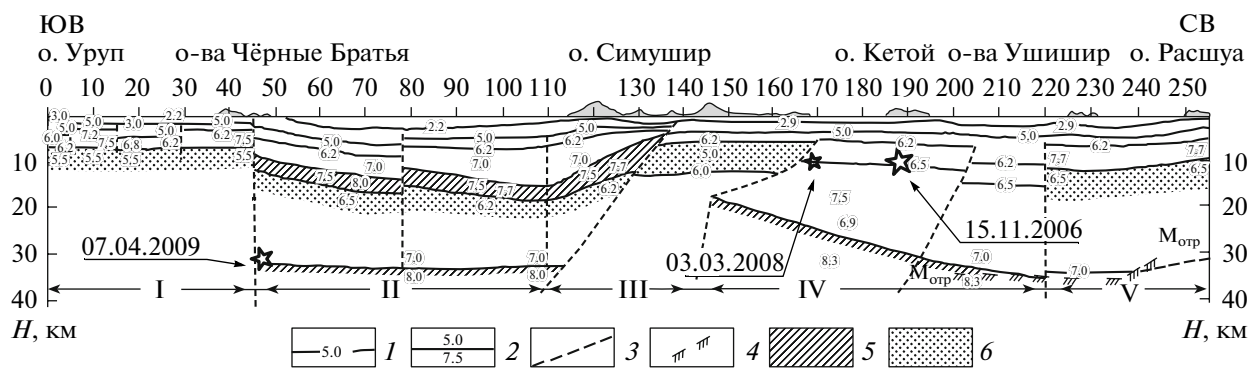
После первой подвижки, выразившейся в пологом надвиге в западной части СФЗ, 13.01.2007 г. произошел сброс в центральной части СФЗ, под осью глубоководного желоба. При этом расстояния между гипоцентрами было 90–100 км при почти одной и той же глубине около 10 км, т.е. в верхнем слое земной коры.

Завершили эту серию подвижки, интерпретируемые нами как взброс. Таким образом, в очаговых зонах этих толчков блоки испытывали поло-

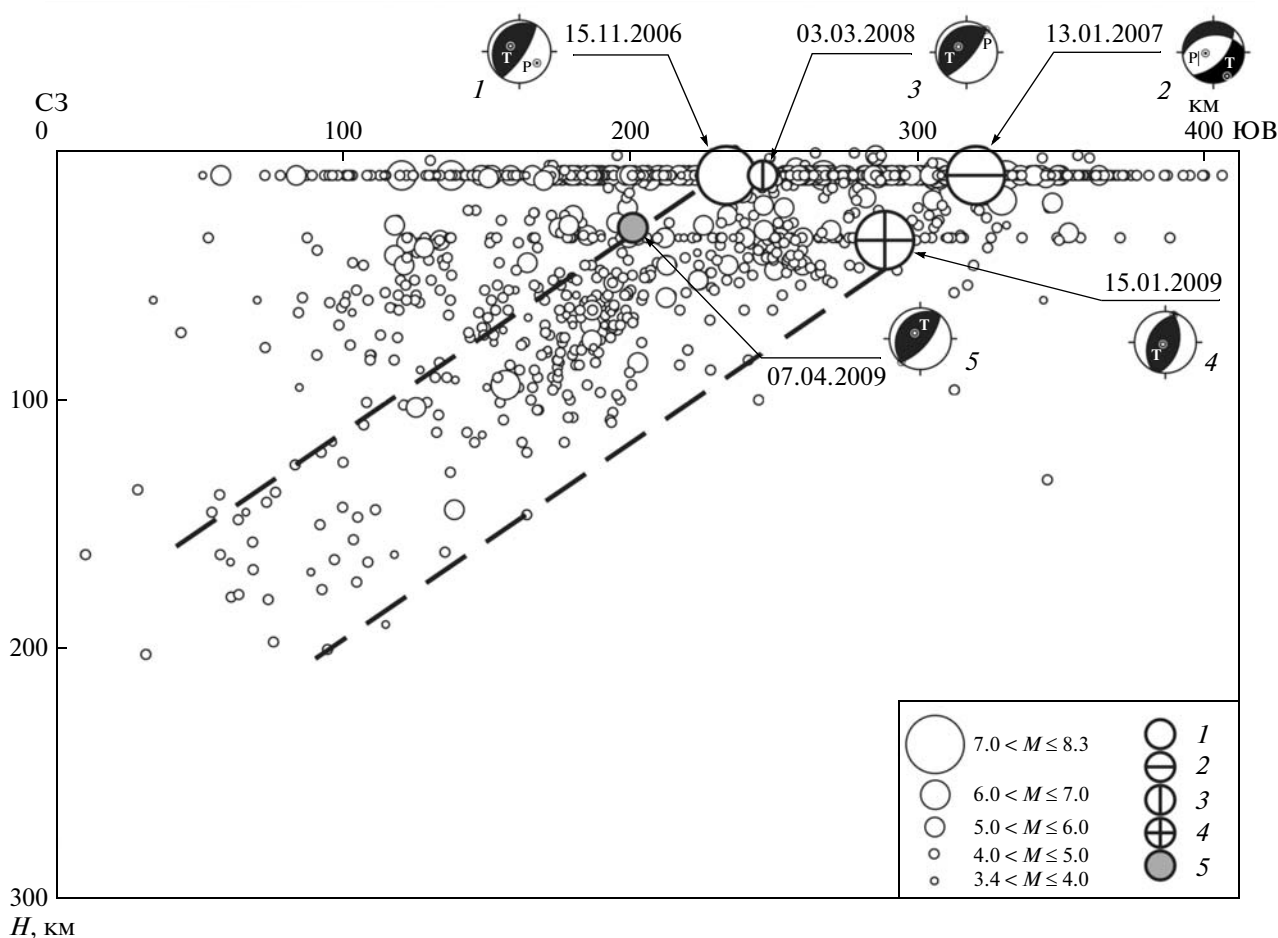
гий надвиг (с 15.11.2006 по 03.03.2008 г.) на глубинах около 10 км. При этом произошел сброс (13.01.2007 г.), а затем через два года (15.01.2009 г.) отмечен взброс на глубинах 30–40 км.

Следовательно, произошли релаксация в блоках литосферы в СФЗ. Надо добавить, что наш анализ движения блоков на южных Курилах показал, что, например, подвижки типа произошедших в 1980 г. повторились в 1996 г.

При рассмотрении положения гипоцентров афтершоков изучаемых землетрясений на вертикальном разрезе вкрест простирания островной дуги и сейсмофокальной зоны видно (рис. 4), что область концентрации афтершоков всех названных землетрясений позволяет аппроксимировать их наклонной полосой шириной около 70 км и падающей на северо-запад под углом около 37°–40°. При этом гипоцентры главных толчков землетрясений 15.11.2006 г., 03.03.2008 г. и 07.04.2009 г. четко соответствуют северо-западной, внешней



**Рис. 3.** Скоростной разрез земной коры по профилю I Уруп–Расшуа: 1 – изолинии скорости; 2 – сейсмические границы и значения скорости над границей и под ней, км/с; 3 – границы скоростных блоков, отождествляемые с границами структурных несогласий и разломами; 4 – поверхность Мохоровичича (M); 5, 6 – слои повышенной (5) и пониженной (6) скорости. Звездочками показаны гипоцентры землетрясений.



**Рис. 4.** Вертикальный разрез поля гипоцентров землетрясений 15.11.2006 г., 13.01.2007 г., 03.03.2008 г., 15.01.2009 г. и 07.04.2009 г., их афтершоков и сейсмодислокации вкострости Курильской островной дуги. 1, 3 – пологий надвиг; 2 – сброс; 4, 5 – взбросы.

границе этой полосы, а землетрясения 13.01.2007 г. и 15.01.2009 года явно находятся на продолжении линии, ограничивающей внутреннюю, юго-восточную границу полосы, которая, видимо, свя-

зана с зоной субдукции Тихоокеанской плиты под Охотскую (Евразийскую).

Таким образом, в работе даны основные особенности серии катастрофических и сильных

землетрясений 2006–2009 гг., произошедших после многолетнего (с середины прошлого столетия) затишья и отсутствия здесь землетрясений с магнитудой более 7.5, имевшихся на других флангах дуги и сейсмофокальной зоны.

Сопоставление местоположения очагов землетрясений с глубинным строением средних Курил и тектоникой района показало их соответствие зонам региональных разломов и областям аномального строения земной коры. На основе изучения механизмов очагов установлены типы сейсмодислокаций (сбросы, взбросы, пологие надвижки), позволившие судить о сеймотектонике района восточнее средних Курил. Рассмотренные землетрясения и их афтершоки образуют сейсмофокальную зону, падающую на запад под островную дугу и континент под углом  $37^{\circ}$ – $40^{\circ}$ .

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злобин Т.К., Левин Б.В., Полец А.Ю. // ДАН. 2008. Т. 420. № 1. С. 111–115.
2. Викулин А.В. В сб.: Проблемы сейсмобезопасности Дальнего Востока и Восточной Сибири. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2007. С. 11.
3. Тихонов И.Н., Василенко Н.Ф., Прытков А.С. и др. В сб.: Проблемы сейсмобезопасности Дальнего Востока и Восточной Сибири. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2007. С. 27–28.
4. Злобин Т.К., Костюкевич А.С., Злобина Л.М. // Тихоокеан. геология. № 2. 1998. С. 115–121.
5. Аносов Г.И., Аргентов В.В., Петров А.В. и др. // Тихоокеан. геология. 1988. № 1. С. 10–18.
6. Злобин Т.К. Строение земной коры и верхней мантии Курильской островной дуги (по сейсмическим данным). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 150 с.
7. Злобин Т.К., Пискунов Б.Н., Фролова Т.И. // ДАН. 1987. Т. 293. № 2. 1987. С. 185–188.
8. Структура и динамика литосферы и астеносферы Охотоморского региона / Под ред. А.Г. Родникова, В.В. Харахинова, И.К. Туезова, В.А. Бабошина. М.: Нац. геофиз. комитет РАН, 1996. 337 с.
9. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н. Структуры сжатия в Курильском и Японских желобах. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. 141 с.
10. [http://neic.usgs.gov/neic/epic/epic\\_rect.html](http://neic.usgs.gov/neic/epic/epic_rect.html). National Earthquake Information Center.